

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**“INVESTIGACIÓN DEL ÍNDICE DE CONDICIÓN DE PAVIMENTO FLEXIBLE EN LA AV.
SAN LUIS, DISTRITO DE VIRU, PROVINCIA DE VIRU - LA LIBERTAD 2019”**

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: TRANSPORTES

AUTORES:

BR. BENITES ASCATE DEYVER JAIR

BR. CASTILLO BLAS ANTONY PAUL

ASESOR:

ING. RODRIGUEZ RAMOS MAMERTO

TRUJILLO - PERÚ

2020

**“INVESTIGACIÓN DEL ÍNDICE DE CONDICIÓN DE PAVIMENTO
FLEXIBLE EN LA AV. SAN LUIS, DISTRITO DE VIRU, PROVINCIA DE
VIRU - LA LIBERTAD 2019”**

Por:

BR. BENITES ASCATE DEYVER JAIR

BR. CASTILLO BLAS ANTONY PAUL

Jurado evaluador:

Ing. CANCINO RODAS CESAR LEONIDAS

Presidente

Ing. TITO ALFREDO BURGOS SARMIENTO Ing. JUAN MANUEL URTEAGA GARCIA

Secretario

Vocal

Asesor:

ING. RODRÍGUEZ RAMOS MAMERTO

PRESENTACIÓN

Señores Miembros Del Jurado:

De conformidad y en cumplimiento con los requisitos estipulados en el reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Privada Antenor Orrego, ponemos a vuestra disposición la presente Tesis titulada: “INVESTIGACIÓN DEL ÍNDICE DE CONDICIÓN DE PAVIMENTO FLEXIBLE EN LA AV. SAN LUIS, DISTRITO DE VIRU, PROVINCIA DE VIRU - LA LIBERTAD 2019” para obtener el Título Profesional de Ingeniero Civil.

El presente trabajo ha sido desarrollado aplicando los conocimientos adquiridos en la etapa universitaria, revisando constantemente Fuentes bibliográficas y con el asesoramiento del Ing. Rodríguez Ramos Mamerto.

Los Autores.

DEDICATORIA

El presente trabajo va dedicado a mi familia, y todas las personas cercanas que estuvieron todo el tiempo apoyando cada una de las maneras posibles, es un honor también poder dedicar este trabajo a las personas que nunca creyeron en mí, ellas fueron gran impulso para lograr lo criticado dibujado como inalcanzable e inapropiado, que ahora es una realidad por todo el empeño y esfuerzo puesto.

A mis padres quienes a lo largo de mi vida han velado por mi bienestar y empujado día a día para ser una mejor persona, a mis hermanos que me mostraron el camino para seguir adelante, mi esposa que junto a su compañía y apoyo me dio más impulso en mi vida.

Los Autores

AGRADECIMIENTO

Mi agradecimiento siempre será para Dios, por su amor y su guía, por reconfortar mi espíritu y ser mi fuerza en los puntos más bajos de este proceso formativo. Agradezco también a mis padres por ser el sustento físico, emocional y económico que fue fundamental para culminar cada proceso formativo emprendido hasta el día de hoy, gracias totales

Agradezco a Dios por siempre guiarme en cada paso que pude dar y a mi familia por estar siempre de manera incondicional, a cada profesor que siempre estuvo dispuesto a impartir sus conocimientos a fin de poder formarme como profesional a mi hija que fue motor de esfuerzo para culminar todo con éxito.

RESUMEN

El presente trabajo de investigación tiene por objetivo obtener un indicador que permita precisar la degradación o condición del pavimento flexible, esto se obtiene realizando la Aplicación del Método PCI para la Evaluación Superficial del Pavimento Flexible en la AV. SAN LUIS, DISTRITO DE VIRU, con la finalidad de solicitar su intervención oportuna, seleccionando la técnica más adecuada de mantenimiento, rehabilitación o reconstrucción al estado del pavimento flexible.

De acuerdo al Manual desarrollado por el Ingeniero Luis Ricardo Vásquez Varela, el método Pavement Condition Index (PCI) basado en la Norma ASTM D6433-03; constituye el modo más completo para la evaluación y calificación objetiva de pavimentos, siendo ampliamente aceptado y formalmente adoptado como procedimiento estandarizado, y ha sido publicado por la ASTM como método de análisis y aplicación.

Al realizar la evaluación superficial del pavimento flexible mediante el método Pavement Condition Index, se conoce que el estado de conservación de la AV. SAN LUIS, DISTRITO DE VIRU es “MALO” con un PCI de 31.17

ABSTRACT

The objective of this research work is to obtain an indicator that allows the degradation or condition of the flexible pavement to be determined, this is obtained by applying the PCI Method for the Surface Evaluation of Flexible Pavement in the Av. San Luis, with the purpose to request their timely intervention, selecting the most appropriate technique of maintenance, rehabilitation or reconstruction to the state of the flexible pavement.

According to the Manual developed by Engineer Luis Ricardo Vásquez Varela, the Pavement Condition Index (PCI) method based on ASTM D6433-03; it constitutes the most complete way for the evaluation and objective qualification of pavements, being widely accepted and formally adopted as a standardized procedure, and has been published by the ASTM as a method of analysis and application.

When performing the superficial evaluation of the flexible pavement using the Pavement Condition Index method, it is known that the conservation status of the Av. San Luis is "BAD" with a PCI of 31.17.

Contenido	
INTRODUCCIÓN	8
I. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	9
1.1 Descripción del problema	9
1.2 Formulación del problema.....	14
1.3 Objetivo general	14
1.4 Objetivos específicos	15
1.5 Justificación de la investigación	15
1.6 Viabilidad de la investigación	16
II. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN	16
2.1 Antecedentes Nacionales	16
2.2 Antecedentes Internacionales	18
III. MARCO TEÓRICO	19
3.1 Definición de pavimento.....	19
3.2 Clasificación de pavimentos.....	20
3.3 Pavimentos urbanos flexibles	23
3.4 Fallas en pavimentos urbanos flexibles	25
IV. DEFINICIONES CONCEPTUALES	32
V. HIPÓTESIS	35
VI. VARIABLES: DEPENDIENTE E INDEPENDIENTES	35
VII. OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES (DIMENSIONES E	36
INDICADORES)	36
VIII. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	36
8.1 Tipo de investigación, enfoque y alcance o nivel	36
8.2 Población y muestra	37
8.3 Técnicas e instrumentos de recolección de datos	37
8.4 Técnicas para el procesamiento y análisis de la información	37
IX. RESULTADOS	38
9.1 Desarrollo del método para la evaluación superficial de Pavimentos flexibles	38
9.2 Contrastación y prueba de la hipótesis	65
X. DISCUSIÓN DE RESULTADOS	65
XI. CONCLUSIONES	66
XII. RECOMENDACIONES	67
XIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	68
Bibliografía	68
8. ANEXOS	78

INTRODUCCIÓN

Las vías son elementos esenciales en la sociedad y es muy influyente en la economía del país, por esto es necesario contar con una adecuada planificación en el mantenimiento de las vías para que puedan asegurar la serviciabilidad de las mismas, evitando el deterioro prematuro de las vías en general. Es por esto que debemos tener en cuenta que es muy importante para el Distrito de Virú, que cuente con vías en buen estado, que permita el tránsito confortable entre las diferentes zonas urbanas de nuestra localidad.

Esta tesis es básicamente la aplicación de la metodología PCI, (Índice de Condición del Pavimento), que es la más completa, dentro de los modelos disponibles de Gestión Vial, que consiste en precisar la condición del pavimento a través de un reconocimiento visual, y de esta manera se determina, la cantidad, la severidad, y la clase de fallas en la vía. Durante el recorrido del área de estudio obtenemos información de campo necesaria para aplicar la metodología indicada en el PCI, calculando el índice, cuantificamos el estado en que se encuentra el pavimento en estudio, esto quiere decir que, especifica, en una escala del cero al cien, si la carpeta asfáltica está en estado excelente, muy bueno, bueno, regular, malo, muy malo o fallado.

El proceso de aplicación es de fácil implementación, ya que no requiere de equipos, ni herramientas especializadas para su total desarrollo. En esta oportunidad nuestra área de estudio es la Avenida San Luis, ubicada en el Distrito de Virú.

El presente estudio tiene como finalidad, determinar el índice de condición del pavimento flexible de la Avenida San Luis, ubicada en el Distrito de Virú, para determinar su estado o condición el cual servirá a la entidad edil encargada del mantenimiento de las vías programar una intervención oportuna y no permitir el mayor deterioro del pavimento.

I. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 Descripción del problema

El Perú es un país que presenta un deficiente crecimiento en cuanto a infraestructura vial, siendo este uno de los motivos por el cual un país presenta un retardado crecimiento económico y reducción de índice de pobreza.

El principal problema en el Perú es el insuficiente desarrollo de la infraestructura de transporte la que debiera contribuir a la integración territorial y al desarrollo de las actividades productivas, facilitando el traslado de personas y el intercambio de bienes y servicios, reduciendo costos que mejoren la competitividad en el país.

Muchas de las ciudades del Perú presentan pavimentos en mal estado cuyo proceso de deterioro no es evaluado permanentemente por lo tanto se desconoce el estado de conservación del pavimento, cabe anotar que

La necesidad de mejorar el estado en que se encuentran los pavimentos urbanos, es una preocupación que afecta a todos los ciudadanos en general.

La realidad que se vive es alarmante, pues es imposible tener un viaje seguro y placentero, debido a las innumerables fallas presentes en el pavimento, que lo van deteriorando poco a poco y disminuyendo su serviciabilidad. La solución más evidente a este problema, sería reparar el pavimento dañado y dejarlo en una condición óptima. Para lograrlo es necesario conocer el estado real en el que se encuentra la pista a reparar, para saber exactamente qué técnica aplicar. Además de ello es de suma importancia evaluar el comportamiento de la vía después de la reparación y saber cuándo es necesario darle el mantenimiento correspondiente.

Teniendo en cuenta la importancia de conocer el estado de conservación del pavimento la presente tesis toma como muestra la Avenida san Luis del Distrito de Virú, Provincia de Virú para evaluar el estado de conservación del pavimento mediante el método índice de índice de condición de pavimento.



Fig. 01 –Esquema de ubicación del Distrito de Viru

Fuente: Own Work – Locator Image Maps

La provincia de Virú es una de las doce que conforman el departamento de La Libertad en el Norte del Perú. Limita por el Norte con la provincia de Trujillo; por el Este con la provincia de Julcán y la provincia de Santiago de Chuco; por el Sur con el departamento de Ancash; y, por el Oeste con el océano Pacífico.

La provincia tiene una extensión de 3 214,54 kilómetros cuadrados, que representa el 12,96% del total departamental, siendo la provincia costera de mayor dimensión geográfica. Comprende los valles costeros de los ríos Virú y Chao y la margen derecha del río Santa, siendo éste su límite meridional, además del desierto que los separa. Algunas zonas desérticas se hallan irrigadas por el proyecto Chavimochic mediante la desviación de aguas del río Santa.

La provincia de Virú cuenta con un sistema hidrográfico aprovechable tanto para el consumo humano como para la agricultura. Tres importantes ríos atraviesan sus campos de cultivo además del río Santa, que como pocos de la costa tiene agua

todo el año, por este motivo es empleado para el Proyecto Chincas (provincia de Santa) y para el Proyecto Chavimochic.

Los ríos que permiten la agricultura en los terrenos de cultivo de la provincia de Virú son: Virú, Chao, Huamanzaña y Santa. Los ríos Chao y Huamanzaña antes de desembocar en el mar se unen y forman un solo río.

De los cuatro ríos, el río Santa es el único que tiene agua permanente, registra caudales mínimos de 40 m³/s, en épocas de estiaje hasta 900 m³/seg en épocas de lluvia. Durante el fenómeno de "El Niño" llegó a tener un caudal de 1600 m³/s . El resto de ríos solo conduce aguas en épocas de lluvia en la sierra

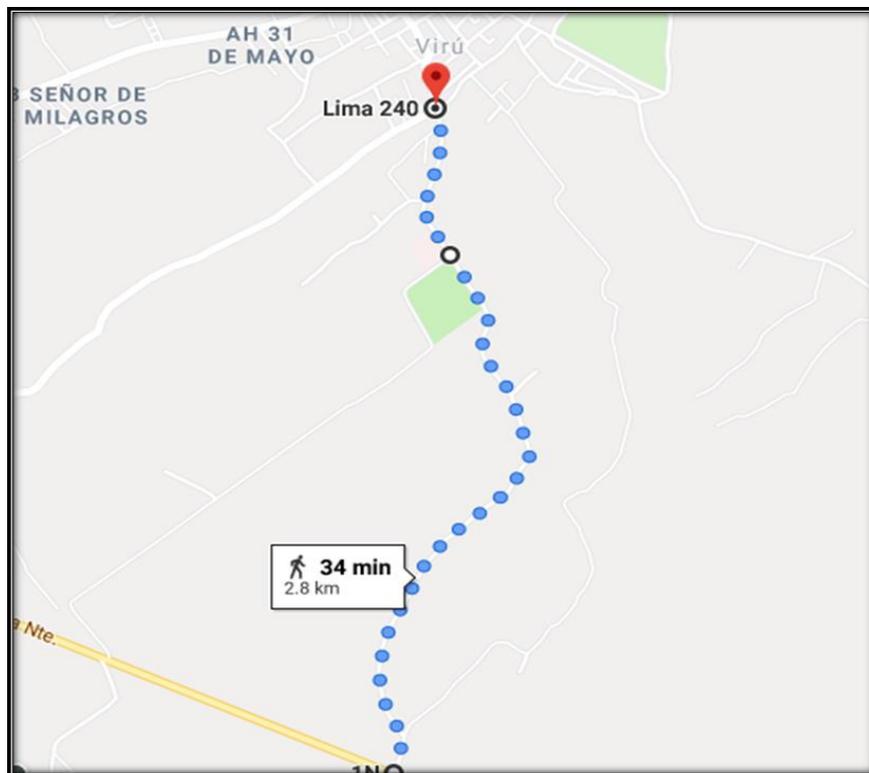


Fig. 02 –Ubicación de la Avenida San Luis



Fig. 03 –Foto Satelital de la Avenida San Luis

La calle San Luis tiene una longitud de 2.8 km tramo entre la Panamericana y la calle La Alegría, consta de 02 carriles, 01 de ida y 01 de regreso, el pavimento presenta diferentes tipos de fallas cuyas causas pueden ser una deficiente evaluación en cuanto a tráfico vehicular lo cual ocasiona que el pavimento reciba una sobrecarga vehicular en el transcurso de su vida útil, falta de mantenimiento, deficiente sistema de drenaje, fallas en el proceso constructivo, etc.

Se realizó la visita a la zona de estudio iniciando el recorrido desde Panamericana, al inicio del trayecto se observa diferentes patologías como piel de cocodrilo, huecos y parches, siendo piel de cocodrilo la patología más predominante.

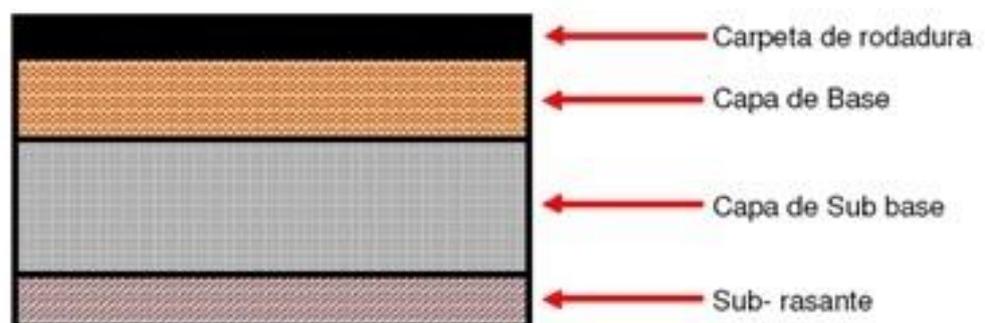
En la zona intermedia del tramo en estudio seguimos encontrando piel de cocodrilo, parches y notable presencia de huecos y desprendimiento de agregado sobre todo en las zonas laterales del pavimento, a medida que avanzamos seguimos presenciando las mismas fallas Se suma a esto la presencia de ahuellamiento y hundimientos en gran parte de la vía.

Son diferentes las causas que conllevan a las fallas a presentarse en el pavimento, estas causas pueden ser un diseño deficiente, uso de materiales no adecuados para su construcción, presencia de pendientes transversales no suficientes para el drenaje de lluvias que conllevan a la formación de depresiones que acumulen líquido y posteriormente se convierta en un problema potencial, sin embargo de todo esto, lo más resaltante es el poco deficiente mantenimiento que se le otorga al pavimento, es decir, no se le presta importancia a que cumpla con las condiciones de servicio mínimas para su correcto desempeño, ocasionando un deterioro prematuro de la capa de rodadura y gastos importantes e innecesarios para posteriores rehabilitaciones que podrían haberse evitado, estas últimas solamente se darían cuando el pavimento presente fallas irreparables y se haya dañado la base o sub base, todo esto afecta de forma muy evidente su vida útil llevándola a su fin.

Es de suma importancia someter a las vías a una evaluación exhaustiva para detectar las diferentes fallas que requieran reparaciones a un nivel superficial, en el caso que no se haya dañado la estructura interior del pavimento, ya que el reparar un pavimento a un nivel estructural requiere mucha mayor inversión.

Las reparaciones que se lleven a cabo deben ser a nivel de conservación, para esto se pueden emplear diferentes tipos de intervención de acuerdo a la falla y diagnóstico para cada tramo.

Existen diferentes métodos para la evaluación de un pavimento a nivel superficial, uno de los más importantes es la aplicación del Índice de Condición del Pavimento, el cual será objeto de aplicación en nuestra tesis, para esto se debe evaluar el estado real en que se encuentra la carpeta de rodadura.



El Índice de Condición del Pavimento (PCI, por sus siglas en inglés) se constituye en la metodología más completa para la evaluación y calificación objetiva de pavimentos, flexibles y rígidos, dentro de los modelos de Gestión Vial disponibles en la actualidad. La metodología es de fácil implementación y no requiere de herramientas especializadas más allá de las que constituyen el sistema. Se presentan la totalidad de los daños incluidos en la formulación original del PCI, pero eventualmente se harán las observaciones de rigor sobre las patologías que no deben ser consideradas debido a su génesis o esencia ajenas a las condiciones locales, dicha evaluación dará como resultados concluyentes al índice como: Fallado, Muy malo, Malo, Regular, bueno, muy bueno, excelente. (Varela R. V., 2006)

Cuadro 1.
RANGOS DE CALIFICACIÓN DEL PCI

Rango	Clasificación
100 – 85	Excelente
85 – 70	Muy Bueno
70 – 55	Bueno
55 – 40	Regular
40 – 25	Malo
25 – 10	Muy Malo
10 – 0	Fallado

Fuente: Manual PC, Varela 2006

1.2 Formulación del problema

¿Cuál es el Índice de condición de Pavimento para el pavimento flexible de la Av. San Luis del distrito de Virú?

1.3 Objetivo general

Calcular el Índice de condición de Pavimento para el pavimento flexible de la Av. San Luis del distrito de Virú.

1.4 Objetivos específicos

- Observar y reconocer las fallas que presenta el pavimento.
- Realizar seccionamiento de la vía en áreas homogéneas.
- Conocer el estado de cada falla.
- Calcular el PCI para cada área homogénea.
- Calcular un PCI general a nivel de todo el pavimento.
- Recomendar el tipo de intervención a realizar que puede ser sobre carpeta, sello superficial o reconstrucción dependiendo del PCI del pavimento.

1.5 Justificación de la investigación

Actualmente es muy importante prolongar la vida útil del pavimento mediante la intervención oportuna de tratamientos adecuados de mantenimiento y rehabilitación.

Hoy en día la conservación y el mejoramiento de la red vial resulta de la necesidad que tienen las autoridades y la sociedad de impulsar el crecimiento y el desarrollo de las diferentes localidades del país. Al contar con mejores vías de comunicación, las regiones, localidades, municipios, departamentos, etc., tendrán mayores posibilidades para integrarse a los mercados, favoreciendo sus ventajas comparativas, lo que contribuirá a fortalecer su productividad y aumentar su capacidad de desarrollo.

Se debe mencionar que las vías son una condición necesaria para el desarrollo económico y social de una región o nación, ya que sirven de enlace en el intercambio de bienes y personas, así como de la cultura, dando con ello origen a las relaciones de producción y a las relaciones sociales necesarias para el progreso.

La presente tesis se desarrolla en el distrito de Virú donde la agricultura y la ganadería es su principal actividad económica, además del turismo, lo cual conlleva a que haya un alto grado de deterioro de sus pavimentos, esto tiene un impacto negativo en la transpirabilidad de sus carreteras, lo que

en consecuencia traerá problemas en la situación económica de su población.

La presente tesis se justifica en la necesidad de dar a conocer la importancia de aplicar una política de prevención que extienda la vida útil del pavimento.

1.6 Viabilidad de la investigación

Se cuenta con recursos humanos, financieros, materiales y de tiempo, además de acceso a la información necesaria para el desarrollo de la tesis, además del nivel académico requerido y se pretende cumplir cada uno de los objetivos planteados sin afectar la viabilidad de esta investigación.

II. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

2.1 Antecedentes Nacionales

- Tesis: (SÓTIL, 2014) realizó la investigación “Propuesta de Sistema de Gestión de Pavimentos para Municipalidades y Gobiernos Locales” para Perú. Publicada en la revista Infraestructura Vial del Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales de la Universidad de Costa Rica (Lanamme UCR)
La ponencia ha presentado una propuesta de Sistema de Gestión de Pavimentos (SGP) para el Perú basado en la metodología del cálculo del PCI según norma ASTM, que servirá para clasificar los pavimentos desde condición Excelente hasta condición Muy Pobre.
- Tesis: (PORTILLO, 2015) presentó la tesis “Evaluación Estructural de Fallas del Pavimento Flexible por el método no destructivo en la carretera puno - llave” de la Universidad Andina Néstor Cáceres

Velásquez. Cuyo objetivo principal es determinar los factores técnicos que produjeron la falla estructural del pavimento flexible por el método no destructivo y para lograrlo utilizaron en primera instancia la metodología PCI, para lo cual determinaron que trabajarían con una longitud de la unidad de muestra sería de 25 m. La investigación llegó a las conclusiones que en la carretera Puno – Ilave, tramo 1 388+000 al 1 391+000, aplicaron el método no destructivo con lo que se determinó un índice de condición de pavimento BUENO, circulación cómoda, con fallas incipientes como: depresiones debidas a pequeñas deformaciones, defectos y/o agrietamientos de la superficie de rodadura. Al presentar una condición BUENO y deflexiones MUY BAJOS dedujeron que no tiene problemas estructurales.

- Tesis: (Risco, 2016) Evaluación superficial del Pavimento Flexible por el Método Pavex Condition Index en las Vías Arteriales: Cincuentenario, Colón y Miguel Grau (Huacho-Huaura -Lima) Esta tesis Tuvo Por objetivo realizar la evaluación superficial del pavimento flexible de las vías mencionadas aplicando el método Pavement Condition Index (PCI), con el fin de conocer la condición del pavimento flexible existente. Al realizar la evaluación superficial del pavimento flexible mediante el método Pavement Condition Index, se conoce que el estado de conservación de la Av. Cincuentenario es “Regular” con un PCI de 51.84, mientras que la Av. Colón y Miguel Grau presenta un estado de conservación “Bueno” con un PCI de 59.29.
- Tesis: (Granda, 2016) Título Gestión y Conservación de Pavimentos Flexibles a través del índice de desempeño PCI, en el Entorno del Distrito de Surquillo – Lima. Esta tesis tuvo por objetivo Generar una política de gestión y conservación de pavimentos del entorno del distrito de surquillo- Lima, a través del parámetro de desempeño el PCI. Y se

logró determinar la condición del pavimento a través del método del Per en el distrito de Surquillo-Lima, y a su vez lograr un plan de gestión con un mantenimiento adecuado y oportuno.

- Tesis: (Enrique, 2014) Título Análisis del estado de conservación del pavimento flexible de la vía de evitamiento norte, utilizando el método del índice de condición de pavimento. Esta tesis tuvo por objetivo Realizar el análisis del estado de conservación del pavimento flexible de la Vía de Evitamiento Norte, utilizando el método índice de condición del pavimento. Concluyendo que el pavimento flexible de la vía de Evitamiento Norte entre el Jr. San Ginez y la Antigua Vía de Evitamiento Norte de la ciudad de Cajamarca en el año 2014, según la evaluación mediante el método del Índice de la condición del Pavimento (PCI) tiene un valor de $PCI = 49$ y en concordancia con la escala de evaluación del PCI, se concluye que el estado actual de dicho pavimento es Regular.

2.2 Antecedentes Internacionales

- TESIS (AVILA, 2014), presentó una tesis denominada “Evaluación de Pavimentos en Base a Métodos No Destructivos y Análisis Inverso de la Vía Chicti – Sevilla de Oro” de la Universidad de Cuenca. Este trabajo analiza la eficiencia de la deflectometría de impacto donde se quiere evaluar la capacidad portante del pavimento y en uno de sus objetivos específicos fue realizar una evaluación del pavimento mediante la aplicación de la metodología PCI. Sus conclusiones al respecto fueron los resultados obtenidos de la evaluación estructural de la vía, dando una idea general de la condición actual. Con lo que se puede concluir que actualmente la vía presenta condiciones aceptables. Sin embargo, mediante la determinación del índice de condición del pavimento (PCI)

se establece la necesidad de realizar mantenimientos rutinarios que van desde el sellado de grietas longitudinales y transversales.

- TESIS (Patricia Cano Osorio, Astrid Buitrago Velandia – 2011) Titulo; “Análisis Comparativo de Metodologías de Auscultación de Pavimentos Flexibles” – Bogota.

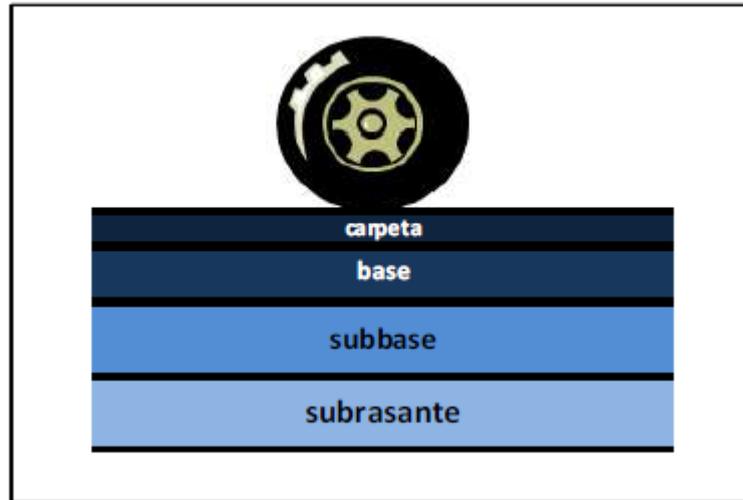
El presente trabajo describe el procedimiento llevado a cabo en la comparación de las dos metodologías de inspección visual que ha implementado el Instituto de Desarrollo Urbano (IDU), en la evaluación, clasificación y calificación de vías de la Ciudad de Bogotá DC, las cuales han sido calibradas para condiciones locales y hacen parte de un estudio de diagnóstico de la malla vial de esta ciudad. Las metodologías objeto del presente estudio corresponden, en primera instancia se tiene la propuesta por el cuerpo de Ingenieros Militares de los Estados Unidos, la cual a través de un trabajo de investigación realizado por una firma consultora de la ciudad de Bogotá, fue calibrada para las condiciones de esta ciudad; la cual será comparada con el análisis propuesto en la metodología de auscultación visual PCI, corresponde a la norma americana ASTM D6433-07, para condiciones locales (Colombia), el Ingeniero Luis Vásquez de la Universidad Nacional de Manizales, ha realizado una calibración y adopción del método.

III. MARCO TEÓRICO

3.1 Definición de pavimento

De acuerdo a la Norma AASHTO (*American Association of State Highway and Transportation Officials*), existen dos puntos de vista para definir un pavimento: el de la Ingeniería y el del usuario.

De acuerdo a la Ingeniería, el pavimento es un elemento estructural que se encuentra apoyado en toda su superficie sobre el terreno de fundación llamado subrasante. Esta capa debe estar preparada para soportar un sistema de capas de espesores diferentes, denominado paquete estructural, diseñado para soportar cargas externas durante un determinado período de tiempo. Ver figura



Desde el punto de vista del usuario, el pavimento es una superficie que debe brindar comodidad y seguridad cuando se transite sobre ella. Debe proporcionar un servicio de calidad, de manera que influya positivamente en el estilo de vida de las personas.

Las diferentes capas de material seleccionado que conforman el paquete estructural, reciben directamente las cargas de tránsito y las transmiten a los estratos inferiores en forma disipada. Es por ello que todo pavimento deberá presentar la resistencia adecuada para soportar los esfuerzos destructivos del tránsito, de la intemperie y del agua, así como abrasiones y punzonamientos (esfuerzos cortantes) producidos por el paso de personas o vehículos, la caída de objetos o la compresión de elementos que se apoyan sobre él.

Otras condiciones necesarias para garantizar el apropiado funcionamiento de un pavimento son el ancho de la vía; el trazo horizontal y vertical definido por el diseño geométrico; y la adherencia adecuada entre el vehículo y el pavimento, aún en condiciones húmedas. (Velásquez, 2009)

3.2 Clasificación de pavimentos

No siempre un pavimento se compone de las capas señaladas en la figura 1.1. La ausencia o reemplazo de una o varias de esas capas depende de diversos factores,

como por ejemplo del soporte de la subrasante, de la clase de material a usarse, de la intensidad de tránsito, entre otros.

Por esta razón, pueden identificarse 3 tipos de pavimentos, que se diferencian principalmente por el paquete estructural que presentan:

a) Pavimento flexible

b) Pavimento rígido

c) Pavimento híbrido

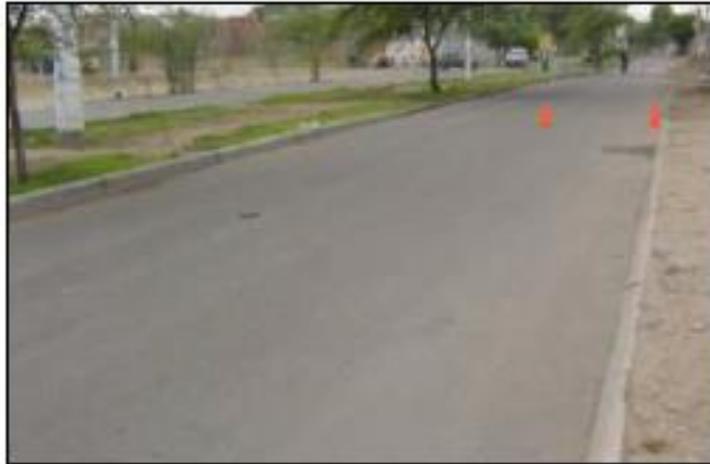
a) Pavimento flexible También llamado pavimento asfáltico, el pavimento flexible está conformado por una carpeta asfáltica en la superficie de rodamiento, la cual permite pequeñas deformaciones en las capas inferiores sin que la estructura falle. Luego, debajo de la carpeta, se encuentran la base granular y la capa de subbase, destinadas a distribuir y transmitir las cargas originadas por el tránsito. Finalmente está la subrasante que sirve de soporte a las capas antes mencionadas. Ver figura 1.2.

El pavimento flexible resulta más económico en su construcción inicial, tiene un período de vida de entre 10 y 15 años, pero tiene la desventaja de requerir mantenimiento periódico para cumplir con su vida útil.

b) Pavimento rígido El pavimento rígido o pavimento hidráulico, se compone de losas de concreto hidráulico que algunas veces presentan acero de refuerzo. Esta losa va sobre la base (o subbase) y ésta sobre la subrasante. Este tipo de pavimentos no permite deformaciones de las capas inferiores. Ver figura 1.2.5

El pavimento rígido tiene un costo inicial más elevado que el pavimento flexible y su período de vida varía entre 20 y 40 años. El mantenimiento que requiere es mínimo y se orienta generalmente al tratamiento de juntas de las losas.

c) Pavimento híbrido Al pavimento híbrido se le conoce también como pavimento mixto, y es una combinación de flexible y rígido. Por ejemplo, cuando se colocan bloquetas de concreto en lugar de la carpeta asfáltica, se tiene un tipo de pavimento híbrido. Ver figura 1.2. El objetivo de este tipo de pavimento es disminuir la velocidad límite de los vehículos, ya que las bloquetas producen una ligera vibración en los autos al circular sobre ellas, lo que obliga al conductor a mantener una velocidad máxima de 60 km/h. Es ideal para zonas urbanas, pues garantiza seguridad y comodidad para los usuarios. (Velásquez, 2009)



Pavimento flexível o asfáltico.



Pavimento rígido o hidráulico.



Pavimento híbrido o mixto.

Fig. 04 –Clases de pavimento

3.3 Pavimentos urbanos flexibles

El trabajo de la presente tesis está referido a pavimentos urbanos flexibles, por lo que se explicará a detalle las capas que lo constituyen y su comportamiento frente a sollicitaciones externas.

Como se vio en el punto 3.2 Clasificación de pavimentos, los pavimentos flexibles están constituidos por las siguientes capas: carpeta asfáltica, base, subbase y subrasante. A continuación, se explica a detalle cada uno de estos elementos.

Carpeta Asfáltica La carpeta asfáltica es la capa que se coloca en la parte superior del paquete estructural, sobre la base, y es la que le proporciona la superficie de rodamiento a la vía.

Cumple la función de impermeabilizar la superficie evitando el ingreso de agua que podría saturar las capas inferiores. También evita la desintegración de las capas subyacentes y contribuye al resto de capas a soportar las cargas y distribuir los esfuerzos (cuando se construye con espesores mayores a 2.5 cm.).

La carpeta es elaborada con material pétreo seleccionado y un aglomerante que es el asfalto. Es de gran importancia conocer el contenido óptimo de asfalto a emplear, para garantizar que la carpeta resista las cargas a la que será sometida. Un exceso de asfalto en la mezcla puede provocar pérdida de estabilidad, e incluso hacer resbalosa la superficie.

Esta capa es la más expuesta al intemperismo y a los efectos abrasivos de los vehículos, por lo que necesita de mantenimientos periódicos para garantizar su adecuada performance.

Base Es la capa de pavimento ubicada debajo de la superficie de rodadura y tiene como función primordial soportar, distribuir y transmitir las cargas a la subbase, que se encuentra en la parte inferior.

La base puede estar constituida principalmente por material granular, como piedra triturada y mezcla natural de agregado y suelo; pero también puede estar conformada con cemento Portland, cal o materiales bituminosos, recibiendo el nombre de base estabilizada. Éstas deben tener la suficiente resistencia para recibir la carga de la superficie y transmitirla hacia los niveles inferiores del paquete estructural.

Sub-base. La sub-base se localiza en la parte inferior de la base, por encima de la subrasante. Es la capa de la estructura de pavimento destinada a soportar, transmitir y distribuir con uniformidad las cargas aplicadas en la carpeta asfáltica. Está conformada por materiales granulares, que le permiten trabajar como una capa de drenaje y controlador de ascensión capilar de agua, evitando fallas producidas por el hinchamiento del agua, causadas por el congelamiento, cuando se tienen bajas temperaturas. Además, la sub-base controla los cambios de volumen y elasticidad del material del terreno de fundación, que serían dañinos para el pavimento.

Subrasante. La subrasante es la capa de terreno que soporta el paquete estructural y que se extiende hasta una profundidad en la cual no influyen las cargas de tránsito.

Esta capa puede estar formada en corte o relleno, dependiendo de las características del suelo encontrado. Una vez compactada, debe tener las propiedades, secciones transversales y pendientes especificadas de la vía.

El espesor del pavimento dependerá en gran parte de la calidad de la subrasante, por lo que ésta debe cumplir con los requisitos de estabilidad, incompresibilidad y resistencia a la expansión y contracción por efectos de la humedad.

El comportamiento estructural de un pavimento frente a cargas externas, varía de acuerdo a las capas que lo constituyen. La principal diferencia entre el comportamiento de pavimentos flexibles y rígidos es la forma cómo se reparten las cargas. Ver figura 1.4.

En un pavimento flexible, la distribución de la carga está determinada por las características del sistema de capas que lo conforman. Las capas de mejor calidad están cerca a la superficie donde las tensiones son mayores, y estas cargas se distribuyen de mayor a menor a medida que se va profundizando hacia los niveles inferiores.

En el caso de pavimentos rígidos, la losa es la capa que asume casi toda la carga. Las capas inferiores a la losa, en términos de resistencia, son despreciables.

En los pavimentos rígidos, las cargas se distribuyen uniformemente debido a la rigidez del concreto, dando como resultado tensiones muy bajas en la subrasante. En cambio, los pavimentos flexibles tienen menor rigidez, por eso se deforma más que el rígido y se producen tensiones mayores en la subrasante. (Velásquez, 2009)

3.4 Fallas en pavimentos urbanos flexibles

Las fallas son el resultado de interacciones complejas de diseño, materiales, construcción, tránsito vehicular y medio ambiente. Estos factores combinados, son la causa del deterioro progresivo del pavimento, situación que se agrava, al no darle un mantenimiento adecuado a la vía.

Existen dos tipos de fallas: estructurales y funcionales. Las primeras, son las que originan un deterioro en el paquete estructural del pavimento, disminuyendo la cohesión de las capas y afectando su comportamiento frente a cargas externas. Las fallas funcionales, en cambio, afectan la transitabilidad, es decir, la calidad aceptable de la superficie de rodadura, la estética de la pista y la seguridad que brinda al usuario.



1. PIEL DE COCODRILO.

Descripción: Las grietas de fatiga o piel de cocodrilo son una serie de grietas interconectadas cuyo origen es la falla por fatiga de la capa de rodadura asfáltica bajo acción repetida de las cargas de tránsito. El agrietamiento se inicia en el fondo de la capa asfáltica (o base estabilizada) donde los esfuerzos y deformaciones unitarias de tensión son mayores bajo la carga de una rueda. Inicialmente, las grietas se propagan a la superficie como una serie de grietas longitudinales paralelas. Después de repetidas cargas de tránsito, las grietas se conectan formando polígonos con ángulos agudos que desarrollan un patrón que se asemeja

a una malla de gallinero o a la piel de cocodrilo. Generalmente, el lado más grande de las piezas no supera los 0.60 m.

El agrietamiento de piel de cocodrilo ocurre únicamente en áreas sujetas a cargas repetidas de tránsito tales como las huellas de las llantas. Por lo tanto, no podría producirse sobre la totalidad de un área a menos que este sujeta a cargas de tránsito en toda su extensión. (Un patrón de grietas producido sobre un área no sujeta a cargas se denomina como “grietas en bloque”, el cual no es un daño debido a la acción de la carga). La piel de cocodrilo se considera como un daño estructural importante y usualmente se presenta acompañado por ahuellamiento.

Niveles de severidad

L (Low: Bajo): Grietas finas capilares y longitudinales que se desarrollan de forma paralela con unas pocas o ninguna interconectadas. Las grietas no están descascaradas, es decir, no presentan rotura del material a lo largo de los lados de la grieta.

M (Medium: Medio): Desarrollo posterior de grietas piel de cocodrilo del nivel L, en un patrón o red de grietas que pueden estar ligeramente descascaradas.

H (High: Alto): Red o patrón de grietas que ha evolucionado de tal forma que las piezas o pedazos están bien definidos y descascarados los bordes. Algunos pedazos pueden moverse bajo el tránsito.

Medida

Se miden en pies cuadrados (o metros cuadrados) de área afectada. La mayor dificultad en la medida de este tipo de daño radica en que, a menudo, dos o tres niveles de severidad coexisten en un área deteriorada. Si estas porciones pueden ser diferenciadas con facilidad, deben medirse y registrarse separadamente. De lo contrario, toda el área deberá ser calificada en el mayor nivel de severidad presente.

Opciones de reparación

L: No se hace nada, sello superficial. Sobrecarpeta.

M: Parcheo parcial o en toda la profundidad (Full Depth). Sobrecarpeta. Reconstrucción.

H: Parcheo parcial o Full Depth. Sobrecarpeta. Reconstrucción.

2. EXUDACIÓN.

Descripción: La exudación es una película de material bituminoso en la superficie del pavimento, la cual forma una superficie brillante, cristalina y reflectora que usualmente llega a ser pegajosa. La exudación es originada por exceso de asfalto en la mezcla, exceso de aplicación de un sellante asfáltico o un bajo contenido de vacíos de aire. Ocurre cuando el asfalto llena los vacíos de la mezcla en medio de altas temperaturas ambientales y entonces se expande en la superficie del pavimento. Debido a que el proceso de exudación no es reversible durante el tiempo frío, el asfalto se acumulará en la superficie.

Niveles de severidad.

L: La exudación ha ocurrido solamente en un grado muy ligero y es detectable únicamente durante unos pocos días del año. El asfalto no se pega a los zapatos o a los vehículos.

M: La exudación ha ocurrido hasta un punto en el cual el asfalto se pega a los zapatos y vehículos únicamente durante unas pocas semanas del año.

H: La exudación ha ocurrido de forma extensa y gran cantidad de asfalto se pega a los zapatos y vehículos al menos durante varias semanas al año.

Medida

Se mide en pies cuadrados (ó metros cuadrados) de área afectada. Si se contabiliza la exudación no deberá contabilizarse el pulimento de agregados.

Opciones de reparación

L: No se hace nada.

M: Se aplica arena / agregados y cilindrado.

H: Se aplica arena / agregados y cilindrado (precalentando si fuera necesario).

3. AGRIETAMIENTO EN BLOQUE.

Descripción: Las grietas en bloque son grietas interconectadas que dividen el pavimento en pedazos aproximadamente rectangulares. Los bloques pueden variar en tamaño de 0.30 m x 0.3 m a 3.0 m x 3.0 m. Las grietas en bloque se originan principalmente por la contracción del concreto asfáltico y los ciclos de temperatura diarios (lo cual origina ciclos diarios de esfuerzo / deformación

unitaria). Las grietas en bloque no están asociadas a cargas e indican que el asfalto se ha endurecido significativamente.

Normalmente ocurre sobre una gran porción del pavimento, pero algunas veces aparecerá únicamente en áreas sin tránsito. Este tipo de daño difiere de la piel de cocodrilo en que este último forma pedazos más pequeños, de muchos lados y con ángulos agudos. También, a diferencia de los bloques, la piel de cocodrilo es originada por cargas repetidas de tránsito y, por lo tanto, se encuentra únicamente en áreas sometidas a cargas vehiculares (por lo menos en su primera etapa).

Niveles de severidad.

L: Bloques definidos por grietas de baja severidad, como se define para grietas longitudinales y transversales.

M: Bloques definidos por grietas de severidad media H: Bloques definidos por grietas de alta severidad.

Medida

Se mide en pies cuadrados (ó metros cuadrados) de área afectada. Generalmente, se presenta un sólo nivel de severidad en una sección de pavimento; sin embargo, cualquier área de la sección de pavimento que tenga diferente nivel de severidad deberá medirse y anotarse separadamente.

Opciones de reparación

L: Sellado de grietas con ancho mayor a 3.0 mm. Riego de sello.

M: Sellado de grietas, reciclado superficial. Escarificado en caliente y sobrecarpeta.

H: Sellado de grietas, reciclado superficial. Escarificado en caliente y sobrecarpeta.

4. ABULTAMIENTOS (BUMPS) Y HUNDIMIENTOS (SAGS).

Descripción: Los abultamientos son pequeños desplazamientos hacia arriba localizados en la superficie del pavimento. Se diferencian de los desplazamientos, pues estos últimos son causados por pavimentos inestables. Los abultamientos, por otra parte, pueden ser causados por varios factores, que incluyen: 1. Levantamiento o combadura de losas de concreto de cemento Pórtland con una sobrecarpeta de concreto asfáltico. 2. Expansión por congelación (crecimiento de lentes de hielo). 3. Infiltración y elevación del material en una grieta en combinación con las cargas del tránsito (algunas veces denominado “tenting”). Los hundimientos son desplazamientos hacia abajo, pequeños y abruptos, de la superficie del pavimento.

Las distorsiones y desplazamientos que ocurren sobre grandes áreas del pavimento, causando grandes o largas depresiones en el mismo, se llaman “ondulaciones” (hinchamiento: swelling).

Niveles de severidad

L: Los abultamientos o hundimientos originan una calidad de tránsito de baja severidad.

M: Los abultamientos o hundimientos originan una calidad de tránsito de severidad media.

H: Los abultamientos o hundimientos originan una calidad de tránsito de severidad alta.

Medida

Se miden en pies lineales (ó metros lineales). Si aparecen en un patrón perpendicular al flujo del tránsito y están espaciadas a menos de 3.0 m, el daño se llama corrugación. Si el abultamiento ocurre en combinación con una grieta, ésta también se registra.

Opciones de reparación

L: No se hace nada.

M: Reciclado en frío. Parcheo profundo o parcial.

H: Reciclado (fresado) en frío. Parcheo profundo o parcial. Sobrecarpeta.

5. CORRUGACIÓN.

Descripción: La corrugación (también llamada “lavadero”) es una serie de cimas y depresiones muy próximas que ocurren a intervalos bastante regulares,

usualmente a menos de 3.0 m. Las cimas son perpendiculares a la dirección del tránsito. Este tipo de daño es usualmente causado por la acción del tránsito combinada con una carpeta o una base inestables. Si los abultamientos ocurren en una serie con menos de 3.0 m de separación entre ellos, cualquiera sea la causa, el daño se denomina corrugación.

Niveles de severidad

L: Corrugaciones producen una calidad de tránsito de baja severidad.

M: Corrugaciones producen una calidad de tránsito de mediana severidad.

H: Corrugaciones producen una calidad de tránsito de alta severidad.

Medida

Se mide en pies cuadrados (ó metros cuadrados) de área afectada.

Opciones de reparación

L: No se hace nada.

M: Reconstrucción.

H: Reconstrucción.

6. DEPRESIÓN.

Descripción: Son áreas localizadas de la superficie del pavimento con niveles ligeramente más bajos que el pavimento a su alrededor. En múltiples ocasiones, las depresiones suaves sólo son visibles después de la lluvia, cuando el agua almacenada forma un “baño de pájaros” (bird bath). En el pavimento seco las depresiones pueden ubicarse gracias a las manchas causadas por el agua almacenada. Las depresiones son formadas por el asentamiento de la subrasante o por una construcción incorrecta. Originan alguna rugosidad y cuando son suficientemente profundas o están llenas de agua pueden causar hidropneumático.

Los hundimientos a diferencia de las depresiones, son las caídas bruscas del nivel.

Niveles de severidad.

Máxima profundidad de la depresión:

L: 13.0 a 25.0 mm.

M: 25.0 a 51.0 mm.

H: Más de 51.0 mm.

Medida

Se mide en pies cuadrados (ó metros cuadrados) del área afectada.

Opciones de reparación

L: No se hace nada.

M: Parcheo superficial, parcial o profundo.

H: Parcheo superficial, parcial o profundo.

7. GRIETA DE BORDE.

Descripción: Las grietas de borde son paralelas y, generalmente, están a una distancia entre 0.30 y 0.60 m del borde exterior del pavimento. Este daño se acelera por las cargas de tránsito y puede originarse por debilitamiento, debido a condiciones climáticas, de la base o de la subrasante próximas al borde del pavimento. El área entre la grieta y el borde del pavimento se clasifica de acuerdo con la forma como se agrieta (a veces tanto que los pedazos pueden removerse).

Niveles de severidad.

L: Agrietamiento bajo o medio sin fragmentación o desprendimiento.

M: Grietas medias con algo de fragmentación y desprendimiento.

H: Considerable fragmentación o desprendimiento a lo largo del borde.

Medida

La grieta de borde se mide en pies lineales (ó metros lineales).

Opciones de reparación

L: No se hace nada. Sellado de grietas con ancho mayor a 3 mm.

M: Sellado de grietas. Parcheo parcial - profundo.

H: Parcheo parcial – profundo.

8. HUECOS.

Descripción: Los huecos son depresiones pequeñas en la superficie del pavimento, usualmente con diámetros menores que 0.90 m y con forma de tazón. Por lo general presentan bordes aguzados y lados verticales en cercanías de la zona superior. El crecimiento de los huecos se acelera por la acumulación de agua dentro del mismo. Los huecos se producen cuando el tráfico arranca pequeños pedazos de la superficie del pavimento. La desintegración del pavimento progresa

debido a mezclas pobres en la superficie, puntos débiles de la base o la subrasante, o porque se ha alcanzado una condición de piel de cocodrilo de severidad alta. Con frecuencia los huecos son daños asociados a la condición de la estructura y no deben confundirse con desprendimiento o meteorización. Cuando los huecos son producidos por piel de cocodrilo de alta severidad deben registrarse como huecos, no como meteorización.

Niveles de severidad

Medida

Los huecos se miden contando aquellos que sean de severidades baja, media y alta, y registrándolos separadamente.

Opciones de reparación

L: No se hace nada. Parcheo parcial o profundo.

M: Parcheo parcial o profundo.

H: Parcheo profundo.

(Varela R. V., 2006)

IV. DEFINICIONES CONCEPTUALES

Definición de falla

La falla estructural implica una degradación de la estructura del pavimento. Se presenta cuando los materiales que conforman la estructura, al ser sometida a repeticiones de carga por acción del tránsito, sufren un agrietamiento estructural relacionado con la deformación o la tensión horizontal por tracción en la base de cada capa, esto se denomina falla por fatiga.

Un factor que influye en el comportamiento de los pavimentos es el tipo de carga que se le aplica y la velocidad con que ello se hace. Los pavimentos están sujetos a cargas móviles, y el hecho que las cargas actuantes sean repetitivas afectan a la resistencia de las capas de pavimento de relativa rigidez, por lo que en el caso de

los pavimentos flexible este efecto se presenta sobre todo en las carpetas y las bases estabilizadas.

Las fallas en los pavimentos flexibles pueden dividirse en tres grupos fundamentales. Fallas por insuficiencia estructural: Se trata de pavimentos construidos con materiales inapropiados en cuanto a resistencia o con materiales de buena calidad. (Sánchez Campero, 1996)

Índice Medio Diario

Es el volumen de tránsito promedio ocurrido en un período de 24 horas promedio del año. (Ministerio de Transportes, 2018).

Los aspectos que se han de considerarse son: tránsito. Conteo de tráfico histórico y actuales, carga y presión de inflado, número de repeticiones de las cargas, radio de influencia de las cargas, configuración de ejes y llantas, distribución transversal del tráfico, velocidad y frenado de los vehículos, Estadísticas de sobre cargas de los vehículos.

Con toda esta información se analiza la estructura dándonos la posibilidad de adquirir un adecuado nivel de entendimiento sobre el comportamiento del pavimento existente, se emiten los primeros diagnósticos de situación.

Todo esto puede influenciar a una falla por fatiga, es por esta razón que todos estos elementos se tienen que considerar; y analizar los patrones de influencia en la falla por fatiga. (Ministerio de transportes, 2013)

Clasificación por tipo de vehículo

Categoría L: Vehículos automotores con menos de cuatro ruedas.

- L1: Vehículos de dos ruedas, de hasta 50 cm³ y velocidad máxima de 50 km/h.
- L2: Vehículos de tres ruedas, de hasta 50 cm³ y velocidad máxima de 50 km/h.

- L3: Vehículos de dos ruedas, de más de 50 cm³ o velocidad mayor a 50 km/h.

L4: Vehículos de tres ruedas asimétricas al eje longitudinal del vehículo, de más de 50 cm³ ó una velocidad mayor de 50 km/h.

- L5: Vehículos de tres ruedas simétricas al eje longitudinal del vehículo, de más de 50 cm³ ó velocidad mayor a 50 km/h y cuyo peso bruto vehicular no exceda de una tonelada.

Categoría M: Vehículos automotores de cuatro ruedas o más diseñados y contruidos para el transporte de pasajeros.

- M1: Vehículos de ocho asientos o menos, sin contar el asiento del conductor.
- M2: Vehículos de más de ocho asientos, sin contar el asiento del conductor y peso bruto vehicular de 5 toneladas o menos.
- M3: Vehículos de más de ocho asientos, sin contar el asiento del conductor y peso bruto vehicular de más de 5 toneladas.

Los vehículos de las categorías M2 y M3, a su vez de acuerdo a la disposición de los pasajeros se clasifican en:

Clase I: Vehículos contruidos con áreas para pasajeros de pie permitiendo el desplazamiento frecuente de éstos.

Clase II: Vehículos contruidos principalmente para el transporte de pasajeros sentados y, también diseñados para permitir el transporte de pasajeros de pie en el pasadizo y/o en un área que no excede el espacio provisto para dos asientos dobles.

Clase III: Vehículos contruidos exclusivamente para el transporte de pasajeros sentados.

Categoría N: Vehículos automotores de cuatro ruedas o más diseñados y contruidos para el transporte de mercancía.

- N1: Vehículos de peso bruto vehicular de 3.5 toneladas o menos.
- N2: Vehículos de peso bruto vehicular mayor a 3.5 toneladas hasta 12 toneladas.
- N3: Vehículos de peso bruto vehicular mayor a 12 toneladas.

Categoría O: Remolques (incluidos semirremolques).

- O1: Remolques de peso bruto vehicular de 0.75 toneladas o menos.

- O2: Remolques de peso bruto vehicular de más 0.75 toneladas hasta 3.5 toneladas.
- O3: Remolques de peso bruto vehicular de más de 3.5 toneladas hasta 10 toneladas.
- O4: Remolques de peso bruto vehicular de más de 10 toneladas.

Categoría S : Adicionalmente, los vehículos de las categorías M, N u O para el transporte de pasajeros o mercancías que realizan una función específica, para la cual requieren carrocerías y/o equipos especiales, se clasifican en:

- SA : Casas rodantes
- SB : Vehículos blindados para el transporte de valores
- SC : Ambulancias
- SD : Vehículos funerarios

Los símbolos SA, SB, SC y SD deben ser combinados con el símbolo de la categoría a la que pertenece, por ejemplo: Un vehículo de la categoría N1 convertido en ambulancia será designado como N1SC.

Los tipos de vehículos indicados pueden variar, y por tanto para el diseño debe emplearse, los aprobados en el Reglamento Nacional de Vehículos vigente. (Ministerio de transportes, 2013)

V. HIPÓTESIS

El pavimento flexible de la Av. San Luis Distrito de Piura, La Libertad, según el análisis del estado de conservación aplicando el método PCI, se encuentra en estado de conservación Malo.

VI. VARIABLES: DEPENDIENTE E INDEPENDIENTES

x1 = Método PCI.

y1 = Estado de conservación del pavimento .

VII. OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES (DIMENSIONES E INDICADORES)

VARIABLE	DEFINICION CONCEPTUAL	DIMENSIONES	INDICADORES
Situación actual del pavimento	Situación cualitativa de un pavimento.	Condición: 0 Falla y 100 excelente estado.	Rangos de calificación del PCI.
Fallas	Patologías en el pavimento.	Tipo de falla.	Las 19 fallas consideradas en el método del PCI.
Gravedad de la falla	Nivel daño de cada falla.	m2, cm2	Alto, Medio, Bajo.

VIII. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

8.1 Tipo de investigación, enfoque y alcance o nivel

8.1.1. Por el Propósito

Investigación Aplicada: Debido a que utiliza conocimientos adquiridos que dependen de los resultados y avances aplicados de un marco teórico.

8.1.2. Por la clase de medios utilizados para obtener los datos

Investigación de Campo: Se apoya en informaciones provenientes de entrevistas, noticieros e investigaciones, realizados para este estudio.

8.1.3. Por el nivel de conocimientos que se adquieren

Investigación Descriptiva y correlacional: Debido a que no altera la realidad solo la detalla y relaciona ambas variables.

8.2 Población y muestra

La población tomada para la presente investigación son todas las vías y prolongaciones correspondientes al Distrito de Virú.

La muestra de estudio es la Av. San Luis del Distrito de Virú.

8.3 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Para el desarrollo de la investigación se utilizó como técnica la evaluación inicial mediante auscultación que consiste en un recorrido personal y vehicular, para finalmente realizar una a evaluación detallada que empleó la recolección de datos a través un formato de evaluación para la variable dependiente acerca de la metodología de aplicación del PCI, luego de esto se procede a identificarlos, clasificarlos y efectuar su análisis correspondiente cuyo resultado es el índice de condición de Pavimento.

8.4 Técnicas para el procesamiento y análisis de la información

El procesamiento para la ejecución del caso en estudio se realizó a través de una hoja de cálculo elaborada bajo los procedimientos de la metodología PCI y el análisis se presentará a través de gráficos de barras de datos que se tomarán de la medición de las fallas levantadas en campo.

Para el procesamiento de los datos obtenidos se utilizarán los siguientes programas:

*Hoja de Excel: Procesamiento de datos numéricos.

IX. RESULTADOS

9.1 Desarrollo del método para la evaluación superficial de Pavimentos flexibles

El método del PCI consta de una serie de pasos, ordenados sistemática y secuencialmente, lo cuales requieren de criterio de parte del investigador para su adecuada aplicación. Esta metodología es de fácil implementación y no requiere de instrumentaria especializada más allá de las que son de rápida adquisición y se encuentran al alcance de un usuario estándar.

Teniendo en cuenta la información con la que contamos, hemos optado por seguir el manual de aplicación de PCI elaborado por el Ing. Luis Varela, el cual ha sido estructurado en base a la norma ASTM D5340.

Unidades de Muestreo:

Se establecen secciones que se denominan unidades de muestreo, cuya área debe estar en el intervalo de $230 \pm 93 \text{ m}^2$, esta condición es únicamente para pavimentos asfálticos (Varela R. V., 2006).

Para nuestro proyecto hemos optado por tomar secciones de hasta 30 m de longitud, teniendo en cuenta que el ancho de la Vía no es constante, hemos creído conveniente emplear el Plano Catastral de la ciudad de Viru.

Esta área según (Varela R. V., 2006). Carreteras con capa de rodadura asfáltica y ancho menor que 7.30 m: El área de la unidad de muestreo debe estar en el rango $230.0 \pm 93.0 \text{ m}^2$. En el cuadro se presentan algunas relaciones longitud – ancho de calzada pavimentada. Debe encontrarse en un rango entre $230 \pm 93 \text{ m}^2$.

LONGITUDES DE UNIDADES DE MUESTREO ASFÁLTICAS	
Ancho de calzada (m)	Longitud de la unidad de muestreo (m)
5.0	46.0
5.5	41.8
6.0	38.3
6.5	35.4
7.3 (máximo)	31.5

Fig. 05 – Longitudes de unidades de muestreo asfálticas

Finalmente se sabe que la carretera tiene una longitud total de 2800.00 m, entonces se tiene lo siguiente:

$$\frac{2800}{38} = 73.68$$

Redondeamos a 74 Unidades de muestra totales o secciones, las cuales serán empleadas en el pavimento siendo 74 unidades de 38 metros de longitud y 1 de 26.00m.

Determinación de las unidades de muestreo para la evaluación:

El número de unidades de muestreo debe evaluarse mediante la siguiente fórmula:

$$n = \frac{Nx\sigma^2}{\frac{e^2}{4}x(N-1) + \sigma^2}$$

Fig. 06 – fórmula número de unidades de muestreo

Fuente: (Varela R. V., 2006)

Dónde:

n= Número de unidades de muestreo a evaluar

N= Número total de unidades de muestreo en la sección del pavimento.

e= error admisible en el estimativo del PCI de la sección (e=5%)

σ= Desviación estándar del PCI entre las unidades.

El manual recomienda utilizar un valor para “σ” igual a 10 por tratarse de pavimento flexible (asfáltico), sin embargo, en las evaluaciones posteriores, se sugiere utilizar el valor de la desviación estándar real.

Luego:

$$n = \frac{74 \times 10^2}{\frac{5^2}{4} \times (74 - 1) + 10^2}$$

$$n = 13,30$$

Finalmente redondeamos a 13 el número de unidades de muestreo para la evaluación.

Selección de las unidades de muestreo para la inspección:

El manual recomienda que las unidades elegidas, estén igualmente espaciadas a lo largo de toda la sección del pavimento y que la primera de ellas se elija al azar (Valera R, V 2006)

$$i = \frac{N}{n}$$

Luego:

$$i = \frac{74}{13}$$

$$i = 5.69$$

Finalmente “i” se redondea a 5

Entonces el intervalo de elección para las unidades de muestreo es cada 6 Unidades, y el inicio se elige al azar.

EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN:

Identificación y clasificación de las fallas:

Sección de muestreo: UM-I01

CROQUIS DE FALLAS



Imagen 07 – Croquis de la sección UM-I01
Fuente: Propia

Lo primero que se realiza es el croquis con la ubicación de las diferentes fallas detectadas e identificadas en la sección de muestreo.



Imagen 08 – Localización de la falla
Fuente: Propia

Lo que viene después, es la acción de catalogar y determinar su severidad, por ejemplo, si se trata de una falla de severidad alta, media o baja.

En la imagen 08, se muestra la localización de una falla de piel de cocodrilo, y como se puede apreciar, la intensidad con la que se ha dado podría decirse que es alta, puesto que las grietas han evolucionado de tal forma que las piezas o pedazos están bien definidos y descascarados los bordes. (Varela R. V., 2006)



Imagen 09 – Localización de la falla
Fuente: Propia

En la imagen 09, podemos apreciar la localización de la segunda falla, esta falla de acuerdo al Manual de PCI se identifica como Meteorización/Desprendimiento de agregados y su nivel de severidad es medio pues como se puede apreciar se ha perdido los agregados y el ligante.



Imagen 10 – Localización de la falla
Fuente: Propia

En la imagen 10, se puede apreciar la localización y detalle de la falla que de acuerdo al manual del PCI la podemos catalogar también como desprendimiento de agregado, lo que corresponde al orden N° 19 del manual y con una severidad media.



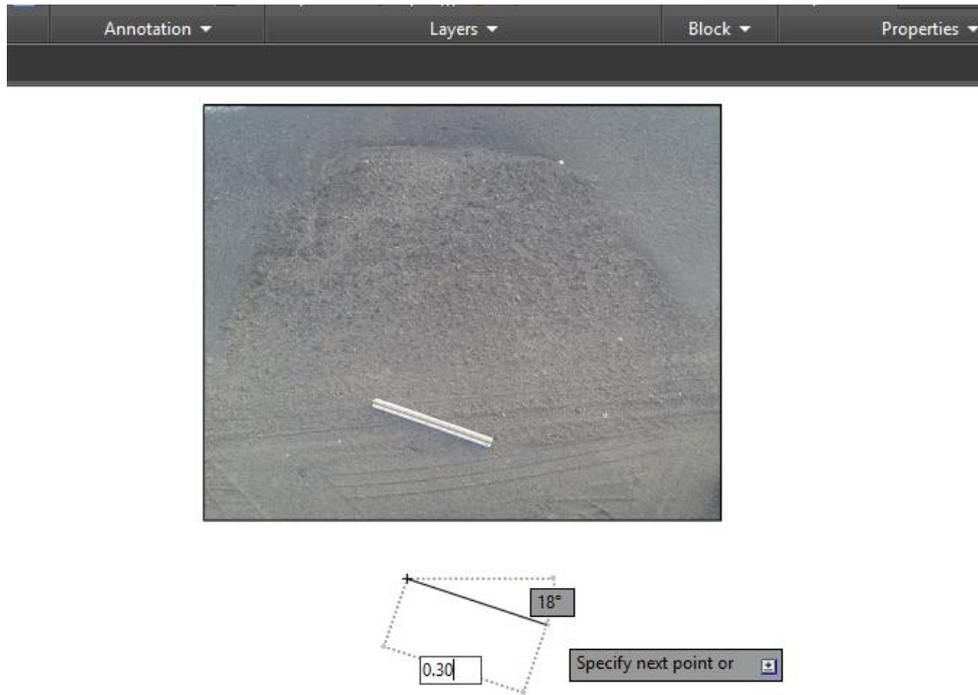
Imagen 11 – Toma de medidas
Fuente: Propia

Para la toma de medidas de las dimensiones de las fallas mostradas con anterioridad se empleó un distanciómetro digital, en este caso, la falla de la imagen 10, tiene una longitud de 12.003 m.



Imagen 12 – Falla por meteorización UM-I04
Fuente: Propia

Para casos que no se puede tomar la medida de manera directa por tratarse de formas irregulares en geometría, se procedió a tomar registro fotográfico junto a un escalímetro de 30 cm de longitud, para luego mediante el software AutoCAD Civil 3D, ajustarlo y determinar el área correspondiente.



Se traza una línea de 30 cm en el sentido con el cual está ubicado el escalímetro, para posteriormente alinearlos mediante el comando ALIGN, tomando la imagen de este entre cada extremo y orientándola cuidadosamente.



Imagen 13 – Escalado de imagen

Fuente: Propia

Finalmente se establece el auto escalado de la imagen correspondiente al escalímetro, el cual termina ajustándose a los 0.30m de longitud de la línea.

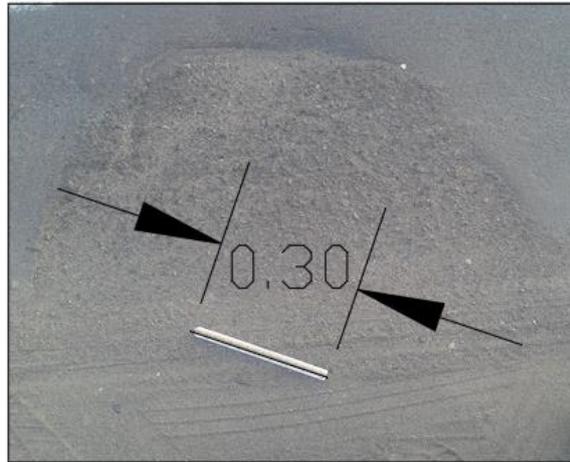
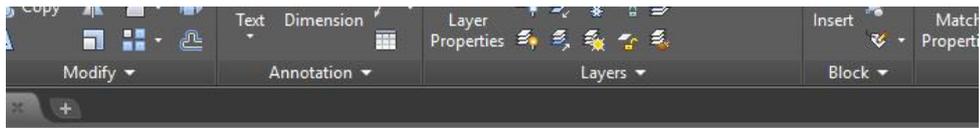
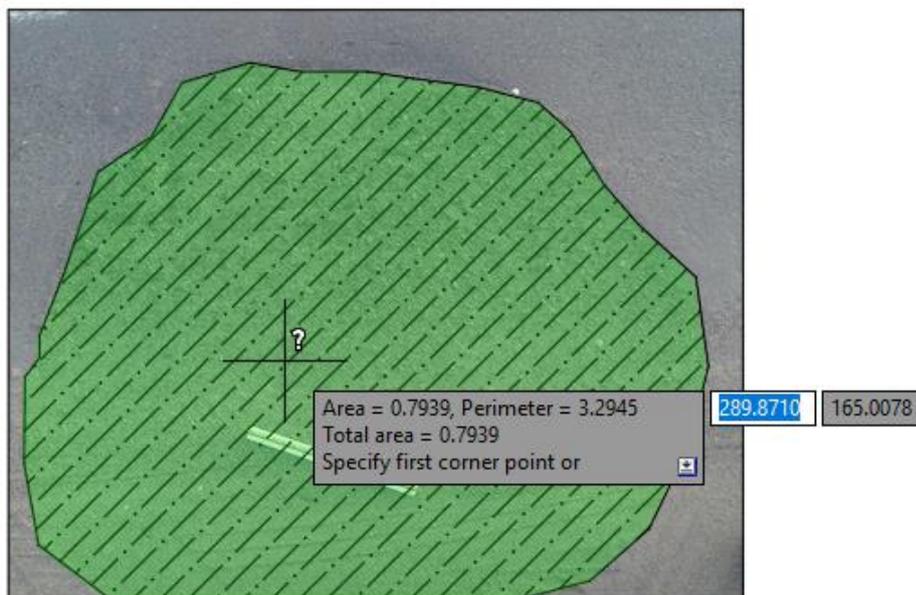


Imagen 14– Escalado de imagen
Fuente: Propia

Finalmente se tiene la foto escalada correctamente, cumpliendo con la medida de 0.30 m que tiene el escalímetro, esto nos permitirá delimitar la región de la falla y determinar el área correspondiente.



Para terminar, mediante el comando AREA de AutoCAD CIVIL, se determina el área de la región correspondiente a la falla en cuestión, este valor es necesario para determinar la densidad de la falla, parámetro que evaluaremos más adelante. Siguiendo la metodología descrita anteriormente, se evaluaron y catalogaron las fallas para las unidades de muestreo restantes.

Lo siguiente es determinar una a una las áreas de las secciones, ya que se trata de una avenida cuya sección de pavimento es variable a lo largo de toda la calle, el área para la UM -01 es de 220.4 m².

ÁREAS DE LAS MUESTRAS A EVALUAR					
ITEM	PROGRESIVA INICIAL	PROGRESIVA FINAL	SECCIÓN		ÁREA
1	0 + 000	0 + 038	UM	1	220.4
2	0 + 228	0 + 266	UM	7	230.63
3	0 + 456	0 + 494	UM	13	228.97
4	0 + 684	0 + 722	UM	19	284.32
5	0 + 912	0 + 950	UM	25	233.31
6	1+ 140	1 + 178	UM	31	267.13
7	1+ 368	1 + 406	UM	37	259.99
8	1+ 596	1 + 634	UM	43	255.32
9	1+ 824	1 + 862	UM	49	248.92
10	2+ 52	2 + 90	UM	55	277.20
11	2+ 280	2 + 318	UM	61	236.4
12	2+ 508	2 + 546	UM	67	221.21
13	2+ 736	2 + 774	UM	73	219.47

Imagen 15– CUADRO RESUMEN ÁREAS

Fuente: Propia

Finalmente elaboramos bajo el mismo método un cuadro resumen de todas las áreas de las secciones de muestreo a evaluar, todo esto con la finalidad de obtener resultados mucho más precisos en cuanto a la densidad de las fallas, este parámetro es de mucha importancia en la determinación de los valores de PCI.

Ordenamiento e ingreso de datos en las fichas:

Nº	Descripción	Unidad
1	Piel de cocodrilo	m2
2	Exudación	m2
3	Agrietamiento en bloque	m2
4	Abultamientos y hundimientos	m
5	Corrugación	m2
6	Depresión	m2
7	Grieta de borde	m
8	Grieta de reflexión de junta	m
9	Desnivel carril/berma	m
10	Grietas longitudinal y transv.	m

Imagen 16– CUADRO RESUMEN FALLAS

Fuente: (Varela R. V., 2006)

En la imagen superior se hace un resumen de las fallas contempladas en el manual con la finalidad de solamente ingresar el número o código referente y no reescribir el nombre de manera reiterada o repetitiva, de esta forma conservaremos orden al momento de llenar las fichas.

INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO (PCI)									
ASTM 6433-99									
Via:	Av. San Luis	Prog. Inicial:	0+000	Unidad de muestreo:	UM-01				
Fecha:	10/02/20	Prog. Final:	0+038	Area de muestreo (m ²):	220.4	Resp.:	Antony Castillo		
Tipos de Fallas									
Nº	Descripción	Und		Nº	Descripción	Und			
1	Piel de cocodrilo	m ²		11	Parcheo	m ²			
2	Exudación	m ²		12	Pulimento de agregados	m ²			
3	Agrietamiento en bloque	m ²		13	Huecos	Nº			
4	Abultamientos y hundimientos	m		14	Cruce de vía férrea	m ²			
5	Corrugación	m ²		15	Ahuellamiento	m ²			
6	Depresión	m ²		16	Desplazamiento	m ²			
7	Grieta de borde	m		17	Grieta parabolica (Slippage)	m ²			
8	Grieta de reflexión de junta	m		18	Hinchamiento	m ²			
9	Desnivel carril/berma	m		19	Desprendimiento de agregados	m ²			
10	Grietas longitudinal y transv.	m							

Imagen 17– ENCABEZADO DE FICHA PCI

Fuente: (Varela R. V., 2006)

Se procede a llenar el encabezado de la ficha correspondiente a la unidad de muestreo UM-01, en la cual se coloca el nombre de la vía o Av. En estudio, el nombre de los responsables a cargo, el código de la unidad de muestreo, la fecha correspondiente a la toma de datos, la progresiva en la que se encuentra la muestra, el área correspondiente y finalmente el ancho de la vía (si este fuese constante).

FALLA	SEVERIDAD	CANTIDAD						TOTAL
19	M	36	52.4					88.4
10	M	6.1						6.1

Imagen 18– Tipos de fallas existentes

Fuente: Autoría Propia

De forma consecuente procedemos a ingresar en la ficha las fallas catalogadas con anterioridad y las cantidades parciales, en este caso áreas y longitud, para cada patología según corresponda en el recuadro sugerido, no obstante, se nos pide también determinar la densidad y el Valor deducido para cada una de ellas.

Cálculo de la densidad:

$$d = \frac{At}{Am}$$

Dónde:

At= Área total de la falla correspondiente

Am= Área de la muestra en estudio

Luego:

Para la Falla N° 19

$$d = \frac{88.4}{220.4}$$

$$d = 40.1$$

Para la Falla N° 10

$$d = \frac{6.1}{220.4}$$

$$d = 2.76$$

FALLA	SEVERIDAD	CANTIDAD						TOTAL	DENSIDAD
19	M	36	52.4					88.4	40.109
10	M	6.1						6.1	2.768

Imagen 19 – Densidad
Fuente: Autoría Propia

Luego se ingresan los valores calculados en recuadro correspondiente a densidad, lo que viene después es la determinación de los valores deducidos, para esta parte se hará uso de lo ábacos indicados en el anexo del Manual PCI, cada una de las fallas contrasta la densidad con el Valor Deducido.

Cálculo de los valores deducidos: etapa 1

En esta etapa totalizamos cada tipo y nivel de severidad de daño registrado en la ficha, tal como se muestra en la Imagen 19, y procedemos al empleo de ábacos que han sido diseñados para cada tipo de daño y su nivel de severidad, los cuales se han adjuntado de manera ordenada al final del manual de aplicación del PCI, esto es de acuerdo con el tipo de pavimento inspeccionado, a continuación veremos de forma detallada la aplicación de estos documentos para determinar los valores deducidos correspondientes.

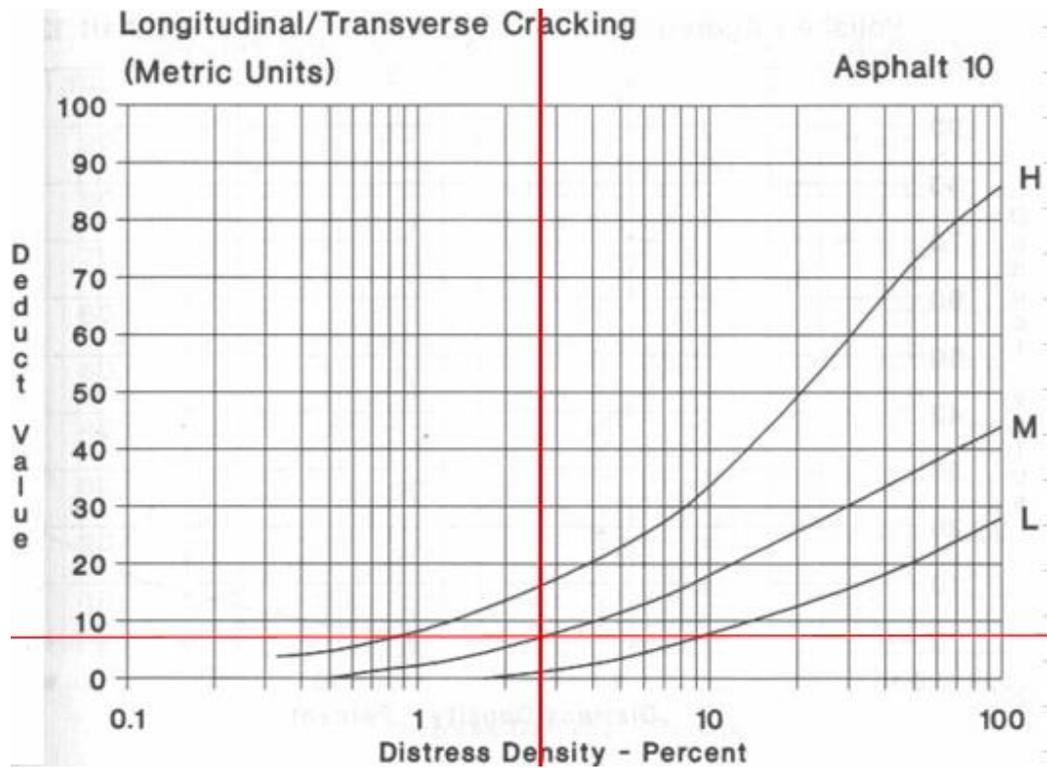


Imagen 20 – Valor deducido Falla N° 10
Fuente: Autoría Propia

Se determina el valor deducido para la falla N°10 contrastando la densidad con el nivel de severidad de ésta, mediante el ábaco correspondiente, para así obtener del lado izquierdo en el eje de las ordenadas, el valor correspondiente a DV. Luego aproximando resultados se tiene un valor de 8 para el DV de la falla.

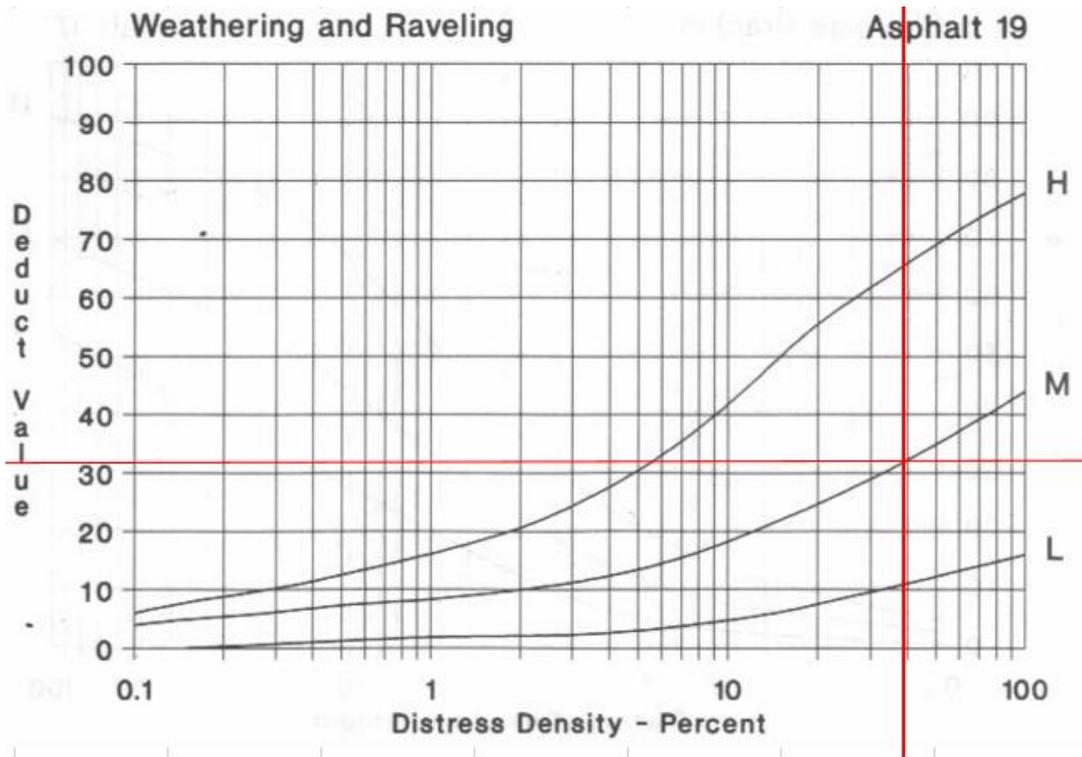


Imagen 21 – Valor deducido Falla N° 19
Fuente: Autoría Propia

Bajo el mismo criterio se determina el Valor deducido para la Falla N°19, contrastando el valor de la densidad con la severidad de la falla, de esta forma obtenemos el valor de 33 aproximando resultados.

Tipos de falla existentes									
FALLA	SEVERIDAD	CANTIDAD					TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO
10	M	36	52.4				88.4	40.109	33
10	M	6.1					6.1	2.768	8

Imagen 22 – Valor deducido Falla N° 19

Fuente: Autoría Propia

Después de hallar los valores Deducidos, procedemos a anotarlos en el recuadro correspondiente, tal como se muestra en la Imagen 22, lo hemos colocado en la parte inferior el total de valores deducidos.

Con esto culminamos con la etapa 1, de acuerdo al manual de aplicación de PCI.

Cálculo del número máximo Admisible de valores deducidos: etapa 2

De acuerdo con el punto 2.a, del manual PCI, se considera que, si ninguno o tan solo uno de los “Valores deducidos” es mayor que 2, entonces usaremos el “Valor deducido total” en lugar del mayor “valor deducido corregido” CDV obtenido más adelante en la etapa 4.

Para hallar el máximo número de valores deducidos emplearemos la fórmula adjunta en la sección 2.c del manual PCI:

$$m_i = 1.00 + \frac{9}{98} (100 - DHV_i)$$

Fórmula 01 – Carreteras pavimentadas

Fuente: (Varela R. V., 2006)

Donde:

M_i= Número máximo admisible de valores deducidos, incluyendo fracción

HDV= El mayor valor deducido individual para la unidad de muestreo i.

Luego:

$$mi = 1.00 + \frac{9}{98}(100 - 33)$$
$$mi = 7.15$$

Finalmente, el máximo número admisible de valores deducidos es 7.00 redondeando.

Cálculo del Máximo valor deducido corregido:

Para esta etapa debemos hallar el número de valores deducidos, q, mayores que 2.00, determinar el valor deducido total, sumando todos los valores deducidos individuales (Varela R. V., 2006)

Número de valores deducidos > 2 (q): **2**
Valor deducido más alto (HV Di): **33.00**
Número máximo de valores deducidos (mi): **7.15**

Imagen 23 – Resumen
Fuente: Autoria Propia

Nº	VALORES DEDUCIDOS		VDT	q	VDC
1	33	8	41	2	
2	33	8	41	1	

Imagen 24 – VALOR DEDUCIDO CORREGIDO
Fuente: Autoria Propia

En la ficha colocamos y ordenamos los valores deducidos de tal forma que el mayor de ellos sea colocado primero y así de manera secuencial, todos los

restantes, que en este caso es uno. El valor q es inverso al número de valores deducidos.

N°	VALORES DEDUCIDOS		VDT	q
1	33	8	41	2
2	33	2	35	1

Imagen 25 – VDC
Fuente: Autoria Propia

En esta etapa procedemos a reemplazar el menor de los valores deducidos para $q=2$ por el número 2, de esta forma obtenemos un VDT diferente para cada valor de q, todo esto se realiza siguiendo las recomendaciones anotadas en el inciso 3.d del manual de aplicación de PCI.

Con el VDT total para cada uno de Valores deducidos, se encuentran los valores deducidos corregidos empleando el ábaco adjunto al final del Manual de aplicación de PCI.

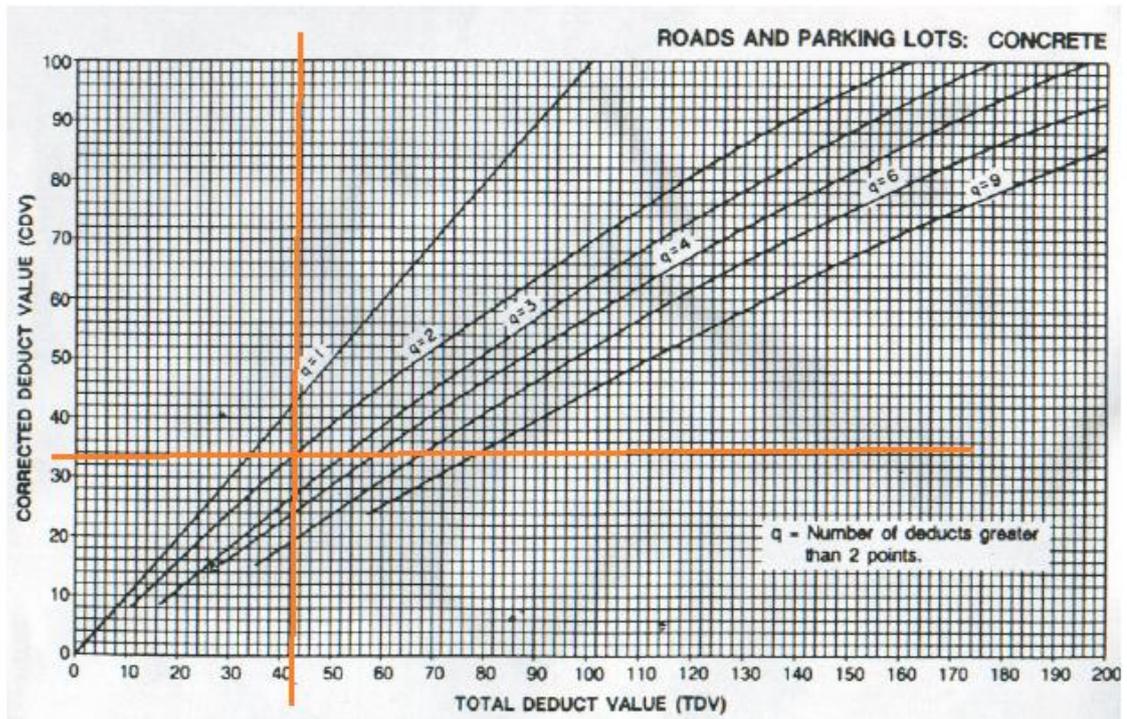


Imagen 26 – Abáco TDV
Fuente: Autoria Propia

Procedemos a encontrar el TDV o valor deducido corregido para $q = 2$ y VDT 41, empleando el ábaco Roads and Parking Lots: Asphalt, adjunto, encontrando un valor aproximado de 33.

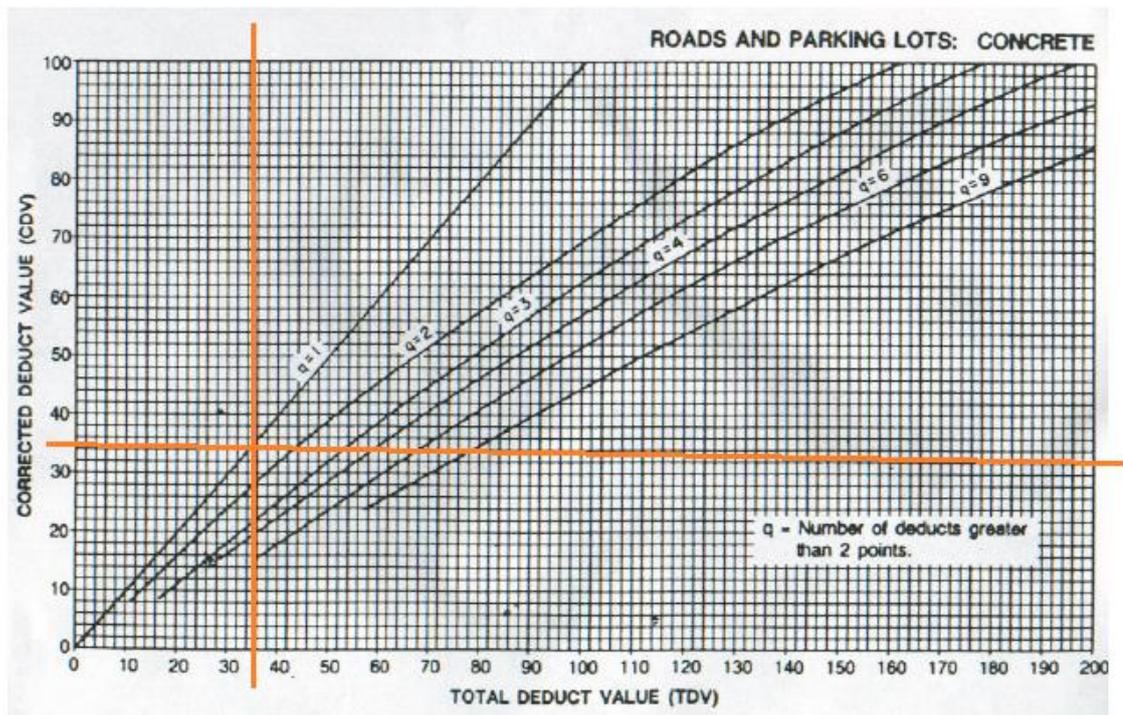


Imagen 27 – Abáco TDV
Fuente: Autoria Propia

Empleando el mismo criterio, procedemos a hallar el CDV para $q = 1$ y $VDT = 35$, encontrando un valor de 35, aproximadamente.

Después de hallar este valor procedemos a anotar cada resultado en la ficha correspondiente, y en el recuadro asignado.

N°	VALORES DEDUCIDOS		VDT	q	VDC
1	33	8	41	2	33
2	33	2	35	1	35

Imagen 28 – Max Valor deducido corregido
Fuente: Autoria Propia

A continuación, de los Valores deducidos encontrados se extrae el de mayor valor numérico, quedando para este caso de nuestra unidad de muestra UM-01 el 35, este dato es indispensable para el cálculo del PCI, individual de la muestra mediante la siguiente fórmula:

$$PCI = 100 - (\text{Máx. VDC o Total VD})$$

Luego:

$$PCI = 100 - 35$$

$$PCI = 65$$

Sin embargo, no acaba ahí, se debe establecer el nivel de condición en el que se encuentra esta muestra en función al valor PCI obtenido.

Cuadro 1.
RANGOS DE CALIFICACIÓN DEL PCI

Rango	Clasificación
100 – 85	Excelente
85 – 70	Muy Bueno
70 – 55	Bueno
55 – 40	Regular
40 – 25	Malo
25 – 10	Muy Malo
10 – 0	Fallado

Cuadro 01

Fuente: (Varela R. V., 2006)

De acuerdo al Cuadro 01, perteneciente al manual de aplicación del PCI, podemos decir que el PCI=65 de la muestra UM-01 se encuentra en el rango entre 70 – 55, que lo califica como BUENO.

Cabe resaltar que se han incluido 03 muestras adicionales y se anexarán a nuestro informe.

MUESTRAS ADICIONALES	PROGRESIVA INICIAL	PROGRESIVA FINAL	AREA
UMA-01	0 + 76	0 + 114	235.1
UMA-02	0 + 342	0 + 380	258.9
UMA-03	1 + 178	1 + 216	231.56

DENSIDAD DE FALLAS				
F1	Piel de cocodrilo		6.4%	Presenta
F2	Exudación		0.0%	No Presenta
F3	Agrietamiento en bloque		1.5%	Presenta
F4	Abultamientos y hundimientos		0.0%	No Presenta
F5	Corrugación		0.0%	No Presenta
F6	Depresión		0.0%	No Presenta
F7	Grieta de borde		0.0%	No Presenta
F8	Grieta de reflexión de junta		0.0%	No Presenta
F9	Desnivel carril/berma		0.0%	No Presenta
F10	Grietas longitudinal y transv.		0.1%	Presenta
F11	Parcheo		1.7%	Presenta
F12	Pulimento de agregados		0.0%	No Presenta
F13	Huecos		0.6%	Presenta
F14	Cruce de vía férrea		0.0%	No Presenta
F15	Ahuellamiento		0.0%	No Presenta
F16	Desplazamiento		0.0%	No Presenta
F17	Grieta parabolica (Slippage)		0.0%	No Presenta
F18	Hinchamiento		0.0%	No Presenta
F19	Desprendimiento de agregados		17.8%	Presenta
			28.2%	

Imagen 29 – Resumen de las fallas en Muestras
Fuente: Autoria Propia

Realizamos un resumen porcentual de las fallas catalogadas en la sección del pavimento que estamos evaluando y catalogamos cuales de todas las fallas Presenta y no presenta, no obstante, este porcentaje es función al área total de la sección del pavimento en análisis; cabe resaltar que la falla que en mayor medida se presenta es la de desprendimiento de agregados, que ocupa un 17.8 % de la totalidad del área de la sección del pavimento en estudio.

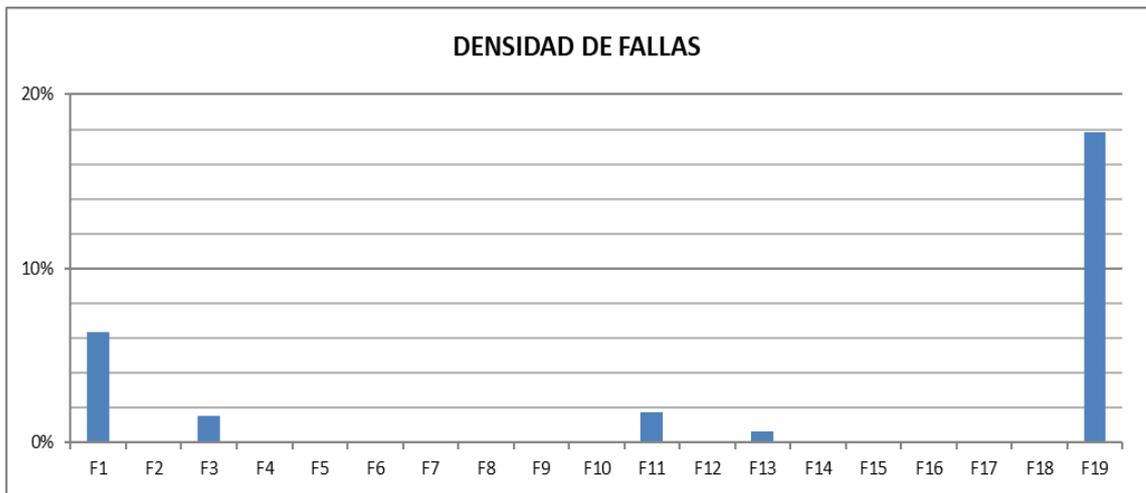


Imagen 30 – Resumen de las fallas en Muestras
Fuente: Autoria Propia

Aquí podemos observar de manera mucho más visual, que en segundo lugar en cuanto a incidencia de fallas se encuentra la falla por piel de cocodrilo, la cual ocupa un 6.4 % del área total de la sección de pavimento en estudio.

Determinación del PCI total de la sección:

Es importante hacer énfasis en que nuestra sección de pavimento en estudio, está compuesta por todas las unidades de muestreo que hemos sometido a análisis, no obstante, cada una de estas muestras tiene un resultado de PCI de manera individual, sin embargo, es requerido, diagnosticar toda la sección en análisis.

Para ello será requerida la fórmula 04 del manual de Aplicación PCI:

$$PCI_s = \frac{[(N - A)XPCI_r] + (AxPCI_a)}{N}$$

Siendo:

PCIs = PCI de la sección del pavimento

PCIr= PCI promedio de las unidades de muestreo aleatorias o representativas.

PCIa= PCI promedio de las unidades de muestreo adicionales.

N= Número total de unidades de muestreo en la sección

A= Número adicional de unidades de muestreo inspeccionadas.

PCI promedio de las unidades de muestreo representativas:

ÁREAS DE LAS MUESTRAS A EVALUAR						
ITEM	PROGRESIVA INICIAL	PROGRESIVA FINAL	SECCIÓN		ÁREA	PCI
1	0 + 000	0 + 038	UM	1	220.4	65
2	0 + 228	0 + 266	UM	7	230.63	19
3	0 + 456	0 + 494	UM	13	228.97	23
4	0 + 684	0 + 722	UM	19	284.32	30
5	0 + 912	0 + 950	UM	25	233.31	39
6	1+ 140	1 + 178	UM	31	267.13	28
7	1+ 368	1 + 406	UM	37	259.99	37
8	1+ 596	1 + 634	UM	43	255.32	22
9	1+ 824	1 + 862	UM	49	248.92	53
10	2+ 52	2 + 90	UM	55	277.20	19
11	2+ 280	2 + 318	UM	61	236.40	17
12	2+ 508	2 + 546	UM	67	221.21	45
13	2+ 736	2 + 774	UM	73	219.47	35
PROMEDIO						33.23

Imagen 31 – Resumen de PCI en Muestras

Fuente: Autoria Propia

Imagen 31, cuadro representativo de las muestras y su resumen del PCI para cada una de ellas.

PCI promedio de las unidades de muestreo adicionales:

MUESTRAS ADICIONALES	PROGRESIVA INICIAL	PROGRESIVA FINAL	AREA	PCI
UMA-01	0 + 76	0 + 114	235.1	17
UMA-02	0 + 342	0 + 380	258.9	37
UMA-03	1 + 178	1 + 216	231.56	19
PROMEDIO				24.33

Luego:

$$PCI = \frac{[(13 - 3) \times 33.23] + (3 \times 24.33)}{13}$$

$$PCI = 31.17$$

Para terminar, el resultado del PCI total de la sección nos orientará en el diagnóstico de su estado de conservación, al contrastarlo con el cuadro N01 del manual de aplicación de PCI.

Cuadro 1.
RANGOS DE CALIFICACIÓN DEL PCI

Rango	Clasificación
100 – 85	Excelente
85 – 70	Muy Bueno
70 – 55	Bueno
55 – 40	Regular
40 – 25	Malo
25 – 10	Muy Malo
10 – 0	Fallado

Imagen 31 – Rangos de calificación PCI

Fuente: (Varela L. R., 2006)

Conforme al rango de clasificación de PCI ubicamos el PCI obtenido de 31.17 en el intervalo de 40 – 25, y se clasifica como **MALO**.

9.2 Contrastación y prueba de la hipótesis

La hipótesis propuesta señala que el estado de conservación del pavimento flexible de la Av. San Luis, utilizando el método índice de condición del pavimento, es malo, en base nuestros estudios realizados en la zona de intervención, formulamos un resultado para el estado de conservación MALO, con un PCI de 31.17, por lo tanto, la hipótesis fue acertada debido a que el PCI obtenido se encuentra dentro del intervalo de 40 – 25 catalogado como malo.

X. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Se han catalogado las fallas localizadas en la sección de pavimento en estudio, sin embargo, el muestreo ha sido realizado con la intención de confinar de manera paramétrica los resultados basándonos en un criterio de elección de muestras aleatorio, todo esto siguiendo las recomendaciones del Manual del PCI, inclusive la desviación estándar se asumió con un valor de 10, el cual es contemplado para resultados de PCI muy desfavorables, de acuerdo al acápite 3.2. Del manual de aplicación de PCI.

En cuanto a los niveles de severidad de las muestras de estudio se ha encontrado que el predominante es el nivel Alto en las fallas más comunes, lo que nos da una idea del estado de conservación del pavimento contrastándose esta observación con su relación porcentual, teniendo una incidencia de 10.32% en niveles de severidad alto para las fallas comunes.

Una vez determinado el PCI cuyo resultado es 31.17 que lo clasifica dentro de un estado de conservación malo, debemos tener en cuenta también que este veredicto se tiene que contrastar con lo observado en campo, ya que en función a lo observado nosotros habíamos generado la hipótesis de un estado de conservación malo, por lo que coincide con las expectativas que generó el tramo en estudio en nuestro proyecto de investigación.

En cuanto a los resultados obtenidos del PCI de cada una de las muestras, establecemos que existen dentro de nuestro espacio muestral resultados que se encuentran dentro del límite de estado de conservación MUY MALO con un PCI de 17 para la muestra, y con un estado de conservación BUENO para algunas muestras cuyo resultado de PCI es de 65.

De acuerdo con la mayor incidencia de los daños ocasionados al pavimento se estableció que la intervención más adecuada es el recapeo, por ser de corta duración en ejecución, además de tener en cuenta su viabilidad y los bajos costos que implicaría aplicarla.

Cabe señalar que la recomendación en cuanto a intervención del pavimento se fundamenta en lo establecido en el Manual Pavement Condition Index (PCI) del Ingeniero Luis Ricardo Vásquez Varela.

XI. CONCLUSIONES

- Se realizó el análisis del estado de conservación de la Av San Luis, mediante el cual se obtuvo un PCI de 31.17 que según el rango contemplado en el Manual de aplicación de PCI se encuentra en un estado de conservación MALO.
- Se catalogaron los diferentes tipos de falla presentados en la zona de estudio los cuales fueron: Desprendimiento de agregados, con una incidencia de 17.8 %, Piel de cocodrilo con una incidencia de 6.4%; parcheo con una incidencia de 1.7 %; agrietamiento en bloque con una incidencia de 1.5 %, huecos, con una incidencia de 0.6%, finalmente grietas longitudinales y transversales con una incidencia de 0.1%.
- Se determinó el seccionamiento de la vía para el análisis, estableciendo una totalidad 13 muestras elegidas de manera aleatoria, contemplando los procedimientos para su selección establecidos en el Manual de PCI, acápite 3.2 y 3.3, no obstante, se eligieron 3 muestras adicionales se eligieron teniendo en cuenta las consideraciones contempladas en el acápite 3.4. del manual de PCI.

- Se determinaron los niveles de severidad de cada una de las fallas catalogadas, encontrando que el nivel predominante es el de severidad Alta, y la falla en la cual predomina es la de tipo 19: Desprendimiento de agregados con una incidencia de 8.89%.

XII. RECOMENDACIONES

- Teniendo en cuenta que el pavimento tiene un PCI catalogado como malo se desea recuperar las condiciones estructurales y superficiales del pavimento para alcanzar una adecuada circulación vehicular con seguridad, comodidad, rapidez y economía. En tanto tomando en consideración el (Ministerio de transportes, 2013) Se recomienda realizar un recapeo de espesor $e=2''$, (la vida útil según diseño, 20 años, termina en 12 años) del pavimento asfáltico a nivel de todo el pavimento teniendo en cuenta que previamente se tiene que dar tratamiento para cada daño que presenta dicho pavimento, en este caso los tipos de daños con más incidencia son: **piel de cocodrilo** para lo cual se recomienda parche superficial, **desprendimiento de agregados** para lo cual se recomienda un sello asfáltico, **parches** para lo cual se recomienda reemplazo de dicho material.
- Para ampliar la investigación, se deja como punto de partida la propuesta de intervención mediante la cual se espera incidir en un diseño adecuado sin llegar a la rehabilitación de toda vía en estudio, Así mismo es idóneo recalcar que el estado de conservación actual sugiere una inmediata intervención antes de llegar a un estado del pavimento muy malo.

XIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Bibliografía

- AVILA. (2014). "Evaluación de Pavimentos en Base a Métodos No Destructivos y Análisis Inverso de la Vía Chicti – Sevilla de Oro" . SEVILLA DE ORO: UNIVERSIDAD DE CUENCA.
- Bustios, R. R. (2015). *Cálculo del índice de condición del pavimento (PCI) Barranco-Surco-Lima*. Lima: Ricardo Palma.
- Ccopa., D. G. (2016). *Evaluación de las fallas de la carpeta asfáltica mediante el método PCI en la Av. Circunvalación Oeste de Juliaca*. Juliaca: Universidad Peruana Union.
- Enrique, R. P. (2014). *Análisis del estado de conservación del pavimento flexible de la vía de evitamiento norte, utilizando el método del índice de condición de pavimento*. Cajamarca: Universidad Privada del Norte.
- Granda, I. A. (2016). *Gestión y Conservación de Pavimentos Flexibles a través del índice de desempeño PCI, en el Entorno del Distrito de Surquillo - Lima*. Piura : Universidad Nacional de Piura.
- Ministerio de transportes, y. c. (2013). *Manual de Carreteras - Conservación Vial*. Lima: MTC.
- Ministerio de Transportes, y. c. (2018). *Manual de Diseño Geométrico de Carreteras*. Lima: MTC.
- PORTILLO. (2015). "Evaluación Estructural de Fallas del Pavimento Flexible por el método no destructivo en la carretera puno - llave". PUNO: Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez.
- Risco, P. B. (2016). *Evaluación superficial del Pavimento Flexible por el Método Pavex Condition Index en las Vías Arteriales: Cincuentenario, Colon y Miguel Grau (Huacho-Huaura - Lima)*. Lima: Universidad San Martín de Porres.
- Sánchez Campero, J. (1996). *Mecánica de los suelos en las vías terrestres*. Mexico: Limusa.
- SÓTIL. (2014). "Propuesta de Sistema de Gestión de Pavimentos para Municipalidades y Gobiernos Regionales". PERÚ: Universidad de Costa Rica .
- Vanesa, P. H. (2014). *Índice de condición de pavimento de la carretera Cajamarca - La colpa*. Cajamarca: Universidad Nacional de Cajamarca.
- Varela, L. R. (2006). *Instructivo para el manejo del Software UnalPCI 2.0*. Manizales: INGPAV.
- Varela, R. V. (2006). *Manual de PCI (Pavement Condition Index)*. Manizales: Ingepav.
- Velásquez, E. D. (2009). *CALCULO DEL INDICE DE CONDICIÓN DE PAVIMENTO FLEXIBLE EN LA AV. LUIS MONTERO DISTRITO DE CASTILLA*. PIURA: REPOSITORIO INSTITUCIONAL PIRHUA - UNIVERSIDAD DE PIURA.

PANEL FOTOGRÁFICO



Tramo de la AV. San Luis donde se observa que las fallas más predominantes son piel de cocodrilo y desprendimiento de agregado. Alrededor del pavimento se observa abundante vegetación



Tomando las respectivas mediciones a las fallas en un Tramo de la AV. San Luis donde se observa que las fallas más predominantes son piel de cocodrilo, desprendimiento de agregado y huecos.



Tramo de la AV. San Luis donde se observa que las fallas más predominantes son piel de cocodrilo, desprendimiento de agregado, pequeños huecos y depresiones.



Tramo de la AV. San Luis donde se observa una gran área de desprendimiento de agregado en el pavimento, pequeños huecos y parches.



Tomando medidas a las fallas presentes en un Tramo de la AV. San Luis donde se observa desprendimiento de agregado en el pavimento, huecos y piel de cocodrilo.



Tomando medidas a las fallas presentes en un Tramo de la AV. San Luis donde se observa en gran medida desprendimiento de agregado en el pavimento, huecos y piel de cocodrilo.



Reconocimiento de campo de la zona en estudio (AV. San Luis), observando las fallas presentes en el pavimento.



Tramo de la AV. San Luis donde se observa en gran medida piel de cocodrilo, desprendimiento de agregado, huecos.



Tomando medidas a las fallas presentes en un Tramo de la AV. San Luis donde se observa desprendimiento de agregado, huecos y piel de cocodrilo.

CROQUIS DE FALLAS



INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO (PCI)

ASTM 6433-99

Via:	Av. San Luis	Prog. Inicial:	0+228	Unidad de muestreo:	UM-02		
Fecha:	10/02/20	Prog. Final:	0+266	Area de muestreo (m²):	230.63	Resp.:	Antony Castillo

Tipos de Fallas

Nº	Descripción	Und		Nº	Descripción	Und
1	Piel de cocodrilo	m ²		11	Parqueo	m ²
2	Exudación	m ²		12	Pulimento de agregados	m ²
3	Agrietamiento en bloque	m ²		13	Huecos	Nº
4	Abultamientos y hundimientos	m		14	Cruce de vía férrea	m ²
5	Corrugación	m ²		15	Ahuellamiento	m ²
6	Depresión	m ²		16	Desplazamiento	m ²
7	Grieta de borde	m		17	Grieta parabolica (Slippage)	m ²
8	Grieta de reflexión de junta	m		18	Hinchamiento	m ²
9	Desnivel carril/berma	m		19	Desprendimiento de agregados	m ²
10	Grietas longitudinal y transv.	m				

Tipos de falla existentes

FALLA	SEVERIDAD	CANTIDAD	TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO
19	H	36	36	15.609	50.7
19	M	22	22	9.539	19
1	M	8	8	3.469	34.1
13	M	1	1	0.434	18.5
13	H	1	1	0.434	37.1

VALOR DEDUCIDO MÁS ALTO:	50.7
NUMERO DE DEDUCIDOS >2	5
TOTAL VD:	159.4
MAXIMO VALOR DEDUCIDO CORREGIDO	81
NÚMERO ADMISIBLE DE DEDUCIDOS: (ASFALTO-CARRETERA):	5.52
PCI SECCIÓN:	19

MUY MALO

CROQUIS DE FALLAS



INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO (PCI)

ASTM 6433-99

Via:	Av. San Luis	Prog. Inicial:	0+456	Unidad de muestreo:	UM-03
Fecha:	10/02/20	Prog. Final:	0+494	Area de muestreo (m²):	228.97
				Resp.:	Antony Castillo

Tipos de Fallas

Nº	Descripción	Und		Nº	Descripción	Und
1	Piel de cocodrilo	m ²		11	Parqueo	m ²
2	Exudación	m ²		12	Pulimento de agregados	m ²
3	Agrietamiento en bloque	m ²		13	Huecos	Nº
4	Abultamientos y hundimientos	m		14	Cruce de vía férrea	m ²
5	Corrugación	m ²		15	Ahuellamiento	m ²
6	Depresión	m ²		16	Desplazamiento	m ²
7	Grieta de borde	m		17	Grieta parabolica (Slippage)	m ²
8	Grieta de reflexión de junta	m		18	Hinchamiento	m ²
9	Desnivel carril/berma	m		19	Desprendimiento de agregados	m ²
10	Grietas longitudinal y transv.	m				

Tipos de falla existentes

FALLA	SEVERIDAD	CANTIDAD	TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO
19	M	35.6	35.6	15.548	22.5
19	H	22	22	9.608	40.7
13	H	1	1	0.437	37.2
11	H	10	10	4.367	36.1

VALOR DEDUCIDO MÁS ALTO:	40.7
NUMERO DE DEDUCIDOS >2	4
TOTAL VD:	136.5
MAXIMO VALOR DEDUCIDO CORREGIDO	77
NÚMERO ADMISIBLE DE DEDUCIDOS: (ASFALTO-CARRETERA):	6.44
PCI SECCIÓN:	23 MUY MALO

CROQUIS DE FALLAS



INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO (PCI)

ASTM 6433-99

Via:	Av. San Luis	Prog. Inicial:	0+684	Unidad de muestreo:	UM-04		
Fecha:	10/02/20	Prog. Final:	0+722	Area de muestreo (m²):	284.32	Resp.:	Antony Castillo

Tipos de Fallas

Nº	Descripción	Und		Nº	Descripción	Und	
1	Piel de cocodrilo	m ²		11	Parqueo	m ²	
2	Exudación	m ²		12	Pulimento de agregados	m ²	
3	Agrietamiento en bloque	m ²		13	Huecos	Nº	
4	Abultamientos y hundimientos	m		14	Cruce de vía férrea	m ²	
5	Corrugación	m ²		15	Ahuellamiento	m ²	
6	Depresión	m ²		16	Desplazamiento	m ²	
7	Grieta de borde	m		17	Grieta parabolica (Slippage)	m ²	
8	Grieta de reflexión de junta	m		18	Hinchamiento	m ²	
9	Desnivel carril/berma	m		19	Desprendimiento de agregados	m ²	
10	Grietas longitudinal y transv.	m					

Tipos de falla existentes

FALLA	SEVERIDAD	CANTIDAD	TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO
13	H	1	1	0.352	33.9
13	M	1	1	0.352	15.4
1	M	6	6	2.110	28.8
19	H	28.5	28.5	10.024	44

VALOR DEDUCIDO MÁS ALTO:	44
NUMERO DE DEDUCIDOS >2	4
TOTAL VD:	122.1
MAXIMO VALOR DEDUCIDO CORREGIDO	70
NÚMERO ADMISIBLE DE DEDUCIDOS: (ASFALTO-CARRETERA):	6.14
PCI SECCIÓN:	30 MALO

CROQUIS DE FALLAS



INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO (PCI)

ASTM 6433-99

Vía:	Av. San Luis	Prog. Inicial:	0+912	Unidad de muestreo:	UM-05		
Fecha:	10/02/20	Prog. Final:	0+950	Area de muestreo (m ²):	233.31	Resp.:	Antony Castillo

Tipos de Fallas

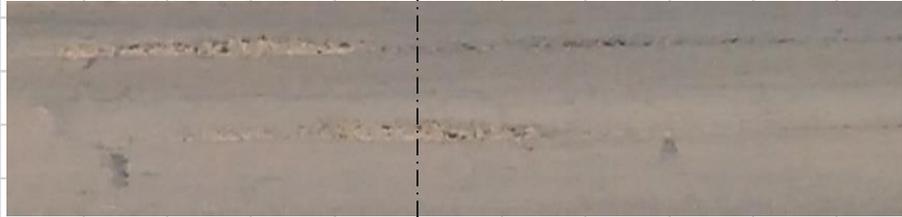
Nº	Descripción	Und		Nº	Descripción	Und
1	Piel de cocodrilo	m ²		11	Parcheo	m ²
2	Exudación	m ²		12	Pulimento de agregados	m ²
3	Agrietamiento en bloque	m ²		13	Huecos	Nº
4	Abultamientos y hundimientos	m		14	Cruce de vía férrea	m ²
5	Corrugación	m ²		15	Ahuellamiento	m ²
6	Depresión	m ²		16	Desplazamiento	m ²
7	Grieta de borde	m		17	Grieta parabólica (Slippage)	m ²
8	Grieta de reflexión de junta	m		18	Hinchamiento	m ²
9	Desnivel carril/berma	m		19	Desprendimiento de agregados	m ²
10	Grietas longitudinal y transv.	m				

Tipos de falla existentes

FALLA	SEVERIDAD	CANTIDAD					TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO
19	M	36					36	15.430	22.5
19	H	46					46	19.716	54.3
13	M	1					1	0.429	18.3

VALOR DEDUCIDO MÁS ALTO:	54.3
NUMERO DE DEDUCIDOS >2	3
TOTAL VD:	95.1
MAXIMO VALOR DEDUCIDO CORREGIDO	61
NÚMERO ADMISIBLE DE DEDUCIDOS: (ASFALTO-CARRETERA):	5.2
PCI SECCIÓN:	39 MALO

CROQUIS DE FALLAS



INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO (PCI)

ASTM 6433-99

Via: Av. San Luis Prog. Inicial: 1 + 140 Unidad de muestreo: UM-06
 Fecha: 10/02/20 Prog. Final: 1 + 178 Area de muestreo (m²): 267.13 Resp.: Antony Castillo

Tipos de Fallas

Nº	Descripción	Und		Nº	Descripción	Und
1	Piel de cocodrilo	m ²		11	Parcheo	m ²
2	Exudación	m ²		12	Pulimento de agregados	m ²
3	Agrietamiento en bloque	m ²		13	Huecos	Nº
4	Abultamientos y hundimientos	m		14	Cruce de vía férrea	m ²
5	Corrugación	m ²		15	Ahuellamiento	m ²
6	Depresión	m ²		16	Desplazamiento	m ²
7	Grieta de borde	m		17	Grieta parabolica (Slippage)	m ²
8	Grieta de reflexión de junta	m		18	Hinchamiento	m ²
9	Desnivel carril/berma	m		19	Desprendimiento de agregados	m ²
10	Grietas longitudinal y transv.	m				

Tipos de falla existentes

FALLA	SEVERIDAD	CANTIDAD	TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO
13	M	1	1	0.374	16.3
13	H	2	2	0.749	46.7
19	H	28	28	10.482	44.7
19	M	26.5	26.5	9.920	19

VALOR DEDUCIDO MÁS ALTO: 46.7
 NUMERO DE DEDUCIDOS >2: 4
 TOTAL VD: 126.7
 MAXIMO VALOR DEDUCIDO CORREGIDO: 72
 NÚMERO ADMISIBLE DE DEDUCIDOS: (ASFALTO-CARRETERA): 5.89
 PCI SECCIÓN: 28 MALO

CROQUIS DE FALLAS



INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO (PCI)

ASTM 6433-99

Vía:	Av. San Luis	Prog. Inicial:	1 + 368	Unidad de muestreo:	UM-07				
Fecha:	10/02/20	Prog. Final:	1 + 406	Area de muestreo (m²):	259.99	Resp.:	Antony Castillo		

Tipos de Fallas

Nº	Descripción	Und		Nº	Descripción	Und
1	Piel de cocodrilo	m ²		11	Parqueo	m ²
2	Exudación	m ²		12	Pulimento de agregados	m ²
3	Agrietamiento en bloque	m ²		13	Huecos	Nº
4	Abultamientos y hundimientos	m		14	Cruce de vía férrea	m ²
5	Corrugación	m ²		15	Ahuellamiento	m ²
6	Depresión	m ²		16	Desplazamiento	m ²
7	Grieta de borde	m		17	Grieta parabólica (Slippage)	m ²
8	Grieta de reflexión de junta	m		18	Hinchamiento	m ²
9	Desnivel carril/berma	m		19	Desprendimiento de agregados	m ²
10	Grietas longitudinal y transv.	m				

Tipos de falla existentes

FALLA	SEVERIDAD	CANTIDAD	TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO
13	M	1	1	0.385	16.6
13	H	1	1	0.385	35.2
19	H	35	35	13.462	48.5

VALOR DEDUCIDO MÁS ALTO:	48.5
NUMERO DE DEDUCIDOS >2	3
TOTAL VD:	100.3
MAXIMO VALOR DEDUCIDO CORREGIDO	63
NÚMERO ADMISIBLE DE DEDUCIDOS: (ASFALTO-CARRETERA):	5.73
PCI SECCIÓN:	37 MALO

CROQUIS DE FALLAS



INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO (PCI)

ASTM 6433-99

Via:	Av. San Luis	Prog. Inicial:	1 + 596	Unidad de muestreo:	UM-08
Fecha:	10/02/20	Prog. Final:	1 + 634	Area de muestreo (m²):	255.32
				Resp.:	Antony Castillo

Tipos de Fallas

Nº	Descripción	Und		Nº	Descripción	Und
1	Piel de cocodrilo	m ²		11	Parqueo	m ²
2	Exudación	m ²		12	Pulimento de agregados	m ²
3	Agrietamiento en bloque	m ²		13	Huecos	Nº
4	Abultamientos y hundimientos	m		14	Cruce de vía férrea	m ²
5	Corrugación	m ²		15	Ahuellamiento	m ²
6	Depresión	m ²		16	Desplazamiento	m ²
7	Grieta de borde	m		17	Grieta parabolica (Slippage)	m ²
8	Grieta de reflexión de junta	m		18	Hinchamiento	m ²
9	Desnivel carril/berma	m		19	Desprendimiento de agregados	m ²
10	Grietas longitudinal y transv.	m				

Tipos de falla existentes

FALLA	SEVERIDAD	CANTIDAD	TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO
13	M	1	1	0.392	14.7
1	M	43	43	16.842	50.9
1	H	26	26	10.183	59.5

VALOR DEDUCIDO MÁS ALTO:

59.5

NUMERO DE DEDUCIDOS >2

3

TOTAL VD:

125.1

MAXIMO VALOR DEDUCIDO CORREGIDO

78

NÚMERO ADMISIBLE DE DEDUCIDOS: (ASFALTO-CARRETERA):

4.72

PCI SECCIÓN:

22

MUY MALO

CROQUIS DE FALLAS



INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO (PCI)

ASTM 6433-99

Via:	Av. San Luis	Prog. Inicial:	1 + 824	Unidad de muestreo:	UM-09		
Fecha:	10/02/20	Prog. Final:	1 + 862	Area de muestreo (m ²):	248.92	Resp.:	Antony Castillo

Tipos de Fallas

Nº	Descripción	Und	Nº	Descripción	Und
1	Piel de cocodrilo	m ²	11	Parqueo	m ²
2	Exudación	m ²	12	Pulimento de agregados	m ²
3	Agrietamiento en bloque	m ²	13	Huecos	Nº
4	Abultamientos y hundimientos	m	14	Cruce de vía férrea	m ²
5	Corrugación	m ²	15	Ahuellamiento	m ²
6	Depresión	m ²	16	Desplazamiento	m ²
7	Grieta de borde	m	17	Grieta parabolica (Slippage)	m ²
8	Grieta de reflexión de junta	m	18	Hinchamiento	m ²
9	Desnivel carril/berma	m	19	Desprendimiento de agregados	m ²
10	Grietas longitudinal y transv.	m			

Tipos de falla existentes

FALLA	SEVERIDAD	CANTIDAD				TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO
1	M	23				23	9.240	44.5
19	M	32				32	12.856	20.4

VALOR DEDUCIDO MÁS ALTO:	44.5
NUMERO DE DEDUCIDOS >2	2
TOTAL VD:	64.9
MAXIMO VALOR DEDUCIDO CORREGIDO	47
NÚMERO ADMISIBLE DE DEDUCIDOS: (ASFALTO-CARRETERA):	6.09
PCI SECCIÓN:	53 REGULAR

CROCQUIS DE FALLAS



INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO (PCI)

ASTM 6433-99

Via:	Av. San Luis	Prog. Inicial:	2 + 52	Unidad de muestreo:	UM-10
Fecha:	10/02/20	Prog. Final:	2 + 90	Area de muestreo (m²):	277.2
				Resp.:	Antony Castillo

Tipos de Fallas

Nº	Descripción	Und		Nº	Descripción	Und
1	Piel de cocodrilo	m ²		11	Parqueo	m ²
2	Exudación	m ²		12	Pulimento de agregados	m ²
3	Agrietamiento en bloque	m ²		13	Huecos	Nº
4	Abultamientos y hundimientos	m		14	Cruce de vía férrea	m ²
5	Corrugación	m ²		15	Ahuellamiento	m ²
6	Depresión	m ²		16	Desplazamiento	m ²
7	Grieta de borde	m		17	Grieta parabolica (Slippage)	m ²
8	Grieta de reflexión de junta	m		18	Hinchamiento	m ²
9	Desnivel carril/berma	m		19	Desprendimiento de agregados	m ²
10	Grietas longitudinal y transv.	m				

Tipos de falla existentes

FALLA	SEVERIDAD	CANTIDAD					TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO
1	M	29					29	10.462	46.7
13	H	1					1	0.361	34.3
19	H	16					16	5.772	32.9
1	L	25					25	9.019	31.6

VALOR DEDUCIDO MÁS ALTO:	46.7
NUMERO DE DEDUCIDOS >2	4
TOTAL VD:	145.5
MAXIMO VALOR DEDUCIDO CORREGIDO	81
NÚMERO ADMISIBLE DE DEDUCIDOS: (ASFALTO-CARRETERA):	5.9
PCI SECCIÓN:	19 MUY MALO

CROQUIS DE FALLAS



INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO (PCI)

ASTM 6433-99

Via:	Av. San Luis	Prog. Inicial:	2 + 280	Unidad de muestreo:	UM-11
Fecha:	10/02/20	Prog. Final:	2 + 318	Area de muestreo (m²):	236.4
				Resp.:	Antony Castillo

Tipos de Fallas

Nº	Descripción	Und				Nº	Descripción	Und
1	Piel de cocodrilo	m ²				11	Parcheo	m ²
2	Exudación	m ²				12	Pulimento de agregados	m ²
3	Agrietamiento en bloque	m ²				13	Huecos	Nº
4	Abultamientos y hundimientos	m				14	Cruce de vía férrea	m ²
5	Corrugación	m ²				15	Ahuellamiento	m ²
6	Depresión	m ²				16	Desplazamiento	m ²
7	Grieta de borde	m				17	Grieta parabolica (Slippage)	m ²
8	Grieta de reflexión de junta	m				18	Hinchamiento	m ²
9	Desnivel carril/berma	m				19	Desprendimiento de agregados	m ²
10	Grietas longitudinal y transv.	m						

Tipos de falla existentes

FALLA	SEVERIDAD	CANTIDAD	TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO
11	M	19	19	8.037	28.4
1	M	26	26	10.998	47.4
19	M	42	42	17.766	24
19	H	37	37	15.651	50.8

VALOR DEDUCIDO MÁS ALTO:	50.8
NUMERO DE DEDUCIDOS >2	4
TOTAL VD:	150.6
MAXIMO VALOR DEDUCIDO CORREGIDO	83
NÚMERO ADMISIBLE DE DEDUCIDOS: (ASFALTO-CARRETERA):	5.52
PCI SECCIÓN:	17 MUY MALO

CROQUIS DE FALLAS



INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO (PCI)

ASTM 6433-99

Via:	Av. San Luis	Prog. Inicial:	2 + 508	Unidad de muestreo:	UM-12
Fecha:	10/02/20	Prog. Final:	2 + 546	Area de muestreo (m²):	221.21
				Resp.:	Antony Castillo

Tipos de Fallas

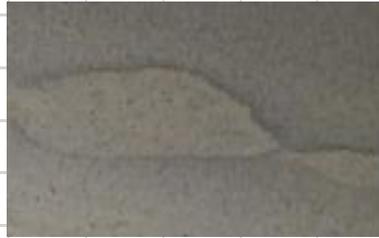
Nº	Descripción	Und		Nº	Descripción	Und
1	Piel de cocodrilo	m ²		11	Parcheo	m ²
2	Exudación	m ²		12	Pulimento de agregados	m ²
3	Agrietamiento en bloque	m ²		13	Huecos	Nº
4	Abultamientos y hundimientos	m		14	Cruce de vía férrea	m ²
5	Corrugación	m ²		15	Ahuellamiento	m ²
6	Depresión	m ²		16	Desplazamiento	m ²
7	Grieta de borde	m		17	Grieta parabolica (Slippage)	m ²
8	Grieta de reflexión de junta	m		18	Hinchamiento	m ²
9	Desnivel carril/berma	m		19	Desprendimiento de agregados	m ²
10	Grietas longitudinal y transv.	m				

Tipos de falla existentes

FALLA	SEVERIDAD	CANTIDAD					TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO
13	L	1					1	0.452	10
13	M	1					1	0.452	19.1
13	H	2					2	0.904	50.6

VALOR DEDUCIDO MÁS ALTO:	50.6
NUMERO DE DEDUCIDOS >2	3
TOTAL VD:	79.7
MAXIMO VALOR DEDUCIDO CORREGIDO	55
NÚMERO ADMISIBLE DE DEDUCIDOS: (ASFALTO-CARRETERA):	5.54
PCI SECCIÓN:	45 REGULAR

CROQUIS DE FALLAS



INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO (PCI)

ASTM 6433-99

Via:	Av. San Luis	Prog. Inicial:	2 + 736	Unidad de muestreo:	UM-13
Fecha:	10/02/20	Prog. Final:	2 + 774	Area de muestreo (m ²):	219.47
				Resp.:	Antony Castillo

Tipos de Fallas

Nº	Descripción	Und		Nº	Descripción	Und
1	Piel de cocodrilo	m ²		11	Parcheo	m ²
2	Exudación	m ²		12	Pulimento de agregados	m ²
3	Agrietamiento en bloque	m ²		13	Huecos	Nº
4	Abultamientos y hundimientos	m		14	Cruce de vía férrea	m ²
5	Corrugación	m ²		15	Ahuellamiento	m ²
6	Depresión	m ²		16	Desplazamiento	m ²
7	Grieta de borde	m		17	Grieta parabolica (Slippage)	m ²
8	Grieta de reflexión de junta	m		18	Hinchamiento	m ²
9	Desnivel carril/berma	m		19	Desprendimiento de agregados	m ²
10	Grietas longitudinal y transv.	m				

Tipos de falla existentes

FALLA	SEVERIDAD	CANTIDAD					TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO
19	M	48					48	21.871	26.3
19	H	37	19				56	25.516	58.2
13	M	1					1	0.456	26.3

VALOR DEDUCIDO MÁS ALTO:	58.2
NUMERO DE DEDUCIDOS >2	3
TOTAL VD:	110.8
MAXIMO VALOR DEDUCIDO CORREGIDO	65
NÚMERO ADMISIBLE DE DEDUCIDOS: (ASFALTO-CARRETERA):	4.84
PCI SECCIÓN:	35 MALO

CROQUIS DE FALLAS



