



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

“Estudio Comparativo de la Condición Superficial del Pavimento Flexible Aplicando el Software Evalpav y Método de Rugosidad de Merlin en la Av. Argentina de la Ciudad de Arequipa”

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Civil

AUTOR:

Chayña Chaiña, Omar Lizardo (orcid.org/0000-0002-2954-1340)

ASESOR:

Mg. Aybar Arriola, Gustavo Adolfo (orcid.org/0000-0001-8625-3989)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño de infraestructura vial

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático

TRUJILLO – PERÚ

2022

Dedicatoria

A Dios por guiar nuestros pasos hasta el final de este camino y por la fortaleza para terminar mi tesis. A mis padres, por estar conmigo en cada momento dándome su apoyo incondicional.

Omar Lizardo, Chayña Chaiña

Agradecimiento

A la Universidad César Vallejo, por ser la institución que me brinda la oportunidad de concluir estudios. Al Ingeniero AYBAR ARRIOLA GUSTAVO ADOLFO, asesor de la tesis, quien me apoyó con el asesoramiento pertinente para la elaboración del trabajo de investigación.

Omar Lizardo, Chayña Chaiña

Índice de contenidos

Carátula.....	i
Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Índice de contenidos	iv
Índice de tablas.....	v
Índice de figuras	vi
Resumen	vii
Abstract	viii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	5
III. METODOLOGÍA.....	13
3.1. Tipo y Diseño de investigación	13
3.2. Variable y operacionalización	13
3.3. Población, muestra y muestreo.....	13
3.4. Técnica e instrumentos de Recolección de datos	14
3.5. Procedimientos.....	15
3.6. Método de Análisis de datos	15
3.7. Aspectos Éticos.....	16
IV. RESULTADOS	17
V. DISCUSIÓN.....	35
VI. CONCLUSIONES	38
VII. RECOMENDACIONES.....	39
REFERENCIAS	40
ANEXOS.....	42

Índice de tablas

Tabla 1. Fallas y causas.....	10
Tabla 2. Resumen del valor del PCI, Tramo 1: (0+000 - 1+ 200 - calzada derecha).....	31
Tabla 3. Resumen del valor del PCI, Tramo 2:(0+000 - 1+ 200 - calzada izquierda).....	32
Tabla 4. Resumen del valor IRI, Tramo 1: (0+000 - 1+ 200 – Huella : carril derecho externo).....	32
Tabla 5. Resumen del valor IRI, Tramo 2: (0+000 - 1+ 200 – Huella : carril izquierdo externo).....	33
Tabla 6. Comparación entre el método del PCI aplicando el Software Evalpav y el método del rugosímetro de Merlín.....	34

Índice de figuras

Figura 1. Estructura de un pavimento asfáltico.....	7
Figura 2. Clasificación de pavimentos.....	8
Figura 3. Estructura de un pavimento flexible.....	8
Figura 4. Ahuellamiento por falla en la sub-rasante.....	11
Figura 5. Ahuellamiento por falla en la mezcla asfáltica.....	11
Figura 6. Grietas por contracción.....	12
Figura 7. Grietas por reflexión.....	12
Figura 8. Zona de estudio.....	28
Figura 9. Unidad de muestra debidamente señalizada en el pavimento e identificada con su respectivo código.....	29
Figura 10. Calibración del equipo de Merlín.....	29
Figura 11. Detalle del Tablero.....	30
Figura 12. Detalles.....	31

Resumen

La evaluación superficial del pavimento flexible en la avenida Argentina de la ciudad de Arequipa, consta de una calzada derecha e izquierda, el cual se denominó Tramo 1 y 2, de una longitud de 1.200 ml cada uno. En estos tramos se realizaron dos ensayos de evaluación superficial de pavimentos como son el método PCI aplicando el Software EvalPav y el método del Rugosímetro de Merlín. Mediante estos dos métodos se determinó la condición funcional y estado real del pavimento flexible.

El planteamiento del problema donde describe los problemas que presenta el pavimento flexible en la avenida el Argentina. Luego describe los objetivos, hipótesis, justificación y antecedentes. También hace referencia a generalidades en pavimentos como: tipos, clasificación, daños, causas, evaluación y mantenimiento de pavimentos. El procedimiento de la evaluación de la condición del pavimento (PCI) y la aplicación del Software Evalpav. También describe un manual de daños en pavimentos flexibles.

El procedimiento de evaluación de la irregularidad de la superficie del pavimento en la determinación del valor IRI (Índice de Rugosidad Internacional) y el uso y manejo del Rugosímetro de Merlín. El método de investigación, materiales, población, muestra, operacionalización de variables, ámbito de estudio, técnicas e instrumentos de recolección de datos, plan de recolección y tratamiento de datos. El resultado final entre la aplicación del Software EvalPav y el método del Rugosímetro de Merlín; que mediante estos dos ensayos aplicados en la avenida el Argentina, resulta un pavimento de estado regular. También describe el tipo de mantenimiento y/o rehabilitación que se debe aplicar en cada tramo.

Palabras clave: Pavimento flexible, software evalpav, rugosidad de merlín, evaluación, método pci.

Abstract

The superficial evaluation of the flexible pavement in the Argentina avenue of the city of Arequipa, consists of a right and left roadway, which was called Section 1 and 2, with a length of 1,200 ml each. In these sections, two pavement surface evaluation tests were carried out, such as the PCI method applying the EvalPav Software and the Merlin Roughness Tester method. Through these two methods, the functional condition and real state of the flexible pavement were determined.

The statement of the problem where it describes the problems presented by the flexible pavement in the avenue Argentina. It then describes the objectives, hypotheses, rationale, and background. It also refers to generalities in pavements such as: types, classification, damage, causes, evaluation and maintenance of pavements. The pavement condition assessment procedure (PCI) and the Evalpav Software application. It also describes a manual on damage to flexible pavements.

The procedure for evaluating the irregularity of the pavement surface in the determination of the IRI value (International Roughness Index) and the use and management of the Merlin Roughness Tester. The research method, materials, population, sample, operationalization of variables, scope study, data collection techniques and instruments, data collection and treatment plan. The final result between the EvalPav Software application and the Merlin Roughness Tester method; that by means of these two tests applied in the avenue Argentina, it is a pavement of regular state. It also describes the type of maintenance and/or rehabilitation that must be applied in each section.

Keywords: Flexible pavement, evalpav software, merlin roughness, evaluation, pci method.

I. INTRODUCCIÓN

La presente investigación titulada: Estudio comparativo de la condición superficial de pavimento flexible aplicando el software evalpav y método de rugosidad de merlín en la av. Argentina de la ciudad de Arequipa, tiene por objeto realizar una evaluación del pavimento flexible en la avenida el Argentina de la ciudad de Arequipa, brindando un alcance sobre la situación actual de dicho pavimento, los daños más comunes que presenta, posibles causas que las originaron y las alternativas de solución para lograr devolver al pavimento las características necesarias de transitabilidad, seguridad y comodidad a los usuarios.

El método para evaluar el desempeño del pavimento es el "Procedimiento de Prueba Estándar para el Índice de Condición de Pavimento de Carreteras y Estacionamientos" (ASTM D6433-03) o más comúnmente conocido como el "Método PCI", que mediante el reconocimiento visual se determina la circunstancia de la carretera en función a la cantidad, tipo y gravedad de los daños presentes. Otro método para evaluar las superficies de los pavimentos es el método Merlin Roughnessmeter, que define la rugosidad de un pavimento a través del IRI, que a través de este valor determina la condición del pavimento en cuanto a su serviciabilidad, es decir, refleja el grado de comodidad del transeúnte.

En la determinación del PCI se hizo usó del Software EvalPav, elaborado por el MTC. Para la determinación del IRI se utilizaron hojas de cálculo Microsoft Excel siguiendo el procedimiento internacional. En este sentido, es necesario realizar 'estudios acerca evaluaciones superficiales en pavimentos flexibles, realizando comparaciones entre estos dos métodos y tener una mejor visión del método que más se adecua en una vía urbana.

Los problemas más graves de la ciudad de Arequipa es el pésimo estado de las vías principales avenidas y calles. Independizar el tipo de superficie de la vía; flexibles, rígidos o mixtos. Los problemas más famosos están relacionados con el tráfico de automóviles; El tránsito de vehículos es lento, inconveniente e inseguro debido a la condición de la superficie del pavimento, que a veces se repara, pero queda en una calidad inferior a la del pavimento inicial y puede fallar de nuevo. En

otros casos, ni siquiera se restablece el pavimento, lo que provoca el desgaste de los vehículos que circulan por la Avenida Argentina, provocando accidentes de tránsito.

También se puede notar a lo largo de esta avenida las deficiencias del alcantarillado. Frecuentemente se observa que el desagüe en diferentes puntos tiende a saturarse y este revienta en épocas de fuertes precipitaciones; posteriormente para resolver lo de las tuberías dañadas, no queda elección para fracturar el pavimento y reponer parte de la carpeta asfáltica, quedando de esta manera dañado la superficie del pavimento; y peor aún si se realizan aperturas de zanjas por parte de los vecinos en realizar conexiones domiciliarias sin la autorización de la municipalidad.

Por otro lado, la Municipalidad Distrital de Melgar no cuenta con un programa o plan de mantenimiento vial bien definido y claro; Por lo tanto, es necesario evaluar el pavimento asfáltico de la Avenida El Argentina empleando el software EvalPav desarrollado por el MTC, el cual permite describir la situación real del pavimento flexible a través de la determinación del ICP, desde un valor de 0 para un recubrimiento dañado o en mal estado hasta 100 para un recubrimiento en perfecto estado. También se aplicará el método de medición de rugosidad Merlin, que indica el nivel de servicio que brinda el pavimento al transeúnte, por medio de un valor IRI (International Roughness Index) calificando la serviciabilidad del pavimento según la clasificación PSI, para un valor de 0 a 1 muy pobre y 4 a 5 es muy bueno. Estos dos métodos de evaluación de la superficie se compararán entre sí para determinar la condición funcional y real del pavimento en la Avenida El Argentina, luego de lo cual se propondrán soluciones alternativas de mantenimiento y/o restauración que evitarán el deterioro total del pavimento.

El presente trabajo de investigación pretende responder las siguientes interrogantes: **Problema general** ¿Se evaluará el pavimento flexible y establecerá una comparación entre la aplicación del Software EvalPav y el método del Rugosímetro de Merlín en la Av. Argentina de la ciudad de Arequipa? **Problema específico primero** ¿Cuál es la condición funcional y estado real del pavimento flexible entre la aplicación del Software EvalPav? y el método del Rugosímetro de

Merlín en la Av. Argentina de la ciudad de Arequipa? **Segundo** ¿De acuerdo a los parámetros establecidos por los métodos del PCI y el Rugosímetro de Merlín, se plantearán acciones de mantenimiento y/o rehabilitación del pavimento flexible en la Av. Argentina de la ciudad de Arequipa?

La presente tesis se justifica en la necesidad de evaluar superficialmente el pavimento asfáltico en la avenida la argentina de la ciudad de Arequipa, de un largo total de 1,600 km. Determinando el estado real y condición funcional de dicho pavimento, aplicando dos métodos de evaluar la superficie en pavimentos asfálticos. Para la primera evaluación se utilizará el Software EvalPav, basado en el método PCI donde se determinará el PCI, el cual fue diseñado para proporcionar un índice de la integridad estructural del pavimento y la condición de operativa de la superficie.

El valor del PCI será calculado mediante la aplicación del Software EvalPav elaborado y utilizado por el MTC en evaluaciones superficiales de pavimentos, el cual determina la condición del pavimento según su clasificación, desde un valor de cero para un pavimento en estado deteriorado y cien para un pavimento en muy buen estado. Para la segunda evaluación se utilizará el método del Rugosímetro de Merlín, del cual se determinará el valor IRI, que representa la serviciabilidad o transitabilidad del pavimento que brinda al usuario, según la clasificación PSI, para un valor de 0 a 1 muy malo y 4 a 5 muy buena. En razón a lo expuesto, surge la necesidad de concretar estudios e investigaciones acerca de evaluación de pavimentos superficiales, sin la necesidad de aplicar métodos destructivos que afecten la estructura del pavimento y de esta manera plantear soluciones de rehabilitación y/o mantenimiento a largo plazo.

Se plantea los siguientes objetivos como **Objetivo general**. - Evaluar el pavimento flexible y establecer una comparación entre la aplicación del Software EvalPav y el método del Rugosímetro de Merlín en la Av. Argentina de la ciudad de Arequipa. **Objetivos específicos, Primero**. - Determinar la condición funcional y estado real del pavimento flexible entre la aplicación del Software EvalPav y el método del Rugosímetro de Merlín en la Av. Argentina de la ciudad de Arequipa. **Segundo**. - Plantear de acuerdo a los parámetros establecidos por los métodos del

PCI y el Rugosímetro de Merlín acciones de mantenimiento y/o rehabilitación del pavimento flexible en la Av. Argentina de la ciudad de Arequipa.

Se planteo las siguientes hipótesis, como **hipótesis general**. - La evaluación entre la aplicación del Software EvalPav y el método del Rugosímetro de Merlín nos permite determinar la condición funcional y estado real del pavimento flexible en la Av. Argentina de la ciudad de Arequipa. **Hipótesis específicas, primera**. - La condición funcional y estado real del pavimento flexible es de estado regular entre la aplicación del Software EvalPav y método del Rugosímetro de Merlín en la Av. Argentina de la ciudad de Arequipa. **segunda**. - Se plantea en la mejora de la calidad del servicio del pavimento flexible en la Av. Argentina de la ciudad de Arequipa realizar tratamientos superficiales dentro de las acciones del mantenimiento y/o rehabilitación del pavimento existente.

II. MARCO TEÓRICO

Como primer precedente **internacional**, según la investigación de INGEPAV (2002). Manual del Software UnalPCI para el Cálculo Automático del Índice de Pavimentos en la Universidad Nacional de Ingeniería de Colombia; que es la metodología más completa para evaluar y evaluar objetivamente pavimentos asfálticos y rígidos adentro de los modelos de gestión vial apta actualmente. La metodología es fácil de implementar y no requiere de herramientas especiales distintas a las incluidas en el sistema.

Universidad Nacional de ingeniería de Colombia (2009). Trabajo denominado "Guía de Herramientas para la Evaluación Funcional y Estructural de Pavimentos No Rígidos" de MAYER 97 INGENIEROS ASOCIADOS, C.A. en colaboración con el ingeniero Gustavo Corredor M. forma parte de los manuales y cursos dictados por el INVEAS con el objetivo de mejorar las competencias de los diversos especialistas y técnicos que intervienen en construir y mantener la infraestructura vial, especialmente en lo relacionado al diseño del pavimento.

DYNATEST (2011). Consultora internacional especialista en ingeniería de pavimentos manejo de Software y equipos para evaluar, rehabilitar y desarrollar soluciones para carreteras, aeropuertos y puertos. La metodología de Dynatest es la siguiente: Énfasis en las características estructurales y el estado funcional de las superficies de las carreteras para predecir el comportamiento futuro. Combina los beneficios de los sofisticados equipos de prueba de pavimentos con el conocimiento especializado y la experiencia que se encuentran en nuestros productos y principios. Ejemplo de proyecto: Aeropuertos Internacionales de Fiumicino y Ciampino (Italia, 2011) Implementación de un sistema de gestión de pavimentos aeroportuarios (APMS) utilizando el software Dynatest AIRPORTS PMS. La base de datos contiene los resultados de las pruebas no destructivas y PCI basadas en la identificación visual automática del desgaste.

Como primer precedente **nacional**, según la investigación de NORVIAL S.A (2005). Trabajo realizado por la Empresa Norvial S.A. para el mantenimiento de la Carretera Panamericana Norte, utilizando el software EVALPAV. El trabajo se realizó de la conformidad de los términos del estudio y forma parte del capítulo "Inspección

y evaluación del área del proyecto”. Donde se utilizó el método de condición del pavimento mediante evaluación visual-descriptiva mediante PCI, que es un índice numérico de la condición del pavimento que va de cero a cien, siendo esta última la mejor condición posible. La metodología PCI se describe en la norma ASTM 5340-98, que brinda pautas para determinar el PCI, que ayuda a calcular el índice de desgaste y, a menudo, se usa para predecir la condición a futuro

Salazar (2010). Trabajo de investigación denominado “Identificación y evaluar la patología del pavimento asfáltico en el sector la Soledad en Huaraz”. Donde tiene como propósito primordial: Determinar el PCI asfáltico para el distrito de La Soledad, distrito de Huaraz a través de la identificación y evaluar la frecuencia de ocurrencia de patologías específicas.

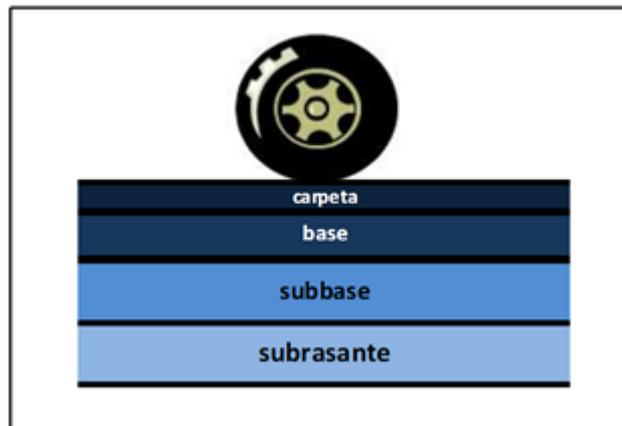
Del Águila (1999). En su investigación denominado “Desarrollo de una ecuación de correlación para determinar la rugosidad de nuevos pavimentos asfálticos utilizando equipos Merlín”, se refiere a la introducción de equipos Merlín en Perú para apoyar el desarrollo relacionado con el progreso técnico, la elaboración de la primera especificación técnica para el control de la rugosidad de los revestimientos rehabilitados en junio del mismo año. Su primer estudio de rugosidad fue con el grupo Merlín en Perú se realizó en septiembre de 1993 sobre un pavimento asfáltico muy desgastado, y aplicó para controlar la rugosidad de un pavimento flexible.

Urbaz (2002). Su investigación denominada "Estimación del índice de rugosidad internacional (IRI) en carreteras repavimentadas con equipos Merlin". Presentado en el segundo Simposio Venezolano de pavimento flexible, destaca que han realizado un estudio para la evaluación de los valores de IRI en varias vías nuevas pavimentadas del país con base en el equipo Merlín, teniendo en cuenta el trabajo que es consistente con vías nuevas y repavimentadas, tanto en autopistas como en vías. Además de estimar el IRI de estas vías, lo compararon con el índice de salud del pavimento, que muestra los valores de IRI obtenidos y su correlación con el PSI.

Teorías relacionadas al tema

Pavimento es un componente estructural que descansa con toda su superficie sobre la subrasante. Esta capa debe estar preparada para soportar un sistema de capas de espesor variable, llamado paquete estructural, diseñado para sostener las cargas externas durante una etapa de tiempo. (Norma AASHTO)

Figura 1. Estructura de un pavimento asfáltico



Clasificación de pavimentos, la superficie de la carretera no siempre está compuesta de capas. La ausencia de una o más capas dependiendo en diversos factores, como el apoyo de la subrasante, el tipo de material utilizado, el volumen de tráfico y otros. Por ello, se pueden distinguir 3 tipos de recubrimientos, que se diferencian primordialmente en el paquete estructural que representan: recubrimiento no rígido, recubrimiento rígido y recubrimiento híbrido (mixto).

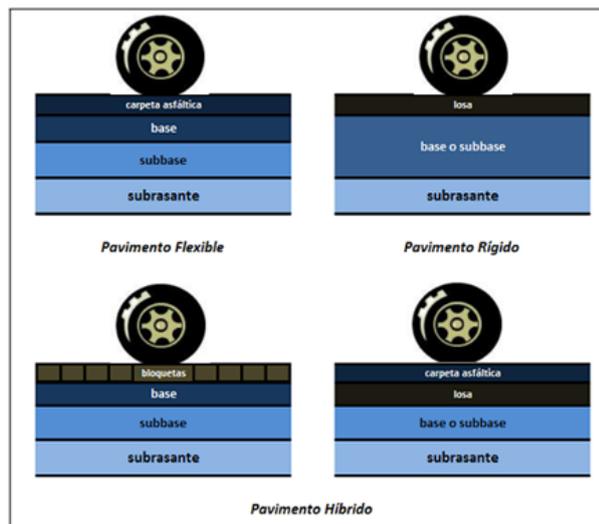
Pavimento Flexible, consiste en una capa de asfalto sobre la superficie de rodadura que permite ligeras deformaciones en las capas subyacentes sin fallas estructurales. Luego, debajo de la capa hay una base granular y una capa de subbase diseñada para distribuir y transferir cargas causadas por el tráfico. Por último, existe una subrasante que soporta las capas antes dichas. El pavimento flexible es menos costoso cuando se diseñó originalmente, tiene una vida útil de 10 a 15 años, pero tiene el inconveniente del mantenimiento periódico para extender la duración de la vida.

Pavimento rígido, consta de losas de hormigón hidráulico que en ocasiones llevan armaduras de acero. Esta losa va a la base y esta va a la subrasante. Este tipo de pavimento no permite la deformación de las capas inferiores. El pavimento

rígido tiene al inicio un costo más alto que el pavimento asfáltico y tiene una vida útil de 20 a 40 años. Su mantenimiento requerido es mínimo y está dirigido al procesamiento de costuras en las losas.

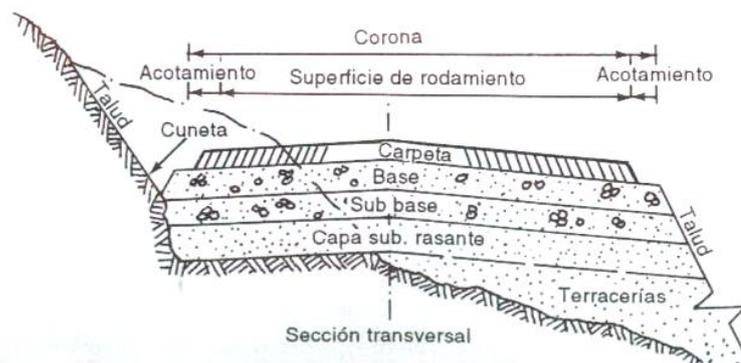
Pavimento híbrido (mixto), también se le conoce como pavimento mixto y es una combinación de flexible y rígido. El cometido de este tipo de firmes es reducir la velocidad de los vehículos, ya que los bloques producen una pequeña vibración en los coches al circular por ellos, lo que obliga al conductor a mantener una velocidad máxima de 60 km/h. Este pavimento lleva consigo un tipo especial de falla llamada grieta de junta de reflexión.

Figura 2. Clasificación de pavimentos



Componente estructural del pavimento asfáltico, sus características relativas de cada una de las capas que componen la estructura de la carretera, tales como: resistencia, espesor, y deformación de las condiciones de operación.

Figura 3. Estructura de un pavimento flexible



Terreno de fundación, aun cuando no forma fracción del pavimento, es sumamente importante tener la mayor cognición posible sobre los suelos que forman la base de la estructura vial para conocer sus condiciones de estabilidad y así evitar problemas de deslizamiento, movimiento y otros.

Subrasante, esta capa es muy importante para el pavimento y forma su base. Suele estar formada por el mismo suelo que la terraza. Es muy valioso que el nivel freático esté al menos 1,50 m por debajo de este, esto se consigue drenando el subsuelo o levantando la subrasante. Para diseñar la superficie de la carretera, especialmente una flexible, es necesario realizar extensos estudios del suelo de la subrasante, tanto en el campo como en el laboratorio.

Sub base, responde a la cuestión económica, ya que ahorrara dinero, ya que puede convertir un cierto espesor de la capa base en un espesor equivalente del material subyacente evita que el agua entre en la suciedad. las carreteras aumenten la capilaridad e impidan la absorción del pavimento por la base del suelo. Debe transferir adecuadamente las fuerzas a los caminos de terracería.

Base, esta es la capa que recibe la mayor parte del esfuerzo producido por los vehículos. La carpeta se coloca sobre ella porque la capacidad de carga del material de fricción en la superficie es baja debido a la falta de retención. Regularmente, esta capa, además de la compactación, necesita otro tipo de mejora para poder soportar las cargas de tráfico sin deformarse y, además, trasladarlas adecuadamente a las capas inferiores.

Carpeta asfáltica, la superficie de rodadura la proporciona la parte superior del pavimento no rígido y está realizada con material pétreo seleccionado y hormigón asfáltico en función del tipo de vía a construir.

Serviciabilidad de pavimentos, es la percepción del usuario sobre el nivel de mantenimiento de la superficie de la carretera. Es por ello que es su opinión la que debe ser tenida en cuenta para calificar la serviciabilidad.

Clasificación de los pavimentos flexibles, los pavimentos no rígidos se pueden clasificar según el tipo de mezcla bituminosa de la que están hechos, estas

mezclas pueden ser: mezcla asfáltica en frío, mezcla de asfalto en caliente, tratamiento superficial.

Ventajas y desventajas de un pavimento flexible, las ventajas son la facilidad de financiamiento debido al bajo costo inicial, los trabajos de construcción y reparación se completan mucho más rápido, los automóviles funcionan mejor porque no tienen juntas de unión, se pueden reutilizar a partir de pavimentos existentes cuando se aplica una nueva capa. metido. La desventaja es que requieren mayores costos de mantenimiento.

Mantenimiento, en todo tipo de pavimento, el daño puede ser menor al principio, pero luego puede volverse más severo y acelerar el deterioro de la carretera. Por lo tanto, el trabajo requiere un mantenimiento adecuado y constante para al menos asegurar su vida útil y garantizar un mantenimiento adecuado. El mantenimiento regular y una buena práctica de limpieza mejorarán la apariencia general de su piso, así como cualquier otro material para pisos.

Daños en pavimentos flexibles, Los daños en los pavimentos flexibles se deben a diversas causas:

Tabla 1. Fallas y causas

FALLA	CAUSAS
Trafico de diseño	- Cargas mayores a las de diseño - Incremento del trafico
Proceso constructivo	- Deficiencias en los procesos constructivos
Deficiencias del proyecto	- Diseños inadecuados - Mala calidad y dosificación de los materiales - Mala valoración en la sub –rasante
Factores ambientales	- Elevación de la napa freática, inundaciones -Lluvias, congelamiento, sales
Deficiente mantenimiento	- Técnicas inadecuadas de mantenimiento - Falta de conservación

Tráfico de Diseño, en muchos casos, el diseño del pavimento es incorrecto, las cargas son muy superiores a las esperadas. Esto se debe a errores en el acercamiento de la carga, así como al aumento del tráfico a lo largo de los años.

Deficiente Mantenimiento, falta de mantenimiento y conservación, dependiendo de su origen, las fallas se pueden clasificar en fallas funcionales o fallas estructurales.

Figura 4. Ahuellamiento por falla en la sub-rasante

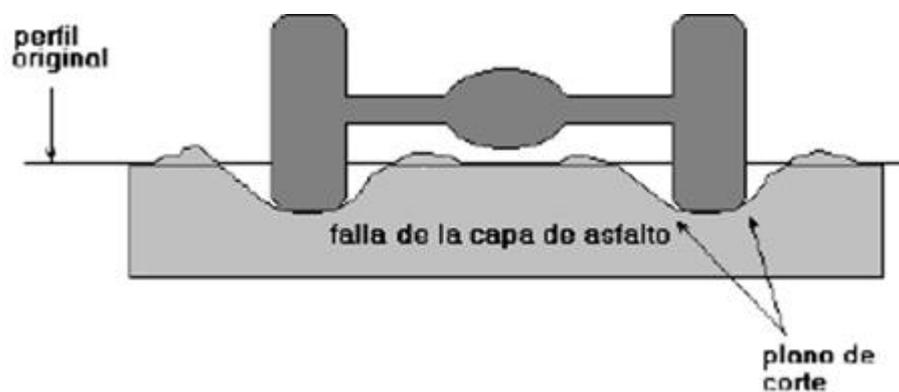
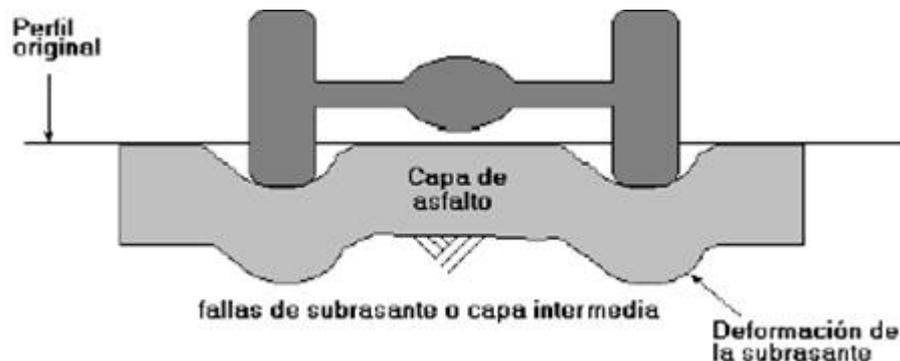
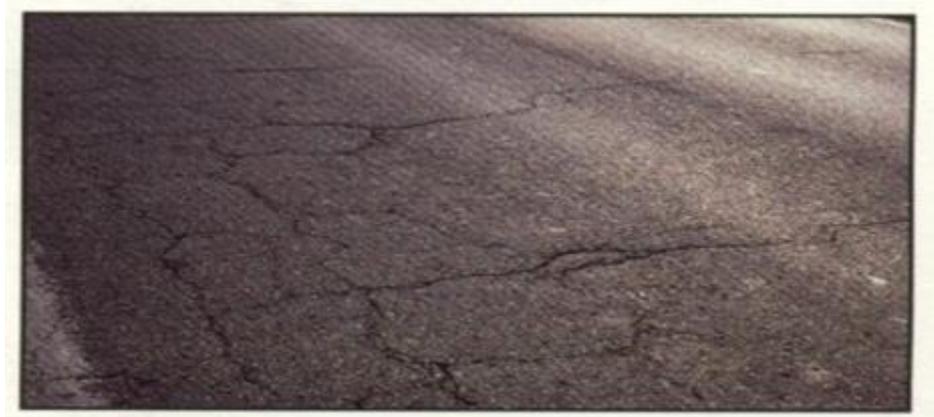


Figura 5. Ahuellamiento por falla en la mezcla asfáltica



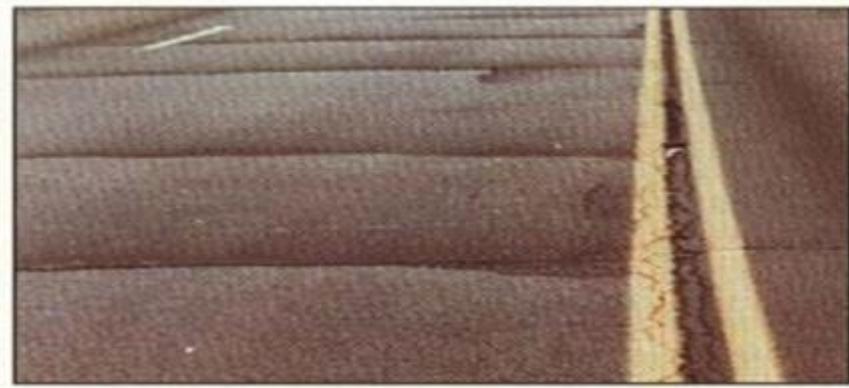
Deformaciones recuperables, de altura, los materiales y las capas asfálticas sufren un fenómeno denominado fatiga ante un gran número de aplicaciones de cargas pesadas, lo que se traduce en una disminución de sus prestaciones mecánicas.

Figura 6. Grietas por contracción



De igual forma, en los casos de refuerzo de pavimentos de hormigón portland con mezclas de hormigón asfáltico, pueden aparecer fisuras del tipo: reflexión de las juntas de un pavimento duro (grietas reflectantes).

Figura 7. Grieta por reflexión



Evaluación de pavimentos, permitirá conocer el estado actual de la estructura y establece medidas correctivas para cumplir con metas de serviciabilidad para poder tomar las medidas de reparación y mantenimiento adecuadas, con lo cual está diseñado para extender la vida útil de los recubrimientos, esto es de suma importancia.

III. METODOLOGÍA

3.1 Tipo y diseño de la investigación

Tipo de investigación

Es de tipo aplicada conforme a lo dicho por Maya (2014) “Depende de los logros de la investigación fundamental, está buscando aplicaciones e implicaciones prácticas, sobre todo a nivel tecnológico del conocimiento. Aplica los resultados de la investigación fundamental en la práctica”. (p.17)

Investigación cuantitativa

Es de **orientación cuantitativa** de acuerdo a lo planteado por Hernandez y Mendoza (2019), “el método cuantitativo es adecuado cuando queremos estimar la magnitud y ocurrencia de fenómenos y contrastar hipótesis” (p.9).

El nivel de investigación

Es descriptivo, según Hernández y Mendoza (2019), “un método cuantitativo es adecuado cuando queremos estimar la magnitud y frecuencia de eventos y contrastar hipótesis”

Diseño de investigación

Es no experimental dado que Hernández (2010), En estudios no experimentales, también es conocido como ex post, que está aquí es poco probable que manipule, modifique, indique valores o arbitrariamente bajo cualquier supuesto sobre variables (p.148).

3.2 Variables y operacionalización

Variable dependiente: Mantenimiento y/o rehabilitación del pavimento flexible.

Variable independiente: Evaluación del pavimento flexible

3.3 Población, muestra y muestreo

Población: La población es la colección de todos los casos que son consistentes con el conjunto especificado en estudio, para lo cual se espera generalizar los

resultados. (Sampieri, 2017, p. 198).

La población de estudio es la Av. Argentina, que comprende una calzada derecha e izquierda de longitud 1,200 ml c/u en total de 2,400 ml.

Muestra: Según Hernández y Mendoza (2019) nos indica que “En un enfoque cuantitativo, la muestra es el subconjunto de la población o universo de interés para el cual se recolectarán los datos relevantes, y debe ser representativa de la población especificada. (pág. 198)

La muestra de esta tesis será el tramo 1 y 2 de estudio desde el Ovalo Ramón Castilla hasta la Av. Ejército debido al deterioro que presenta el pavimento.

Muestreo: En esta investigación se utiliza la técnica de muestro no probabilístico que, Hernandez y Mendoza, (2019) “Las muestras de improbabilidad dependen de las características de la investigación. El proceso no se basa en fórmulas probabilísticas, sino en la decisión del averiguador” (p.199). El muestreo será el tramo 1 y 2 de estudio desde el Ovalo Ramón Castilla hasta la Av. Ejército debido al deterioro que presenta el pavimento.

3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Técnica de recolección de datos

Según Ñaupas, Mejia, Novia y Villagómez(2014) nos menciona que “las tecnicas e instrumentos se relaciona a los procedimientos y herramientas mediante los cuales pretendemos recopilar datos e información necesarios para confirmar o refutar nuestras hipótesis de investigación.” (p.201).

Instrumento de recolección de datos

Según Arias (2012) indica que “un instrumento de recoleccion de datos es cualquiera de recursos de dispositivos o formato, que se utiliza para la obtencion, registrar o almacenar informacion” (p.69).

La investigacion realizara la evaluación visual y toma por medio de formatos de evaluación de condición del pavimento , como instrumento de recolección de datos para cada unidad de muestra, y a su vez nos apoyándonos para la identificación del

tipo de daño del pavimento flexible en el Manual de daños del PCI. Para la evaluación del pavimento flexible se utilizaron los siguientes instrumentos:

- El odómetro, que sirvió para medir la distancia y las áreas de los daños.
- Medir las aberturas de las grietas longitudinales, transversales, etc.
- Plano de distribución de unidades de muestra, donde se esquematiza la red de la vía.
- Software EvalPav, utilizado en el procesamiento de datos en la determinación del valor PCI.

Se usó la evaluación descriptiva y toma de datos a través de formatos como instrumento de recolección de datos para cada unidad de muestra.

Para la evaluación del pavimento flexible se utilizaron los siguientes instrumentos:

- Rugosímetro de Merlín, equipo que determina la rugosidad del pavimento flexible.
- Plano de distribución de unidades de muestra, donde se esquematiza la red de la vía.
- Hojas de cálculo, utilizado en el procesamiento de datos en la determinación del valor IRI.

3.5 Procedimientos

Por indicación del MTC se inició un conteo de autos para ver el grado de permeabilidad. Como resultado del recuento de vehículos, se tiene en cuenta la precedencia de los residentes y el estado de la carretera. La exploración de suelos se llevó a cabo con la fabricación de pozos según normas y métodos generalmente aceptados. Las muestras sacadas serán analizadas de acuerdo a las normas y especificaciones para la identificación con el terreno y como factores de comportamiento del terreno en el tramo de investigación.

3.6 Método de análisis de datos

Para diseñar el proyecto de investigación se elaboró un plan de tratamiento de datos a través del Software EVALPAV a través del cual, se determinó la densidad, los valores deducidos, el cálculo del valor del PCI, etc. También se realizará el método del rugosímetro de Merlín, con ello se calculará el rango D, cálculo del valor

IRI, por ultimo, se realizara la comprobacion de la hipotesis.

3.7 Aspectos éticos

El presente tesis hace referencia a los principios éticos basados en el respeto a la persona humana, la búsqueda de la verdad, la honradez, la solidaridad, la honestidad, el cumplimiento del deber, la equidad y la justicia, la búsqueda de la excelencia, tolerancia, con el desarrollo de mi país.

Esta tesis se buscó datos de información que son libros, resúmenes, artículos, revistas y manuales de donde se obtuvieron Google académico, repositorios universitarios, así como la base de datos de la Universidad Cesar Vallejo entre otros los motores de búsqueda.

IV. RESULTADOS

Se detallan los resultados obtenidos de cada unidad de muestra analizada en la avenida el Sol comprendida por el tramo 1 y 2, aplicando el Software EvalPav en la determinación del PCI.

RESULTADO DEL TRAMO 1: (0+000 - 1+ 200 - CALZADA DERECHA)

Unidad de muestra U- 3

La unidad de muestra U-3 ubicado entre la progresiva 00+060 – 00+90, tiene un área de muestra de 210 m² y corresponde al tramo 1 de la Av. El Argentina.

Los daños encontrados fueron de severidad media: Piel de cocodrilo, parcheo y grietas transversales y longitudinales.

El daño más influyente en el deterioro del pavimento es el parcheo, ya que aparte de ser una falla estructural, se presenta en medio de la superficie analizada. Seguida esta se identificaron los siguientes daños: piel de cocodrilo, las grietas longitudinales y transversales que son fallas funcionales.

Mediante la aplicación del Software EvalPav se obtuvieron 4 valores deducidos: 36, 10, 42 y 41 con un índice de 25 que corresponde a un pavimento de estado pobre.

Para mejorar el estado de la unidad de muestra analizada se recomienda realizar una rehabilitación moderada del pavimento, aplicando un parcheo profundo en el daño de piel de cocodrilo, sellado parcial de grietas transversales y sustitución del parcheo. También se recomienda aplicar un riego asfáltico (Slurry Seal)

Unidad de muestra U- 6

La unidad de muestra U-6 ubicado entre la progresiva 00+150 – 00+180, tiene un área de muestra de 210 m² y pertenece al tramo 1 de la Av. argentina.

Los daños encontrados de severidad leve fueron: grieta en bloque y grietas transversales.

Los daños encontrados de severidad media fueron: Piel de cocodrilo, huecos, desplazamiento y desnivel carril /berma.

Los daños encontrados de severidad alta fueron: grieta de borde

Estas áreas inspeccionadas son pequeñas, comparada con el área total inspeccionada.

Mediante la aplicación del Software EvalPav se obtuvieron 7 valores deducidos: 15,

22, 4, 4, 10, 15 y 4 con un índice de 62 que corresponde a un pavimento de estado bueno.

Para mejorar el estado de la unidad de muestra analizada se recomienda realizar un mantenimiento correctivo, aplicando un parcheo profundo en la grieta de borde, sellado parcial de grietas transversales y en bloque. También se recomienda aplicar un riego asfáltico (Slurry Seal), en los daños de nivel medio por tener un área mínima respecto al total del área analizada.

Unidad de muestra U- 9

La unidad de muestra adicional U-9 ubicado entre la progresiva 00+240 – 00+270, tiene un área de muestra de 210 m² y pertenece al tramo 1 de la Av. El Sol.

Los daños encontrados de severidad alta fueron: grietas longitudinales y transversales.

Los daños encontrados de severidad media fueron: agrietamiento en bloque y grieta de reflexión de junta. Estas áreas son pequeñas, comparada con el área total inspeccionada.

Mediante la aplicación del Software EvalPav se obtuvieron 3 valores deducidos: 14, 21,7 con un índice de 73 que corresponde a un pavimento de estado muy bueno.

Para mejorar el estado de la unidad de muestra analizada se recomienda realizar un mantenimiento correctivo, aplicando sellado parcial de grietas: transversales, bloque y reflexión de juntas. También se recomienda aplicar un riego asfáltico (Slurry Seal)

Unidad de muestra U- 12

La unidad de muestra adicional U-12 ubicado entre la progresiva 00+330 – 00+360, tiene un área de muestra de 210 m² y pertenece al tramo 1 de la Av. Argentina.

Los daños encontrados fueron: Huecos, desplazamiento, grieta de reflexión de junta, grietas longitudinales y transversales.

El daño más influyente en el deterioro del pavimento es el desplazamiento

Los daños que menos afectan al pavimento son: la grieta de reflexión de junta, las grietas transversales., pues sus áreas son pequeñas, comparada con el área total inspeccionada.

Mediante la aplicación del Software EvalPav se obtuvieron 4 valores deducidos: 12, 16, 28, y 5 con un índice de 63 que corresponde a un pavimento de estado bueno.

Para mejorar el estado de la unidad de muestra analizada se recomienda realizar un mantenimiento correctivo, aplicando fresado para el desplazamiento, sellado profundo y parcial de grietas de reflexión de junta y transversales, parcheo parcial de huecos. También se recomienda aplicar un riego asfáltico (Slurry Seal)

Unidad de muestra U- 15

La unidad de muestra U-15 ubicado entre la progresiva 00+420 – 00+450, tiene un área de muestra de 210 m² y pertenece al tramo 1 de la Av. Argentina.

Los daños encontrados fueron: Piel de cocodrilo, huecos, grieta de borde, grieta de reflexión de junta

El daño más influyente en el deterioro del pavimento son los huecos, ya que aparte de ser una falla estructural (que afectan considerablemente al paquete estructural), se presenta en medio de la superficie analizada. También se encuentra piel de cocodrilo de alta severidad. Los daños encontrados de severidad media fueron: la grieta de borde y grieta de reflexión de junta

Mediante la aplicación del Software EvalPav se obtuvieron 4 valores deducidos: 25,36, 12 y 9 con un índice de 52 que corresponde a un pavimento de estado regular.

Para mejorar el estado de la unidad de muestra analizada se recomienda realizar una rehabilitación moderada, aplicando un parcheo profundo en el daño de piel de cocodrilo, parcheo profundo al hueco, sellado parcial de grietas de reflexión de junta y parcheo parcial de la grieta de borde. También se recomienda aplicar un riego asfáltico (Slurry Seal)

Unidad de muestra U- 18

La unidad de muestra adicional U-18 ubicado entre la progresiva 00+510 – 00+540, tiene un área de muestra de 210 m² y pertenece al tramo 1 de la Av. El Sol.

Los daños encontrados fueron: Huecos, desplazamiento, grieta de reflexión de junta, grietas longitudinales y transversales.

El daño más influyente en el deterioro del pavimento es el desplazamiento y las grietas transversales con una severidad media. El daño que menos afecta al pavimento son los huecos, pues su área es pequeña, comparada con el área total inspeccionada.

Mediante la aplicación del Software EvalPav se obtuvieron 5 valores deducidos: 16, 0,5, 1 y 47 con un índice de 48 que corresponde a un pavimento de estado regular.

Para mejorar el estado de la unidad de muestra analizada se recomienda realizar una rehabilitación moderada, aplicando sellado parcial de grietas de reflexión de junta, transversales y riego asfáltico sobre la superficie incluyendo el desplazamiento.

Unidad de muestra U- 21

Ubicado entre la progresiva 00+600 – 00+630, tiene un área de muestra de 210 m² perteneciente al tramo 1 de la Av. El Sol.

Los daños encontrados fueron: grietas de borde y longitudinales.

El daño que influye más en su deterioro son las grietas de borde de una gran severidad.

El daño que menos afecta al pavimento son las grietas longitudinales. Pues su área, a comparación del área total inspeccionada, es diminuta.

Mediante la aplicación del Software EvalPav se obtuvieron 2 valores deducidos: 8 y 25 con un índice de 73 que pertenece a un pavimento en muy buen estado.

Para la mejora del estado de la unidad de muestra que ha sido analizada es recomendable realizar un mantenimiento correctivo, aplicando sellado parcial de grietas longitudinales y parcheo profundo a las grietas de borde. También es recomendable la aplicación de un riego asfáltico (Slurry Seal)

Unidad de muestra U- 24

Ubicado entre las progresivas 00+690 – 00+720, tiene un área de muestra de 210 m² perteneciente al tramo 1 de la Av. El Sol.

Los daños encontrados fueron: grietas de borde, longitudinales, transversales y huecos

El daño que influye más en su deterioro son las grietas transversales y los huecos, se presentan en medio de la superficie analizada. También se encuentran grietas de borde de alta severidad.

Mediante la aplicación del Software EvalPav se obtuvieron 5 valores deducidos: 18, 17, 22 16y 19 con un índice de 52 correspondiente a un pavimento de mediano estado.

Es recomendable que para la mejora del estado de la unidad de muestra que ha sido analizado, realizar una rehabilitación moderada, aplicando sellado parcial y profundo

de grietas, parcheo profundo de huecos y grietas. También es recomendable la aplicación de un riego asfáltico (Slurry Seal)

Unidad de muestra U- 27

Ubicado entre las progresivas 00+780 – 00+810, tiene un área de muestra de 210 m² perteneciente al tramo 1 de la Av. El Sol.

El daño que influye más en su deterioro son las grietas transversales, se presentan en toda su superficie que ha sido analizada y su severidad es mediana y alta.

Mediante la aplicación del Software EvalPav se obtuvieron 2 valores deducidos: 48 y 4 con un índice de 50 correspondiente a un pavimento de mediano estado.

Es recomendable que para la mejora del estado de la unidad de muestra que ha sido analizado realizar una rehabilitación moderada, aplicando sellado parcial y profundo de grietas transversales, También es recomendable la aplicación de un riego asfáltico (Slurry Seal)

Unidad de muestra U- 30

Ubicado entre las progresivas 00+870 – 00+900, tiene un área de muestra de 210 m² perteneciente al tramo 1 de la Av. El Sol.

Los daños encontrados fueron: huecos, desplazamiento, grietas de borde y de reflexión de junta.

El daño que influye más en su deterioro es el desplazamiento de severidad elevada.

El daño encontrado de severidad leve fue: grieta parabólica

Los daños encontrados de severidad media fueron: huecos y grieta de reflexión de junta

Mediante la aplicación del Software EvalPav se obtuvieron 4 valores deducidos: 9, 31,30 y 10 con un índice de 52 correspondiente a un pavimento de mediano estado.

Es recomendable que para la mejora del estado de la unidad de muestra que ha sido analizado realizar una rehabilitación moderada, aplicando sellado parcial a grietas de reflexión de junta y parabólica, parcheo parcial de huecos y desplazamiento.

También es recomendable la aplicación de un riego asfáltico (Slurry Seal)

Unidad de muestra U- 33

Ubicado entre las progresivas 00+960 – 00+990, tiene un área de muestra de 210 m² perteneciente al tramo 1 de la Av. El Sol.

El daño que influye más en su deterioro es la grieta de reflexión de junta y las grietas longitudinales y transversales de severidad alta.

Mediante la aplicación del Software EvalPav se obtuvo 2 valores deducidos: 29 y 33 con un índice de 54 correspondiente a un pavimento de mediano estado.

Es recomendable que para la mejora del estado de la unidad de muestra que ha sido analizado realizar una rehabilitación moderada, aplicando sellado profundo de grietas transversales y reflexión de junta. También es recomendable la aplicación de un riego asfáltico (Slurry Seal)

Unidad de muestra U- 36

Ubicado entre las progresivas 01+050 – 01+080, tiene un área de muestra de 210 m² perteneciente al tramo 1 de la Av. El Sol.

El daño que influye más en su deterioro son las grietas longitudinales y transversales de alta y media severidad.

Mediante la aplicación del Software EvalPav se obtuvieron 2 valores deducidos: 41 y 26 con un índice de 51 correspondiente a un pavimento de mediano estado.

Es recomendable que para la mejora del estado de la unidad de muestra que ha sido analizado realizar una rehabilitación moderada, aplicando sellado profundo y parcial de grietas longitudinales y transversales. También es recomendable la aplicación de un riego asfáltico (Slurry Seal)

Unidad de muestra U- 39

Ubicado entre las progresivas 01+140 – 01+170, tiene un área de muestra de 210 m² perteneciente al tramo 1 de la Av. Argentina.

El daño que influye más en su deterioro son los huecos y la grieta de reflexión de junta. También se identificaron grietas transversales de severidad media.

Mediante la aplicación del Software EvalPav se obtuvieron 4 valores deducidos: 7, 44,20 y 6 con un índice de 50 correspondiente a un pavimento de mediano estado.

Es recomendable que para la mejora del estado de la unidad de muestra que ha sido analizado realizar una rehabilitación moderada, aplicando parcheo profundo a los huecos, sellado parcial y profundo de grietas transversales y reflexión de junta. También es recomendable la aplicación de un riego asfáltico (Slurry Seal)

RESULTADO DEL TRAMO 2: (0+000 - 1+ 200 - CALZADA IZQUIERDA)

Unidad de muestra U- 3

Ubicado entre las progresivas 00+060 – 00+90, tiene un área de muestra de 210 m² perteneciente al tramo 2 de la Av. Argentina.

El daño que influye más en su deterioro es la grieta de reflexión de junta y el agrietamiento en bloque. También se identificó una grieta parabólica de severidad media.

Mediante la aplicación del Software EvalPav se obtuvo 3 valores deducidos: 36, 32 y 23 con un índice de 42 correspondiente a un pavimento de mediano estado.

Es recomendable que para la mejora del estado de la unidad de muestra que ha sido analizado realizar una rehabilitación moderada, aplicando sellado parcial a la grieta parabólica; grieta de reflexión de junta y agrietamiento en bloque sellado profundo. Se recomienda aplicar un riego asfáltico (Slurry Seal).

Unidad de muestra U- 6

Ubicado entre las progresivas 00+150 – 00+180, tiene un área de muestra de 210 m² perteneciente al tramo 2 de la Av. El Sol.

El daño que influye más en su deterioro es el agrietamiento en bloque, grietas longitudinales y de reflexión de junta. También se identificó parcheo de severidad media.

Mediante la aplicación del Software EvalPav se obtuvieron 4 valores deducidos: 27, 13, 34 y 19 con un índice de 47 correspondiente a un pavimento de mediano estado.

Es recomendable que para la mejora del estado de la unidad de muestra que ha sido analizado realizar una rehabilitación moderada, aplicando parcheo profundo a los huecos, sellado parcial y profundo de grietas transversales y reflexión de junta. También se recomienda aplicar un riego asfáltico (Slurry Seal)

Unidad de muestra U- 9

Ubicado entre las progresivas 00+240 – 00+270, tiene un área de muestra de 210 m² perteneciente al tramo 2 de la Av. Argentina.

El daño que influye más en su deterioro son las grietas longitudinales de media y altamente severas. También se identificaron grietas de reflexión de junta y desnivel carril / berma de severidad media.

Mediante la aplicación del Software EvalPav se obtuvo 4 valores deducidos: 24, 4,4 y 5 con un índice de 70 correspondiente a un pavimento en un muy buen estado.

Es recomendable que para la mejora del estado de la unidad de muestra que ha sido analizado realizar un mantenimiento correctivo, aplicando sellado parcial y profundo de grietas transversales, sellado parcial de grietas de reflexión de junta.

Unidad de muestra U- 12

Ubicado entre las progresivas 00+330 – 00+360, tiene un área de muestra de 210 m² perteneciente al tramo 2 de la Av. El Argentina.

Los daños encontrados fueron: grieta de borde, corrugación, agrietamiento en bloque y desprendimiento de agregados.

El daño que influye más en su deterioro es el agrietamiento en bloque y de borde media y altamente severas. Los daños que menos afectan al pavimento son: la corrugación y el desprendimiento de agregados.

Mediante la aplicación del Software EvalPav se obtuvieron 4 valores deducidos: 0, 16, 15 y 17 con un índice de 70 correspondiente a un pavimento en un muy buen estado.

Es recomendable que para la mejora del estado de la unidad de muestra que ha sido analizado realizar un mantenimiento correctivo, aplicando sellado parcial en el agrietamiento en bloque, parcheo profundo en la grieta de borde y sellado superficial en desprendimiento de agregados.

Unidad de muestra U- 15

Ubicado entre las progresivas 00+420 – 00+450, tiene un área de muestra de 210 m² perteneciente al tramo 2 de la Av. Argentina.

El daño que influye más en su deterioro son las grietas transversales, en bloque y huecos severidad alta.

Mediante la aplicación del Software EvalPav se obtuvo 3 valores: 32, 39 y 46 con un índice de 27 correspondiente a un pavimento en un pobre estado.

Es recomendable que para la mejora del estado de la unidad de muestra que ha sido analizado realizar una rehabilitación moderada, aplicando parcheo profundo de

huecos, sellado profundo de grietas transversales y en bloque. También es recomendable la aplicación de un riego asfáltico (Slurry Seal).

Unidad de muestra U- 18

Ubicado entre las progresivas 00+510 – 00+540, tiene un área de muestra de 210 m² perteneciente al tramo 2 de la Av. Argentina.

El daño que influye más en su deterioro es la grieta de borde y huecos severidad media. También se identificó un parche de severidad media.

Mediante la aplicación del Software EvalPav se obtuvo 3 valores: 16, 22 y 12 con un índice de 69 correspondiente a un pavimento en un buen estado.

Es recomendable que para la mejora del estado de la unidad de muestra que ha sido analizado realizar un mantenimiento correctivo, sustituyendo el parche y aplicando parcheo profundo de grietas de borde y de huecos. También es recomendable la aplicación de un riego asfáltico (Slurry Seal)

Unidad de muestra U- 21

Ubicado entre las progresivas 00+600 – 00+630, tiene un área de muestra de 210 m² perteneciente al tramo 2 de la Av. Argentina.

El daño que influye más en su deterioro son los huecos, grieta de reflexión de junta y de borde.

Mediante la aplicación del Software EvalPav se obtuvo 4 valores deducidos: 22, 37, 18 y 21 con un índice de 44 correspondiente a un pavimento en regular estado.

Es recomendable que para la mejora del estado de la unidad de muestra que ha sido analizado realizar una rehabilitación moderada, aplicando sellado profundo a la grieta de reflexión de junta, parcheo profundo a los huecos y grieta de borde. También es recomendable la aplicación de un riego asfáltico (Slurry Seal)

Unidad de muestra U- 24

Ubicado entre las progresivas 00+690 – 00+720, tiene un área de muestra de 210 m² perteneciente al tramo 2 de la Av. Argentina.

El daño que influye más en su deterioro son las grietas longitudinales y transversales. También se identificó agrietamiento en bloque severidad media.

Mediante la aplicación del Software EvalPav se obtuvieron 2 valores deducidos: 28 y 20 con un índice de 64 correspondiente a un pavimento en un buen estado.

Es recomendable que para la mejora del estado de la unidad de muestra que ha sido analizado realizar un mantenimiento correctivo, aplicando sellado parcial de agrietamiento en bloque, sellado profundo de grietas longitudinales y transversales. También es recomendable la aplicación de un riego asfáltico (Slurry Seal).

Unidad de muestra U- 27

Ubicado entre las progresivas 00+780 – 00+810, tiene un área de muestra de 210 m² perteneciente al tramo 2 de la Av. Argentina.

El daño que influye más en su deterioro son las grietas transversales, reflexión de junta y de borde.

Mediante la aplicación del Software EvalPav se obtuvo 3 valores deducidos: 35, 20 y 19 con un índice de 52 correspondiente a un pavimento en mediano estado.

Es recomendable que para la mejora del estado de la unidad de muestra que ha sido analizado realizar una rehabilitación moderada, parcheo profundo de grieta de borde, sellado profundo de grietas transversales y reflexión de junta. También es recomendable la aplicación de un riego asfáltico (Slurry Seal).

Unidad de muestra U- 30

Ubicado entre las progresivas 00+870 – 00+900, tiene un área de muestra de 210 m² perteneciente al tramo 2 de la Av. Argentina.

El daño que influye más en su deterioro son los huecos, grieta de reflexión de junta y agrietamiento en bloque altamente severa.

Mediante la aplicación del Software EvalPav se obtuvo 3 valores deducidos: 21, 45 y 12 con un índice de 50 correspondiente a un pavimento en mediano estado.

Es recomendable que para la mejora del estado de la unidad de muestra que ha sido analizado realizar una rehabilitación moderada, aplicando parcheo profundo a los huecos, sellado profundo en agrietamiento en bloque y reflexión de junta. También es recomendable la aplicación de un riego asfáltico (Slurry Seal)

Unidad de muestra U- 33

Ubicado entre las progresivas 00+960 – 00+990, tiene un área de muestra de 210 m² perteneciente al tramo 2 de la Av. Argentina.

El daño que influye más en su deterioro es el agrietamiento en bloque de severidad elevada.

Mediante la aplicación del Software EvalPav se obtuvo un valor deducido: 46 con un índice de 54 correspondiente a un pavimento en mediano estado.

Es recomendable que para la mejora del estado de la unidad de muestra que ha sido analizado realizar una rehabilitación moderada, aplicando sellado profundo de grietas. También es recomendable la aplicación de un riego asfáltico (Slurry Seal).

Unidad de muestra U- 36

Ubicado entre las progresivas 01+050 – 01+080, tiene un área de muestra de 210 m² perteneciente al tramo 2 de la Av. Argentina.

El daño que influye más en su deterioro son los huecos y el agrietamiento en bloque.

Mediante la aplicación del Software EvalPav se obtuvo 3 valores deducidos: 54, 51 y 18 con un índice de 24 correspondiente a un pavimento en muy pobre estado.

Es recomendable que para la mejora del estado de la unidad de muestra que ha sido analizado realizar una rehabilitación moderada, aplicando parcheo profundo a los huecos, sellado profundo en grietas en bloque y profundo. También es recomendable la aplicación de un riego asfáltico (Slurry Seal)

Unidad de muestra U- 39

Ubicado entre las progresivas 01+140 – 01+170, tiene un área de muestra de 210 m² perteneciente al tramo 2 de la Av. Argentina.

El daño que influye más en su deterioro son los huecos y grietas transversales. También se identificó una grieta de severidad media.

Mediante la aplicación del Software EvalPav se obtuvieron 4 valores deducidos: 26, 9, 59 y 31 con un índice de 27 correspondiente a un pavimento en pobre estado.

Es recomendable que para la mejora del estado de la unidad de muestra que ha sido analizado realizar una rehabilitación moderada, aplicando parcheo profundo a los huecos, sellado parcial y profundo de grietas transversales y parabólica. También es recomendable la aplicación de un riego asfáltico (Slurry Seal)

PROCEDIMIENTO

1. Se identificó los tramos 1 y 2, donde quedo completamente definido el pavimento a ser evaluado con una longitud de 1,200 ml, en total para ambos tramos de 2,400 ml, de 3 unidades de muestra a cada 400 ml, dividido en tres secciones 1, 2 y 3 para cada tramo.

Figura 8. Zona de estudio



Distribución del área de estudio: Red de pavimento (verde) dividida en dos tramos 1 y 2 de secciones 1, 2 y 3 (color morado y rojo).

2. Una vez dividido en tres secciones los tramos 1 y 2, a cada 400 ml. Ver fig. 40, se tiene 3 unidades de muestra por cada tramo, en total para ambos sentidos se tiene:
Muestra: 3 unidades de muestra c/u 400ml = 6 unidades de muestra (ambos tramos)
En este método se siguió la huella exterior de los vehículos.

3. Cada sección de muestra ha sido marcada en el pavimento e identificada con un código como S -1 que indica que es la muestra 1. Esto hará que sea fácil de encontrar si desea verificar alguna información.

Figura 9. Unidad de muestra debidamente señalizada en el pavimento e identificada con su respectivo código.



Procedimiento de inspección

4. Se ha inspeccionado cada sección de vía que ha sido seleccionado.
5. Se ha registrado el tramo y número de sección y de unidad de muestra.
6. Se realizó la calibración inicial del equipo MERLIN.

Figura 10. Calibración del equipo de Merlín



7. El personal requerido fue
 - operador del Equipo
 - ayudante

8. Medición

Para realizar el ensayo se eligió un tramo de 400 m de longitud, siguiendo la vía exterior de los vehículos. Se tomaron 200 mediciones colocando el equipo a intervalos regulares, típicamente con una separación de 2 m. Se tomó de referencia un aproximado al tamaño de la circunferencia de la rueda MERLIN, cada prueba se realizó al final de una revolución de la rueda. Para esto, se aplicaba una señal o marca llamativa a la rueda, que debía estar siempre en contacto con el suelo.

Esto facilita que el operador levante el equipo después de tomar la lectura y verifique la vuelta completa de la llanta, alineando la marca en el suelo.

Se comenzó la prueba colocando el equipo al inicio del área de prueba, el operador esperó a que la aguja se estabilizara y observó la posición que ocupaba con relación a la escala que ha sido colocada en el tablero, realizando de esta manera la lectura.

En la siguiente etapa, el operador tomó el dispositivo, levantándolo y moviéndolo, eligiendo una distancia constante entre una prueba y otra (una vuelta de la rueda).

En el nuevo punto, repetimos la operación, así seguidamente, hasta tomar 200 lecturas.

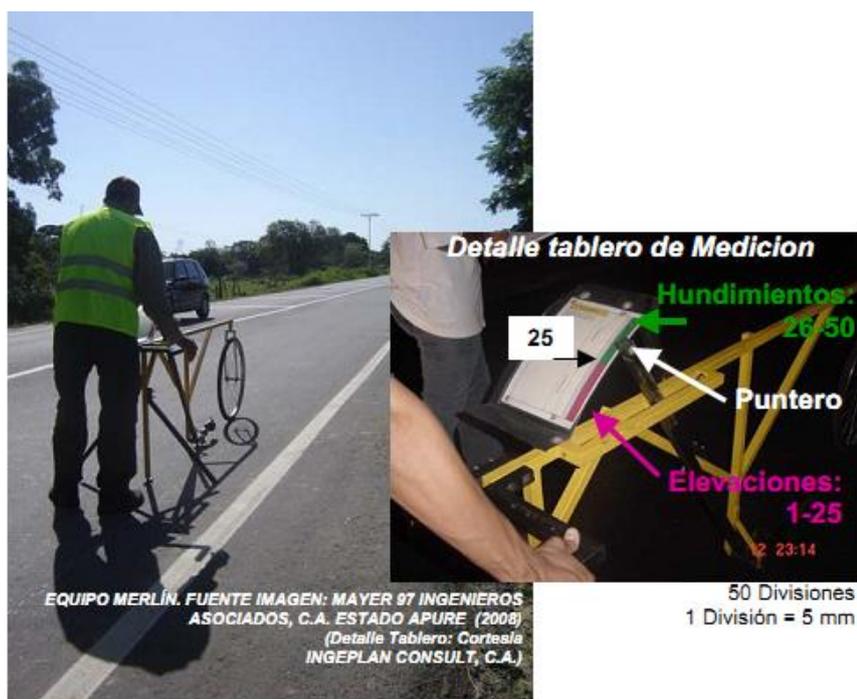
Figura 11. Detalle del Tablero



DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE INTERNACIONAL DE RUGOSIDAD (IRI)

seguidamente, se detallan los resultados obtenidos de cada muestra analizada de la sección 1,2 y 3, en la avenida el Sol comprendido por el tramo 1 y 2; para este ensayo se siguió la huella exterior de los vehículos en la determinación del índice de rugosidad internacional (IRI)

Figura 12. Detalles



COMPARACION DE RESULTADOS

Tabla 2. Resumen del valor del PCI, Tramo 1: (0+000 - 1+ 200 - calzada derecha)

AREA (m ²)	UNIDAD DE MUESTRA	PROGRESIVA INICIAL	PROGRESIVA FINAL	m	VRC	PCI	CLASIFICACION
210,0	3	00+060	00+090	6,3	75	25	Pobre
210,0	6	00+150	00+180	8,2	38	62	Bueno
210,0	9	00+240	00+270	8,3	27	73	Muy Bueno
210,0	12	00+330	00+360	7,6	37	63	Bueno
210,0	15	00+420	00+450	6,9	48	52	Regular
210,0	18	00+510	00+540	5,9	52	48	Regular
210,0	21	00+600	00+630	7,9	27	73	Muy Bueno
210,0	24	00+690	00+720	8,2	48	52	Regular
210,0	27	00+780	00+810	5,8	50	50	Regular
210,0	30	00+870	00+900	7,3	47	53	Regular
210,0	33	00+960	00+990	7,2	46	54	Regular
210,0	36	01+050	01+080	6,4	49	51	Regular
210,0	39	01+140	01+170	6,1	50	50	Regular
Promedio PCI						54	Regular

Resume la evaluación de la condición del pavimento (PCI) en el Tramo 1, su valor promedio del PCI calculado aplicando el Software Evalpav resulta de 54, que según su calificación representa a un pavimento en regular estado.

Tabla 3. Resumen del valor del PCI, Tramo 2:(0+000 - 1+ 200 - calzada izquierda)

AREA (m ²)	UNIDAD DE MUESTRA	PROGRESIVA INICIAL	PROGRESIVA FINAL	m	VRC	PCI	CLASIFICACION
210,0	3	00+060	00+090	6,9	58	42	Regular
210,0	6	00+150	00+180	7,1	53	47	Regular
210,0	9	00+240	00+270	8,0	30	70	Muy Bueno
210,0	12	00+330	00+360	8,6	30	70	Muy Bueno
210,0	15	00+420	00+450	6,0	73	27	Pobre
210,0	18	00+510	00+540	8,2	31	69	Bueno
210,0	21	00+600	00+630	6,8	56	44	Regular
210,0	24	00+690	00+720	7,6	36	64	Bueno
210,0	27	00+780	00+810	7,0	48	52	Regular
210,0	30	00+870	00+900	6,1	50	50	Regular
210,0	33	00+960	00+990	0,0	46	54	Regular
210,0	36	01+050	01+080	5,2	76	24	Muy Pobre
210,0	39	01+140	01+170	4,8	73	27	Pobre
Promedio PCI						49	Regular

Resume la evaluación de la condición del pavimento (PCI) en el Tramo 1, el valor promedio del PCI calculado aplicando el Software Evalpav resulta de 49, que según su calificación representa a un pavimento de estado regular. Ver Cap. II.

Tabla 4. Resumen del valor IRI, Tramo 1: (0+000 - 1+ 200 – Huella : carril derecho externo)

PROGRESIVA		SECCION	CARRIL DERECHO
INICIO	- FIN		IRI m/km
0 + 00	- 0 + 400	S-1	2,85
0 + 400	- 0 + 800	S-2	3,59
0 + 800	- 1 + 200	S-3	3,60
IRI PROMEDIO			3,35
DESV. ESTAND.			0,43
IRI CARACTERISTICO			4,05

El cuadro 11. Resume la evaluación de la irregularidad superficial del pavimento en el Tramo 1, el valor promedio del índice internacional de rugosidad (IRI) resulta 3.35 m/km, desviación estándar 0.43 y IRI_c = 4.05 m/km. que según su calificación representa a un pavimento de estado bueno a regular.

Tabla 5. Resumen del valor IRI, Tramo 2: (0+000 - 1+ 200 – Huella : carril izquierdo externo)

PROGRESIVA		SECCION	CARRIL IZQUIERDO
INICIO	-	FIN	IRI m/km
0 + 00	-	0 + 400	3,61
0 + 400	-	0 + 800	3,63
0 + 800	-	1 + 200	3,64
IRI PROMEDIO			3,63
DESV. ESTAND.			0,02
IRI CARACTERISTICO			3,65

Resume la evaluación de la irregularidad superficial del pavimento en el Tramo 2, el valor promedio del índice internacional de rugosidad (IRI) resulta 3.63 m/km, desviación estándar 0.02 y IRIc = 3.65 m/km. que según su calificación representa a un pavimento de estado regular.

Tabla 6. Comparación entre el método del PCI aplicando el Software Evalpav y el método del rugosímetro de Merlín

METODO DEL PCI APLICANDO EL SOFTWARE EVALPAV								METODO DEL RUGOSIMETRO DE MERLIN							
AREA (m ²)	UNIDAD DE MUESTRA	PROGRESIVAS		TRAMO 1		TRAMO 2				TRAMO 1			TRAMO 2		
		PROGRESIVA INICIAL	PROGRESIVA FINAL	PCI	CLASIFICACION	PCI	CLASIFICACION	SECCION	PROGRESIVA	IRI	PSI	SERVICIABILIDAD	IRI	PSI	SERVICIABILIDAD
210,0	3	00+060	00+090	25	Pobre	42	Regular	s -1	00+000	2.85	3	Bueno/regular	3.61	2.6	Regular
210,0	6	00+150	00+180	62	Bueno	47	Regular								
210,0	9	00+240	00+270	73	Muy Bueno	70	Muy Bueno								
210,0	12	00+330	00+360	63	Bueno	70	Muy Bueno	s-2	00+400	3.59	2.6	Regular	3.63	2.6	Regular
210,0	15	00+420	00+450	52	Regular	27	Pobre								
210,0	18	00+510	00+540	48	Regular	69	Bueno								
210,0	21	00+600	00+630	73	Muy Bueno	44	Regular	s-3	00+800	3.60	2.6	Regular	3.64	2.6	Regular
210,0	24	00+690	00+720	52	Regular	64	Bueno								
210,0	27	00+780	00+810	50	Regular	52	Regular								
210,0	30	00+870	00+900	53	Regular	50	Regular	s-3	01+200	3.60	2.6	Regular	3.64	2.6	Regular
210,0	33	00+960	00+990	54	Regular	54	Regular								
210,0	36	01+050	01+080	51	Regular	24	Muy Pobre								
210,0	39	01+140	01+170	50	Regular	27	Pobre								
Promedio PCI				54	Regular	49	Regular		IRI	3.35		Regular	3.63		Regular
									IRIc	4.05			3.65		

La evaluación superficial del pavimento flexible en la Av. El Sol de la Ciudad de Arequipa aplicando el Software EvalPav y el método del Rugosímetro de Merlín, resulta un pavimento de estado regular para ambos tramos.

V. DISCUSIÓN

Hipótesis general: La evaluación entre la aplicación del Software EvalPav y el método del Rugosímetro de Merlín nos permite determinar la condición funcional y estado real del pavimento flexible en la Av. Argentina de la ciudad de Arequipa.

De acuerdo con los resultados que obtuvieron en esta investigación la evaluación entre la aplicación del software EvalPav y el método del rugosímetro de merlín permite determinar la condición funcional y estado real del pavimento flexible. Esto se debe a que los resultados de ambas evaluaciones, según cuadro 13, son prácticamente iguales ya que nos indica que desde la progresiva 00+060 hasta 01+170 según el software EvalPav la serviciabilidad es “Regular” y con el método del rugosímetro de Merlín los resultados de serviciabilidad son “regular” en todas las secciones que se evaluaron. De acuerdo con NORVIAL S.A (2005). En su tesis “El trabajo que realiza la Empresa Norvial S.A. para el mantenimiento de la Carretera Panamericana Norte, Carretera 1N, tramo Ancón - Huacho - Pativilca, utilizando el software EVALPAV. Nos informa sobre el estado del pavimento luego de una evaluación visual-descriptiva utilizando el Índice de Estado del Pavimento (PCI), la cual es una medida numérica del estado del pavimento que va de 0 a 100, este último siendo el mejor estado probable. La metodología PCI se describe en la norma ASTM 5340-98, que brinda pautas para la determinación del índice de condición del pavimento, la cual ayuda al cálculo del índice de desgaste o escasez y, a menudo, es usado para predecir la condición futura. En vista de lo anterior, podemos decir que nuestra hipótesis general es correcta.

Hipótesis específica 1: La condición funcional y estado real del pavimento flexible es de estado regular entre la aplicación del Software EvalPav y método del Rugosímetro de Merlín en la Av. Argentina de la ciudad de Arequipa.

Conforme con los resultados que se obtuvieron en este estudio, la condición funcional y estado real del pavimento flexible es de estado regular entre la aplicación del software EvalPav y método del rugosímetro de Merlín en la Av. Argentina de la ciudad de Arequipa. Esto se debe a que la evaluación superficial del pavimento flexible en la Av. El Sol de la ciudad de Arequipa, presento 12 tipos

de daños, de los cuales los que más incidencia tuvieron y afectan el estado del pavimento en el tramo 1: grietas transversales, de borde, de reflexión de junta, piel de cocodrilo, huecos y parcheo; con severidad alta y media, junto a los cuales Los daños que menos incidencia presentaron y que afectan en menor medida la condición del pavimento debido al área minina analizada son: las grietas longitudinales, agrietamiento en bloque, desnivel carril berma, desplazamiento y grieta parabólica; de severidad media y baja, de la misma manera se realizó en el tramo 2 el cual presento diferentes tipos de daño, de los cuales los que más incidencia tuvieron y afectan la condición del pavimento son: el agrietamiento en bloque, huecos, grieta de reflexión de junta, grieta de borde, grieta de borde, grietas longitudinales y transversales; de severidad alta y media. Los daños que menos incidencia presentaron y que afectan en menor medida la condición del pavimento debido al área minina analizada son: el parcheo, desprendimiento de agregados, corrugación y grieta parabólica de severidad media y baja. De acuerdo con Del Águila, P. (1999). En su trabajo “Desarrollo de una ecuación de correlación para la determinación de la rugosidad de pavimentos asfálticos nuevos utilizando equipos Merlin”, nos informa que, con el fin de apoyar los desarrollos relacionados con el progreso técnico, la primera especificación técnica para la verificación de la rugosidad de los pavimentos restaurados se está preparando en junio del mismo año. El primer análisis de rugosidad con el grupo Merlin en Perú se realizó en septiembre de 1993 sobre un pavimento asfáltico muy desgastado, y en febrero de 1995 se aplicó para controlar la rugosidad de un nuevo pa^oRF5< de asfalto. En vista de lo anterior, podemos manifestar que nuestra primera hipótesis específica es correcta, puesto que el estado funcional y el estado real del pavimento no rígido se encuentra en el estado normal entre la aplicación del software EvalPav y el método de medición de rugosidad Merlin.

Hipótesis específica 2: Se plantea en la mejora de la calidad del servicio del pavimento flexible en la Av. Argentina de la ciudad de Arequipa realizar tratamientos superficiales dentro de las acciones del mantenimiento y/o rehabilitación del pavimento existente.

conforme con los resultados que se obtuvieron en esta investigación la mejora de la calidad del servicio del pavimento flexible en la Av. Argentina de la ciudad

de Arequipa realizando tratamientos superficiales dentro de las acciones de su mantenimiento y/o rehabilitación (restauración). Esto es debido a que la evaluación de la condición funcional de este presenta imperfecciones o irregularidades superficiales como elevaciones y depresiones desde 22 a 34 en el pavimento flexible a lo largo del tramo 1 y 2, el cual afecta el nivel de servicio que brinda al usuario generando incomodidad y posibles problemas de tránsito. Se plantea en la mejoría de la calidad y servicio del pavimento flexible, de acuerdo a los parámetros establecidos por el método PCI en la avenida el Sol para el tramo 1, realizar un mantenimiento correctivo de las siguientes unidades de muestra: U-6, U-9, U-12, y U-21; y una rehabilitación moderada de las siguientes unidades de muestra: U-3, U-15, U-18, U-24, U-27, U-30, U-33, U-36 y U-39. De acuerdo con INGEPAV (2002). En su trabajo "Instrucciones para trabajar con el software UnalPCI para el cálculo automático del índice de condición del pavimento". Esto nos dice que la mejor metodología para evaluar y calificar objetivamente el pavimento flexible y rígido, está disponible actualmente dentro de los parámetros de gestión vial. La metodología es fácil de implementar y no exige de herramientas especializadas distintas a las incluidas en el sistema. En vista de lo anterior, podemos afirmar que nuestra segunda hipótesis específica es correcta.

VI. CONCLUSIONES

Objetivo general. - Evaluar el pavimento flexible y establecer una comparación entre la aplicación del Software EvalPav y el método del Rugosímetro de Merlín en la Av. Argentina de la ciudad de Arequipa.

Se evaluó el pavimento flexible para establecer una comparación entre la aplicación del Software EvalPav y el método del Rugosímetro de Merlín en la Av. Argentina de la ciudad de Arequipa y se obtuvo que según cuadro 13, son prácticamente iguales ya que nos indica que desde la progresiva 00+060 hasta 01+170 según el software EvalPav la serviciabilidad es “Regular” y con el método del rugosímetro de Merlín los resultados de serviciabilidad son “regular” en todas las secciones que se evaluaron.

Objetivo específico 1. - Determinar la condición funcional y estado real del pavimento flexible entre la aplicación del Software EvalPav y el método del Rugosímetro de Merlín en la Av. Argentina de la ciudad de Arequipa.

Se determinó la condición funcional y estado real del pavimento flexible entre la aplicación del Software EvalPav y el método del Rugosímetro de Merlín en la Av. Argentina de la ciudad de Arequipa y se obtuvo que la evaluación superficial del pavimento asfáltico en la avenida el Sol de la ciudad de Arequipa, haciendo uso del método PCI aplicando el Software EvalPav y el Rugosímetro de Merlín resulta un pavimento de estado regular para el tramo 1 y 2.

Objetivo específico 2. - Plantear de acuerdo a los parámetros establecidos por los métodos del PCI y el Rugosímetro de Merlín acciones de mantenimiento y/o rehabilitación del pavimento flexible en la Av. Argentina de la ciudad de Arequipa.

Se planteó de acuerdo a los parámetros establecidos por los métodos del PCI y el Rugosímetro de Merlín acciones de mantenimiento y/o rehabilitación del pavimento flexible en la Av. Argentina de la ciudad de Arequipa y se obtuvo que la mejora de la serviciabilidad del pavimento flexible de acuerdo a los parámetros establecidos por el método del Rugosímetro de Merlín, realizar actividades que pueden variar desde un tratamiento superficial, fresado y/o recapado de superficie del pavimento existente.

VII. RECOMENDACIONES

- Es necesario realizar un mantenimiento periódico o rutinario en las principales avenidas del cercado de Arequipa y no esperar que el pavimento se deteriore como sucedió en la avenida el Argentina, debido al costo de reparación y/o rehabilitación que resulta mayor que la construcción inicial del pavimento. Del cual este dinero se podría asignar en construir nuevas carreteras en sitios alejados que lo requieran.
- En la evaluación superficial de pavimentos para futuras tesis se deberían utilizar equipos modernos como Perfilómetros de alta precisión, perfiladores ultrasónicos, uso de imagen análoga y digital. Para la serviciabilidad equipos como: Rugosímetro BPR, APL Profilometer , Bump integrator y Perfiladores laser.
- También se recomienda para nuestra región el uso de asfaltos modificados con polímeros debido al clima, que se caracteriza por bajas y altas temperaturas. Al utilizar asfalto modificado se puede evitar la retracción del pavimento, que es la causa de las fisuras, fisuras en bloques, longitudinales, transversales, etc.

REFERENCIAS

- AASHTO Guide for Design of Pavement Structures (1993). *American Association of State Highway and Transportation Official*. Estados Unidos.
- American Society for Testing and Materials. (2004). *Procedimiento estándar para la inspección del índice de condición del pavimento en caminos y estacionamientos (ASTM D6433-03)*. Estados Unidos. 81 pp.
- Cardoso, S & Fernández, M. (1999). *Aplicaciones prácticas del Método PCI para el mantenimiento de pavimentos de aeropuertos*. Lima, Perú. 232 pp.
- Consejo de directores de carreteras de Iberia e Iberoamérica. (2002). *Catálogo de deterioros de pavimentos flexibles*. Volumen N° 11. 29 pp.
- Chang, A. (2012). *Evaluación, diseño, construcción, gestión: pavimentos, un enfoque al futuro*. Instituto de la Construcción y Gerencia. Lima, Perú. 150 pp.
- Coy, J. (2017). Tesis: *Evaluación superficial de un pavimento flexible de la calle 134 entre carreras 52ª a 53c comparando los métodos VIZIR y PCI*. Universidad militar nueva granada. Bogotá, Colombia.
- Del Águila, P. (1993). *“Proyecto de Rehabilitación de la Carretera Central, Sector Huayre-Huánuco. Estudio de Evaluación de la Rugosidad”*. Informe técnico presentado a la Asociación EICA-HOB Ingenieros Consultores. Lima, Perú.
- Del Águila, P. (1999). *“Metodología para la medición de la rugosidad de los pavimentos con equipo de bajo costo y gran precisión”*. Trabajo presentado al X Congreso Ibero - Latinoamericano del Asfalto. Sevilla, España.
- Del Águila, P. (1999). Experiencias y resultados obtenidos en la evaluación de la rugosidad de más de 3000 km de pavimentos en el Perú y otros países. Ponencia presentada al X Congreso Ibero Latinoamericano del Asfalto. Sevilla, España.
- Del Águila, P. (1999). *Manual del usuario Merliner. Merlín equipo para rugosidad. Metodología para la Determinación de la Rugosidad de los Pavimentos*. Lima, Perú.
- Gerard, L. (2009). *Evaluación de pavimentos e inventario vial. Diseño, Construcción, Mantenimiento de Carreteras. I y IV Congreso de Obras de Infraestructura Vial*. Instituto de la Construcción y Gerencia. Lima, Perú. 160 pp.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2006). *Manual de usuario Software*

- EVALPAV; evaluación de pavimentos en carreteras y aeropuertos de superficie asfáltica y carreteras no pavimentadas*. Lima, Perú.20 pp.
- Ministerio de Transportes y comunicaciones (2013). *“Manual de carreteras” suelos, geología geotecnia y pavimentos*. Sección suelos y pavimentos. Lima, Perú.355 pp.
- Ministerio de Transporte. INVÍAS (2006). *Manual para la Inspección Visual de Pavimentos Flexibles*. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia.
- Morales, J. (2015). Tesis: Técnicas de rehabilitación de pavimentos de concreto utilizando sobrecapas de refuerzo. Piura, Perú.
- Peña, A. (2005). Tesis: *“Cálculo del índice de estado para establecer una estrategia de recuperación vial en la carretera Piura-Sechura”*. Universidad de Piura. Piura, Perú.117pp.
- Suárez, W. (2005). Tesis: *“Técnicas de reparación, conservación y rehabilitación de pavimentos asfálticos”*. Universidad de Piura. Piura, Perú.153 pp.
- U.S. Army Engineer Research and Development Center. (2001). *Manual: Paver asphalt surfaced airfields Pavement Condition Index (PCI)*. United States of America.114 pp.
- Urbáez, E. (2002). *Estimación del índice de rugosidad internacional (IRI) en vías recién pavimentadas a través del equipo merlín*. Segundo Simposio Venezolano del Asfalto. Mérida, Venezuela.
- Vásquez, L. (2002). *Pavement Condition Index (PCI) Para Pavimentos Asfálticos y de Concreto en Carreteras*. Ingepav. Manizales, Colombia

ANEXOS

Anexo 1. Matriz de consistencia

VARIABLE	DIMENSION	PROBLEMA GENERAL	PROBLEMAS ESPECIFICOS	OBJETIVO GENERAL	OBJETIVOS ESPECIFICOS	HIPOTESIS GENERAL	HIPOTESIS ESPECIFICAS	METODOLOGIA
Independiente	Evaluación del pavimento flexible	¿Se evaluará el pavimento flexible y establecerá una comparación entre la aplicación del Software EvalPav y el método del Rugosímetro de Merlín en la Av. Argentina de la ciudad de Arequipa?	¿Cuál es la condición funcional y estado real del pavimento flexible entre la aplicación del Software EvalPav? y el método del Rugosímetro de Merlín en la Av. Argentina de la ciudad de Arequipa?	Evaluar el pavimento flexible y establecer una comparación entre la aplicación del Software EvalPav y el método del Rugosímetro de Merlín en la Av. Argentina de la ciudad de Arequipa.	Determinar la condición funcional y estado real del pavimento flexible entre la aplicación del Software EvalPav y el método del Rugosímetro de Merlín en la Av. Argentina de la ciudad de Arequipa.	La evaluación entre la aplicación del Software EvalPav y el método del Rugosímetro de Merlín nos permite determinar la condición funcional y estado real del pavimento flexible en la Av. Argentina de la ciudad de Arequipa.	La condición funcional y estado real del pavimento flexible es de estado regular entre la aplicación del Software EvalPav y método del Rugosímetro de Merlín en la Av. Argentina de la ciudad de Arequipa.	Tipo de Investigación: Aplicada Diseño de Investigación: No experimental Población La población de estudio es la Av. Argentina, que comprende una calzada derecha e izquierda de longitud 1,200 ml c/u en total de 2,400 ml. Técnica: Se realizara una evaluación visual y toma por medio de formatos de evaluación de condición del pavimento.
	Método PCI		¿De acuerdo a los parámetros establecidos por los métodos del PCI y el Rugosímetro de Merlín, se plantearán acciones de mantenimiento y/o rehabilitación del pavimento flexible en la Av. Argentina de la ciudad de Arequipa?		Plantear de acuerdo a los parámetros establecidos por los métodos del PCI y el Rugosímetro de Merlín acciones de mantenimiento y/o rehabilitación del pavimento flexible en la Av. Argentina de la ciudad de Arequipa.		Se plantea en la mejora de la calidad del servicio del pavimento flexible en la Av. Argentina de la ciudad de Arequipa realizar tratamientos superficiales dentro de las acciones del mantenimiento y/o rehabilitación del pavimento existente.	
Dependiente	Mantenimiento y/o rehabilitación del pavimento flexible	Rugosímetro de Merlín en la Av. Argentina de la ciudad de Arequipa?	¿De acuerdo a los parámetros establecidos por los métodos del PCI y el Rugosímetro de Merlín, se plantearán acciones de mantenimiento y/o rehabilitación del pavimento flexible en la Av. Argentina de la ciudad de Arequipa?	Rugosímetro de Merlín en la Av. Argentina de la ciudad de Arequipa.	Plantear de acuerdo a los parámetros establecidos por los métodos del PCI y el Rugosímetro de Merlín acciones de mantenimiento y/o rehabilitación del pavimento flexible en la Av. Argentina de la ciudad de Arequipa.	Rugosímetro de Merlín en la Av. Argentina de la ciudad de Arequipa.	Se plantea en la mejora de la calidad del servicio del pavimento flexible en la Av. Argentina de la ciudad de Arequipa realizar tratamientos superficiales dentro de las acciones del mantenimiento y/o rehabilitación del pavimento existente.	Tipo de Investigación: Aplicada Diseño de Investigación: No experimental Población La población de estudio es la Av. Argentina, que comprende una calzada derecha e izquierda de longitud 1,200 ml c/u en total de 2,400 ml. Técnica: Se realizara una evaluación visual y toma por medio de formatos de evaluación de condición del pavimento.
	Escarificación		¿De acuerdo a los parámetros establecidos por los métodos del PCI y el Rugosímetro de Merlín, se plantearán acciones de mantenimiento y/o rehabilitación del pavimento flexible en la Av. Argentina de la ciudad de Arequipa?		Plantear de acuerdo a los parámetros establecidos por los métodos del PCI y el Rugosímetro de Merlín acciones de mantenimiento y/o rehabilitación del pavimento flexible en la Av. Argentina de la ciudad de Arequipa.		Se plantea en la mejora de la calidad del servicio del pavimento flexible en la Av. Argentina de la ciudad de Arequipa realizar tratamientos superficiales dentro de las acciones del mantenimiento y/o rehabilitación del pavimento existente.	
	Sellado del pavimento							

Anexo 2. Matriz de operacionalización de la variable

VARIABLE		DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSION	INDICADOR	INSTRUMENTO	ESCALA DE MEDICIÓN
Independiente	Evaluación del pavimento flexible	La evaluación del pavimento flexible tiene varios usos y se pueden distinguir cuatro grandes áreas de aplicación: estudios de rehabilitación de pavimentos, control de calidad, investigación, y gestión del pavimento. En éstas se emplean equipos similares y lo que varía es el propósito de la evaluación. (Coy, 2017)	La evaluación de pavimentos flexibles tiene varias aplicaciones, y se pueden distinguir cuatro áreas principales: investigación de restauración de pavimentos, control de calidad, investigación y gestión de pavimentos. Utilizan equipos similares y la diferencia radica en el propósito de la evaluación.	Condición funcional	Software EvalPav	Programa	RAZÓN
					Método del rugosímetro de Merlin	Cálculo	
				Método PCI	Indicadores para la evaluación	Formatos	ORDINAL
					Estado real del pavimento	Formatos	
Dependiente	Mantenimiento y/o rehabilitación del pavimento flexible	El mantenimiento del pavimento es preservar, reparar o restaurar una calzada y mantenerla en condiciones de uso seguro, favorable y económico. El trabajo especial o de emergencia requerido por accidentes, deslizamientos de tierra u otras condiciones inusuales o imprevistas también se considera trabajo de mantenimiento. (Morales, 2015)	El mantenimiento del pavimento es la reparación o restauración de un camino y asegurar su uso seguro, favorable y económico. Los trabajos de mantenimiento también se consideran trabajos especiales o de emergencia requeridos debido a accidentes, derrumbes u otras circunstancias inusuales o imprevistas.	Bacheo en zonas	Espesor de la carpera asfáltica	Manual de carreteras (MTC)	RAZÓN
						Norma CE. 010	
				Sellado del pavimento	Espesor y tipo de lechada asfáltica	Manual de carreteras (MTC), conservación vial	RAZÓN
						NTP 321.141	

Fotografías de daños en el pavimento Tramo 1: (0+000 - 1+ 200 - calzada derecha)

Anexo 3. Parcheo



Parcheo de nivel de severidad alta, ubicada en la unidad de muestra U- 3, tramo 1.

Anexo 4. Piel de cocodrilo



Piel de cocodrilo de nivel de severidad alta, ubicada en la unidad de muestra U- 3, tramo 1.

Anexo 5. Grieta longitudinal



Grieta longitudinal de nivel de severidad alta, ubicada en la unidad de muestra U- 3, tramo 1

Anexo 6. Desnivel carril / berma



Desnivel carril / berma de nivel de severidad media, ubicada en la unidad de muestra U- 6, tramo 1.

Anexo 7. Grieta de borde



Grieta de borde de nivel de severidad alta, ubicada en la unidad de muestra U- 6, tramo 1

Anexo 8. Agrietamiento en bloque



Agrietamiento en bloque de nivel de severidad media, ubicada en la unidad de muestra U-9, tramo 1

Anexo 9. Desplazamiento



Desplazamiento de nivel de severidad baja, ubicada en la unidad de muestra adicional U - 12, tramo 1

Anexo 10. Hueco



Hueco de nivel de severidad alta, ubicada en la unidad de muestra U-15, tramo 1

Anexo 11. Piel de cocodrilo



Piel de cocodrilo de nivel de severidad alta, ubicada en la unidad de muestra U-15, tramo 1

Anexo 12. Grieta de reflexión de junta



Grieta de reflexión de junta de nivel de severidad alta, ubicada en la unidad de muestra U-15, tramo 1

Anexo 13. Grietas transversales



Grietas transversales de nivel de severidad alta, ubicada en la unidad de muestra U-18, tramo 1

Anexo 14. Desplazamiento.



Desplazamiento de nivel de severidad media, ubicada en la unidad de muestra U-18, tramo 1

Anexo 15. Grieta de borde



Grieta de borde de nivel de severidad alta, ubicada en la unidad de muestra U-21, tramo 1.

Anexo 16. Hueco



Hueco de nivel de severidad alta, ubicada en la unidad de muestra U-24, tramo 1

Anexo 17. Grieta transversal



Grieta transversal de nivel de severidad alta, ubicada en la unidad de muestra U-27, tramo 1

Anexo 18. Desplazamiento y grieta de reflexión de junta



Desplazamiento y grieta de reflexión de junta de nivel de severidad alta, ubicada en la unidad de muestra U-30, tramo 1

Anexo 19. Grieta parabólica



Grieta parabólica de nivel de severidad baja, ubicada en la unidad de muestra U-30, tramo 1

Anexo 20. Grieta de reflexión de junta



Grieta de reflexión de junta de nivel de severidad alta, ubicada en la unidad de muestra adicional U-33, tramo 1

Anexo 21. Grieta de reflexión de junta



Grieta de reflexión de junta y longitudinal de nivel de severidad alta, ubicada en la unidad de muestra U-33, tramo 1

Anexo 22. Grietas transversales



Grietas transversales de nivel de severidad alta, ubicada en la unidad de muestra U-36, tramo 1



ROBERTO CACERES FLORES

INGENIERO CIVIL CIP 59876

EXPERTO TÉCNICO - INACAL

ENSAYOS DE LABORATORIO Y CAMPO - ASESORIA Y CONTROL DE CALIDAD EN OBRAS CIVILES

Calle Palomar 107 Lote B - 3B - Cercado/Teléf: 214163 / RPM : *414995 / RPC : 956781874 / laboratorio@laboratoriorcf.com

ENSAYO DE RUGOSIDAD

ESTUDIO COMPARATIVO DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE APLICANDO EL PROYECTO: SOFTWARE EVALPAV Y EL MÉTODO DE RUGOSIDAD DE MERLÍN EN LA AVENIDA ARGENTINA DE LA CIUDAD DE AREQUIPA

UBICACION: MARIANO MELGAR, AREQUIPA

TRAMO: AV. ARGENTINA

CARRIL VIA: CARRIL DERECHO

SUPERFICIE: CARPETA ASFÁLTICA

SOLICITA: OMAR LIZARDO CHAYÑA CHAIÑA

FECHA: 27/09/2022

ENSAYO Nº: 1

KM: -

HORA: 08:30

ENSAYO DE RUGOSIDAD

Reporte de Datos de Campo

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

Observaciones:



ROBERTO CACERES FLORES

INGENIERO CIVIL CIP 59876
EXPERTO TÉCNICO - INACAL

ENSAYOS DE LABORATORIO Y CAMPO - ASESORÍA Y CONTROL DE CALIDAD EN OBRAS CIVILES

Calle Palomar 107 Lote B - 3B - Cercado/Teléf: 214163 / RPM : *414995 / RPC : 956781874 / laboratorio@laboratoriorcf.com

ENSAYO DE RUGOSIDAD

ESTUDIO COMPARATIVO DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE APLICANDO EL
PROYECTO: SOFTWARE EVALPAV Y EL MÉTODO DE RUGOSIDAD DE MERLÍN EN LA AVENIDA ARGENTINA DE LA CIUDAD DE AREQUIPA

UBICACION: MARIANO MELGAR, AREQUIPA

CARRIL VIA: CARRIL DERECHO

SOLICITA: OMAR LIZARDO CHAYÑA CHAIÑA

TRAMO: AV. ARGENTINA

SUPERFICIE: CARPETA ASFÁLTICA

FECHA: 27/09/2022

ENSAYO N°: 1

KM: -

HORA: 08:30

DISTRIBUCION DE FRECUENCIAS

Resultados

Ancho del Histograma

Número de datos descartados: 20 (10 en c/extremo)

Relación de brazos = 1 a 10

Espesor de pastilla en mm = 6.0

Posición inicial del puntero = 25

Posición final del puntero = 13

Factor de corrección= 1.00

Rango D = 68.33 mm

Cálculo de la Rugosidad

R = 0,0485 D para $D \leq 50\text{mm}$

R = $0,593 + 0,0471 D$ para $D > 50\text{mm}$

R = 3.81 IRI

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

Observaciones:

ROBERTO B. CACERES FLORES



ROBERTO CACERES FLORES

INGENIERO CIVIL CIP 59876

EXPERTO TÉCNICO - INACAL

ENSAYOS DE LABORATORIO Y CAMPO - ASESORÍA Y CONTROL DE CALIDAD EN OBRAS CIVILES

Calle Palomar 107 Lote B - 3B - Cercado / Teléf: 214163 / RPM : *414995 / RPC : 956781874 / laboratorio@laboratoriorcf.com

ENSAYO DE RUGOSIDAD

ESTUDIO COMPARATIVO DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE APLICANDO EL PROYECTO: SOFTWARE EVALPAV Y EL MÉTODO DE RUGOSIDAD DE MERLÍN EN LA AVENIDA ARGENTINA DE LA CIUDAD DE AREQUIPA

UBICACION: MARIANO MELGAR, AREQUIPA

TRAMO: AV. ARGENTINA

CARRIL VIA: CARRIL IZQUIERDO

SUPERFICIE: CARPETA ASFÁLTICA

SOLICITA: OMAR LIZARDO CHAYÑA CHAIÑA

FECHA: 27/09/2022

ENSAYO Nº: 2

KM: -

HORA: 09:30

ENSAYO DE RUGOSIDAD

Reporte de Datos de Campo

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

Observaciones:



ROBERTO CÁCERES FLORES

INGENIERO CIVIL CIP 59876
EXPERTO TÉCNICO - INACAL

ENSAYOS DE LABORATORIO Y CAMPO - ASESORÍA Y CONTROL DE CALIDAD EN OBRAS CIVILES

Calle Palomar 107 Lote B - 3B - Cercado/Teléf: 214163 / RPM : *414995 / RPC : 956781874 / laboratorio@laboratoriorcf.com

ENSAYO DE RUGOSIDAD

ESTUDIO COMPARATIVO DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE APLICANDO EL PROYECTO: SOFTWARE EVALPAV Y EL MÉTODO DE RUGOSIDAD DE MERLIN EN LA AVENIDA ARGENTINA DE LA CIUDAD DE AREQUIPA

UBICACION: MARIANO MELGAR, AREQUIPA

TRAMO: AV. ARGENTINA

CARRIL VIA: CARRIL IZQUIERDO

SUPERFICIE: CARPETA ASFÁLTICA

SOLICITA: OMAR LIZARDO CHAYÑA CHAÑA

FECHA: 27/09/2022

ENSAYO Nº: 2

KM: -

HORA: 09:30

DISTRIBUCION DE FRECUENCIAS

Resultados

Ancho del Histograma

Número de datos descartados: 20 (10 en c/extremo)

Relación de brazos = 1 a 10

Espesor de pastilla en mm = 6.0

Posición inicial del puntero = 25

Posición final del puntero = 13

Factor de corrección= 1.00

Rango D = 98.75 mm

Cálculo de la Rugosidad

$R = 0,0485 D$ para $D \leq 50\text{mm}$

$R = 0,593 + 0,0471 D$ para $D > 50\text{mm}$

R = 5.24 IRI

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

Observaciones:


ROBERTO CÁCERES FLORES



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, AYBAR ARRIOLA GUSTAVO ADOLFO, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - TRUJILLO, asesor de Tesis titulada: "

"Estudio Comparativo de la Condición Superficial del Pavimento Flexible Aplicando el Software Evalpav y Método de Rugosidad de Merlin en la Av. Argentina de la Ciudad de Arequipa"

", cuyo autor es CHAYÑA CHAIÑA OMAR LIZARDO, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 24.00%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

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

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

TRUJILLO, 03 de Diciembre del 2022

Apellidos y Nombres del Asesor:	Firma
AYBAR ARRIOLA GUSTAVO ADOLFO DNI: 08185308 ORCID: 0000-0001-8625-3989	Firmado electrónicamente por: GAYBARA el 03-12- 2022 15:47:20

Código documento Trilce: TRI - 0470127