



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

SEDE CUENCA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

**EVALUACIÓN SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE CALLE 1° DE
SEPTIEMBRE ENTRE CARMELA MALO Y LA IGLESIA DE MISICATA DEL
CANTÓN CUENCA. APLICANDO EL MÉTODO PCI**

Trabajo de titulación previo a la obtención del
título de Ingeniero Civil

AUTOR: JAVIER VINICIO YUPANGUI GUANUCHE

TUTOR: ING. CRISTIAN DANILO BUSTOS CABRERA

Cuenca - Ecuador

2025

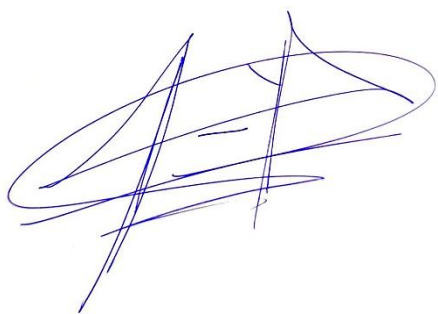
**CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE
TITULACIÓN**

Yo, Javier Vinicio Yupangui Guanuche con documento de identificación N° 0705210847 manifiesto que:

Soy el autor y responsable del presente trabajo; y, autorizo a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Cuenca, 13 de enero del 2025

Atentamente,



Javier Vinicio Yupangui Guanuche

0705210847

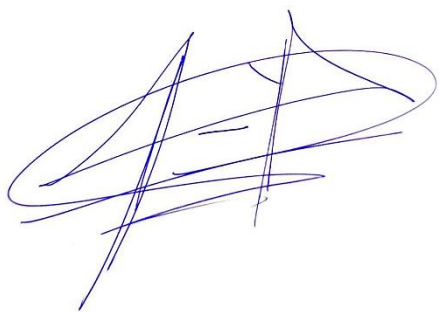
**CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE
TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

Yo, Javier Vinicio Yupangui Guanuche con documento de identificación N° 0705210847, expreso mi voluntad y por medio del presente documento cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autor del Proyecto técnico: “Evaluación superficial del pavimento flexible calle 1° de Septiembre entre Carmela Malo y la iglesia de Misicata del cantón Cuenca. Aplicando el método PCI”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero Civil, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribo este documento en el momento que hago la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, 13 de enero del 2025

Atentamente,



Javier Vinicio Yupangui Guanuche

0705210847

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Cristian Danilo Bustos Cabrera con documento de identificación N° 0301288262, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: EVALUACIÓN SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE CALLE 1° DE SEPTIEMBRE ENTRE CARMELA MALO Y LA IGLESIA DE MISICATA DEL CANTÓN CUENCA. APLICANDO EL MÉTODO PCI, realizado por Javier Vinicio Yupangui Guanuche con documento de identificación N° 0705210847, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción Proyecto técnico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, 13 de enero del 2025

Atentamente,



Ing. Cristian Danilo Bustos Cabrera

0301288262

AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a todas las personas que han sido parte fundamental en la realización de esta tesis. En primer lugar, agradezco a mi tutor de tesis Cristian Danilo Bustos Cabrera, por su guía experta, paciencia y apoyo constante. Su conocimiento y dedicación han sido esenciales para el desarrollo de este trabajo.

A mis profesores de la Facultad de Ingeniería Civil, gracias por compartir su sabiduría y por el ambiente de aprendizaje que siempre fomentaron. Su compromiso con la enseñanza ha sido una fuente de inspiración.

A mis padres, Ricardo y Nelfa Marieta, por su amor incondicional y por creer en mí en todo momento. Su apoyo emocional y financiero ha sido crucial para alcanzar este logro. A mi esposa Lucia, por su comprensión, paciencia y ánimo constante. Su amor y apoyo han sido mi mayor fortaleza.

El camino para llegar a ser ingeniero civil no ha sido fácil. Ha estado lleno de desafíos y sacrificios, pero también de aprendizajes y crecimiento personal. Cada obstáculo superado ha sido una oportunidad para fortalecer mi determinación y compromiso con esta profesión.

A todos ustedes, mi más profundo agradecimiento.

DEDICATORIA

Dedico esta tesis a Dios, por ser mi guía y fortaleza en cada paso de este camino. Su presencia en mi vida ha sido una fuente constante de inspiración y esperanza, permitiéndome superar los desafíos y mantenerme firme en mis objetivos.

A mis padres, Ricardo y Nelfa Marieta, por su amor incondicional y su apoyo constante. Gracias por enseñarme el valor del esfuerzo, la perseverancia y la integridad. Sus sacrificios y enseñanzas han sido fundamentales para alcanzar este logro.

A mi esposa Lucia por su paciencia, comprensión y por ser mi mayor fuente de inspiración y apoyo. Su amor y compañía han sido esenciales en este viaje, brindándome la fuerza y el ánimo necesarios para seguir adelante.

A mi hijo Lucas, por ser mi motivación diaria y la luz de mi vida. Su alegría y curiosidad me recuerdan la importancia de seguir aprendiendo y creciendo cada día. Espero que este logro sirva como un ejemplo de lo que se puede alcanzar con dedicación y esfuerzo.

RESUMEN

En este estudio se evaluó la condición del pavimento de una vía de 1360 metros de longitud mediante el método PCI (Índice de Condición del Pavimento). Para ello, se tomaron 15 muestras distribuidas uniformemente a lo largo de la vía, cada una con un ancho de 7.5 metros y una longitud de 31.5 metros, asegurando una cobertura representativa del pavimento.

Los resultados obtenidos muestran valores de PCI que oscilan entre 50 y 98, indicando una condición de pavimento que varía de regular a excelente. Las fallas más comunes encontradas incluyen piel de cocodrilo, agrietamiento en bloque, abultamientos y hundimientos, grieta de borde, grietas longitudinales y transversales, parcheo y huecos.

El valor del PCIs derivado de las muestras evaluadas es de 81.9, lo que clasifica el pavimento de la sección como muy bueno. En base a estos resultados, se recomienda una intervención de mantenimiento para preservar la calidad del pavimento.

En conclusión, este estudio proporciona una evaluación integral de la condición del pavimento mediante el método PCI, ofreciendo una base sólida para la toma de decisiones en el mantenimiento y rehabilitación de la vía, contribuyendo así al desarrollo sostenible de la infraestructura vial.

Palabras clave: método PCI, pavimento, fallas.

ABSTRACT

In this study, the pavement condition of a 1,360-meter-long road was evaluated using the PCI (Pavement Condition Index) method. For this purpose, fifteen samples were taken uniformly distributed along the road, each with a width of 7.5 meters and a length of 31.5 meters, ensuring a representative coverage of the pavement.

The results obtained show PCI values ranging from 50 to 98, indicating a pavement condition ranging from fair to excellent. The most common failures encountered include alligator skin, block cracking, bulging and subsidence, edge cracking, longitudinal and transverse cracking, patching and voids.

The PCIs value derived from the evaluated samples is 81.9, which classifies the section of pavement as exceptionally good. Based on these results, maintenance intervention is recommended to preserve the pavement quality.

In conclusion, this study provides a comprehensive assessment of pavement condition using the PCI method, offering a solid basis for decision-making in road maintenance and rehabilitation, thus contributing to the sustainable development of road infrastructure.

Key words: PCI method, pavement, failures.

INDICE GENERAL

RESUMEN.....	7
ABSTRACT.....	8
CAPÍTULO 1	12
INTRODUCCIÓN	12
PROBLEMA.....	13
<i>Antecedentes</i>	<i>13</i>
JUSTIFICACION	14
OBJETIVOS	15
<i>Objetivo general.....</i>	<i>15</i>
<i>Objetivos específicos.....</i>	<i>15</i>
CAPÍTULO 2	16
MARCO CONCEPTUAL.....	16
PAVIMENTO	16
CLASIFICACIÓN DE PAVIMENTOS.....	16
Pavimentos semi-rígidos.....	16
Pavimentos rígidos.....	16
Pavimentos articulados.	17
Pavimentos flexibles.	17
CAPAS Y FUNCIONES DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE	17
La subbase granular.	17
La base granular.	18
La base granular.	19
TIPOS DE FALLAS EN PAVIMENTOS FLEXIBLES	19

	10
Piel de cocodrilo.	19
Exudación.	20
Fisuras en bloque.	21
Abultamientos y hundimientos.	22
Corrugación.....	23
Depresión.	24
Grieta de borde.....	25
Grieta de reflexión de junta (de losas de concreto de cemento pórtland).	26
Desnivel carril/berma.....	27
Fisuras longitudinales y transversales.....	28
Parcheo y acometidas de servicios públicos.	30
Pulimento de agregados.	30
Huecos.....	31
Cruce de vía férrea.	32
Ahuellamiento.....	33
Desplazamiento.....	33
Grietas parabólicas.....	34
Hinchamiento.....	35
Meteorización.	36
<i>MÉTODO PCI (PAVEMENT CONDITION INDEX)</i>	37
CAPÍTULO 3	38
METODOLOGÍA	38
<i>Zona de estudio</i>	38

<i>Muestreo y unidades de muestras</i>	39
<i>Determinación de las Unidades de Muestreo para Evaluación</i>	40
<i>Evaluación superficial</i>	41
<i>Cálculo del PCI</i>	43
RESULTADOS	46
<i>Zona de estudio</i>	46
<i>Muestreo y unidades de muestra</i>	47
<i>Determinación de las unidades de muestreo para evaluación</i>	48
<i>Evaluación superficial en campo</i>	50
<i>Cálculo del PCI por muestra</i>	53
CAPÍTULO 4	58
CONCLUSIONES	58
RECOMENDACIONES.....	59
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	60
ANEXOS	61
ANEXO A - LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN EN CAMPO.	61
ANEXO B – CÁLCULOS Y TABLAS.	64

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN

El presente proyecto contiene una evaluación superficial del pavimento en la calle 1 de septiembre, entre Carmela Malo y la Iglesia Misicata, con el fin de identificar, medir y estudiar las fallas existentes para determinar la condición actual del pavimento flexible en una longitud de 1360 metros. Esta vía es una de las más transitadas por vehículos pesados, livianos y buses lo cual hace que se deteriore significativamente.

El principal componente de la movilidad son las vías, por ende, estas deben conservarse en condiciones óptimas y favorables ya que durante su vida útil son afectadas principalmente por la carga de tránsito y las condiciones climáticas.

La calle 1 de septiembre con pavimento flexible no es ajena a daños, al contrario, esta vía presenta algunas zonas en mal estado, dada principalmente a los vehículos pesados que transitan por este sector. Frente a este panorama, es importante realizar una evaluación y planificar soluciones que permitan mantener a la infraestructura vial en buen estado.

La evaluación del pavimento es un proceso elemental para determinar la condición y funcionalidad de las vías. Esta evaluación permite determinar el estado actual del pavimento y ayuda a planificar su mantenimiento y reparaciones necesarias. Uno de los métodos más utilizados para esta evaluación es el Índice de Condición del Pavimento (PCI), que proporciona una medida cuantitativa del desgaste y la calidad del pavimento.

PROBLEMA

Antecedentes

Uno de los problemas más comunes del país es el mal estado de sus vías en algunas provincias, en especial en la provincia del Azuay dada por la alta demanda de vehículos. Esta situación ha llevado a deteriorar las vías y a requerir un mantenimiento más adecuado para conservarse en buen estado.

Cuenca, también conocida como la Atenas de Ecuador, es la tercera ciudad más poblada del país, con 603.269 habitantes, con un crecimiento poblacional de 15% en siete años. Se espera que para el 2020 este cantón tenga 636.996 habitantes. (INEC, 2017)

Los trabajos de mantenimiento y rehabilitación de las estructuras de pavimentos rígidos y flexibles se van haciendo cada vez más complicados, a medida que se deterioran con el tiempo y con el tránsito. El énfasis en la administración de pavimentos es la preservación de la inversión inicial mediante la aplicación oportuna de tratamientos adecuados de mantenimiento y rehabilitación para prolongar la vida del pavimento. (Martínez, 2015)

El método de levantamiento de fallas y la condición del pavimento es visual, en la norma se detalla cada falla y su importancia según el rango en el que se encuentre ya sea leve, medio o alto, tanto en el pavimento rígido o en el flexible. Este método está aceptado por la American Society for Testing and Materials (ASTM) en los Estados Unidos, específicamente en ASTM D6433-03 (American Association of State Highway and Transportation Officials, 1993). (Avilés & Vicuña, 2022)

JUSTIFICACION

Ante el incremento del parque automotor en la ciudad de Cuenca, de forma acelerada debido al comercio, turismo. etc., resulta de interés conocer el estado estructural y de serviciabilidad de las distintas vías arteriales y colectoras de la ciudad de Cuenca, y a partir de estos estudios adoptar medidas que permitan prevenir el deterioro acelerado de las vías prolongando su vida útil para el cual fueron diseñados.

La presente investigación surge de la necesidad de estudiar el ciclo de vida útil del pavimento flexible, con el propósito de identificar otros daños a lo largo de las diferentes vías de la ciudad de Cuenca, y crear estrategias para reducir el deterioro acelerado de las vías arteriales o colectoras.

Se busca proporcionar información que será útil a las entidades públicas, encargadas de brindar seguridad y confort a los usuarios de las distintas vías de la ciudad, y de esta manera tomen decisiones para prolongar la vida útil del pavimento. Nuestra indagación se considera viable pues se dispone de los recursos necesarios para determinar el estado de las vías, con los diferentes conocimientos adquiridos en las aulas de clase como son el método de PCI (Índice de condición de pavimento).

OBJETIVOS

Objetivo general

Determinar la evaluación superficial del Pavimento Flexible calle 1° de Septiembre entre Carmela Malo y la Iglesia de Misicata del Cantón Cuenca. Aplicando el Método PCI.

Objetivos específicos

Determinar, identificar, clasificar y cuantificar los tipos de fallas existentes a lo largo de la vía según la norma ASTM-D6433-03 (Procedimiento Estándar para la Inspección del Índice de Condición del Pavimento en Caminos y Estacionamientos).

Aplicar la metodología PCI para evaluar las fallas superficiales presentes en el pavimento flexible en la calle 1° de Septiembre entre Carmela Malo y la Iglesia de Misicata del Cantón Cuenca.

Obtener el Índice de Condición del Pavimento (PCI) de la calle 1° de Septiembre entre Carmela Malo y la Iglesia de Misicata del Cantón Cuenca.

CAPÍTULO 2

MARCO CONCEPTUAL

PAVIMENTO

Un pavimento está constituido por un conjunto de capas superpuestas, relativamente horizontales, que se diseñan y construyen técnicamente con materiales apropiados y adecuadamente compactados. Estas estructuras estratificadas se apoyan sobre la subrasante de una vía obtenida por el movimiento de tierras en el proceso de exploración y que han de resistir adecuadamente los esfuerzos que las cargas repetidas del tránsito le transmiten durante el período para el cual fue diseñada la estructura del pavimento. (Montejo Fonseca, 2002)

CLASIFICACIÓN DE PAVIMENTOS

Pavimentos semi-rígidos.

Aunque este tipo de pavimentos guarda básicamente la misma estructura de un pavimento flexible, una de sus capas se encuentra rigidizada artificialmente con un aditivo que puede ser: asfalto, emulsión, cemento, cal y químicos. El empleo de estos aditivos tiene la finalidad básica de corregir o modificar las propiedades mecánicas de los materiales locales que no son aptos para la construcción de las capas del pavimento, teniendo en cuenta que los adecuados se encuentran a distancias tales que encarecerían notablemente los costos de construcción. (Montejo Fonseca, 2002)

Pavimentos rígidos.

Son aquellos que fundamentalmente están constituidos por una losa de concreto hidráulico, apoyada sobre la subrasante o sobre una capa de material seleccionado, la cual se denomina subbase del pavimento rígido. Debido a la alta rigidez del concreto hidráulico, así como de su elevado coeficiente de elasticidad, la distribución de los esfuerzos se produce en una

zona muy amplia. Además, como el concreto es capaz de resistir, en cierto grado, esfuerzos a la tensión, el comportamiento de un pavimento rígido es suficientemente satisfactorio aun cuando existan zonas débiles en la subrasante. (Montejo Fonseca, 2002)

Pavimentos articulados.

Los pavimentos articulados están compuestos por una capa de rodadura que está elaborada con bloques de concretos prefabricados, llamados adoquines, de espesor uniforme e iguales entre sí. Esta puede ir sobre una capa delgada de arena la cual, a su vez, se apoya sobre una capa de base granular o directamente sobre la subrasante, dependiendo de la calidad de ésta y de la magnitud y frecuencia de las cargas que circularan por dicho pavimento. (Montejo Fonseca, 2002)

Pavimentos flexibles.

Este tipo de pavimentos están formados por una carpeta bituminosa apoyada generalmente sobre dos capas no rígidas, la base y la subbase. No obstante, puede prescindirse de cualquiera de estas capas dependiendo de las necesidades particulares de cada obra. (Montejo Fonseca, 2002)

CAPAS Y FUNCIONES DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE

La subbase granular.

Función económica.

Una de las principales funciones de esta capa es netamente económica; en efecto, el espesor total que se requiere para que el nivel de esfuerzos en la subrasante sea igual o menor que su propia resistencia, puede ser construido con materiales de alta calidad; sin embargo, es preferible distribuir las capas más calificadas en la parte superior y colocar en la parte inferior del pavimento la capa de menor calidad la cual es frecuentemente la más barata. Esta solución

puede traer consigo un aumento en el espesor total del pavimento y, no obstante, resultar más económica. (Montejo Fonseca, 2002)

Capa de transición.

La subbase bien diseñada impide la penetración de los materiales que constituyen la base con los de la subrasante y, por otra parte, actúa como filtro de la base impidiendo que los finos de la subrasante la contaminen menoscabando su calidad. (Montejo Fonseca, 2002)

Disminución de las deformaciones.

Algunos cambios volumétricos de la capa subrasante, generalmente asociados a cambios en su contenido de agua (expansiones), o a cambios extremos de temperatura (heladas), pueden absorberse con la capa subbase, impidiendo que dichas deformaciones se reflejen en la superficie de rodamiento. (Montejo Fonseca, 2002)

Resistencia.

La subbase debe soportar los esfuerzos transmitidos por las cargas de los vehículos a través de las capas superiores y transmitidos a un nivel adecuado a la subrasante. (Montejo Fonseca, 2002)

Drenaje.

En muchos casos la subbase debe drenar el agua, que se introduzca a través de la carpeta o por las bermas, así como impedir la ascensión capilar. (Montejo Fonseca, 2002)

La base granular.

Resistencia.

La función fundamental de la base granular de un pavimento consiste en proporcionar un elemento resistente que transmita a la subbase y a la subrasante los esfuerzos producidos por el tránsito en una intensidad apropiada. (Montejo Fonseca, 2002)

Función económica.

Respecto a la carpeta asfáltica, la base tiene una función económica análoga a la que tiene la subbase respecto a la base. (Montejo Fonseca, 2002)

La base granular.

Resistencia.

La función fundamental de la base granular de un pavimento consiste en proporcionar un elemento resistente que transmita a la subbase y a la subrasante los esfuerzos producidos por el tránsito en una intensidad apropiada. (Montejo Fonseca, 2002)

Función económica.

Respecto a la carpeta asfáltica, la base tiene una función económica análoga a la que tiene la subbase respecto a la base. (Montejo Fonseca, 2002)

TIPOS DE FALLAS EN PAVIMENTOS FLEXIBLES

Piel de cocodrilo.

Es la típica falla por fatiga del material, como su nombre lo indica está formada por fisuras interconectadas y se considera una falla mayor. Este tipo de deterioro comienza en la parte inferior de la capa de concreto asfáltico o de la base estabilizada (si existe), donde las tensiones y deformaciones causadas por las cargas de tránsito alcanzan sus mayores valores. Las fisuras se propagan a la superficie en forma de fisuras longitudinales más o menos 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. (AASHTO 93, 2006)

Figura 1

Detalle de la falla “Piel de cocodrilo”.



Fuente: (MINISTERIO DE TRANSPORTE INSTITUTO NACIONAL DE VIAS, 2006)

Exudación.

Es el desarrollo de una película de material bituminoso en la superficie del pavimento que crea una superficie brillante y muy lisa. La causa es la excesiva cantidad de asfalto de la mezcla o el bajo contenido de vacíos en la misma. Ocurre cuando el asfalto llena los vacíos de la mezcla durante la época de calor y se expande sobre la superficie del pavimento. (AASHTO 93, 2006)

Figura 2

Detalle de la falla “Exudación”.



Fuente: (MINISTERIO DE TRANSPORTE INSTITUTO NACIONAL DE VIAS, 2006)

Fisuras en bloque.

Consisten en fisuras interconectadas que forman una serie de grandes polígonos con bordes agudos y quebrados. La causa es la rigidización y contracción del asfalto o una subrasante que se vuelve inestable. Si no se corrige, este tipo de falla deriva en piel de cocodrilo por la entrada de agua en la estructura y ablandamiento de la subrasante. (AASHTO 93, 2006)

Figura 3

Detalle de la falla “Fisuras en bloque”.



Fuente: (MINISTERIO DE TRANSPORTE INSTITUTO NACIONAL DE VIAS, 2006)

Abultamientos y hundimientos.

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 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). (Vásquez, 2002)

Figura 4

Detalle de la falla “Abultamientos y hundimientos”.



Fuente:(MINISTERIO DE TRANSPORTE INSTITUTO NACIONAL DE VIAS, 2006)

Corrugación.

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. (Vásquez, 2002)

Figura 5

Detalle de la falla “Corrugación”.



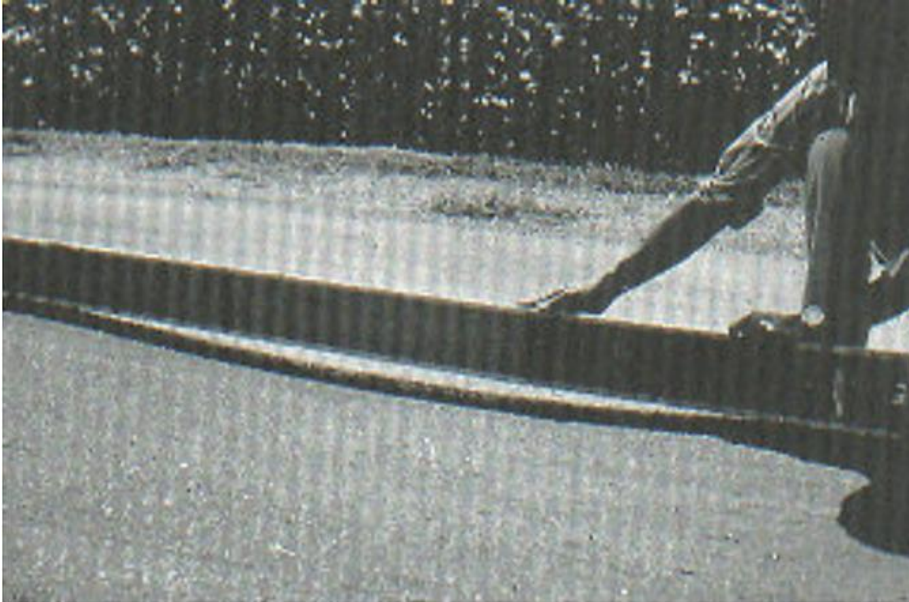
Fuente: (MINISTERIO DE TRANSPORTE INSTITUTO NACIONAL DE VIAS, 2006)

Depresión.

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 hidroplaneo. (Vásquez, 2002)

Figura 6

Detalle de la falla “Depresión”.



Fuente: (Vásquez, 2002)

Grieta de borde.

Las grietas de borde son paralelas al borde 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. (Vásquez, 2002)

Figura 7

Detalle de la falla “Grieta de borde”.



Fuente: (MINISTERIO DE TRANSPORTE INSTITUTO NACIONAL DE VIAS, 2006)

Grieta de reflexión de junta (de losas de concreto de cemento pórtland).

Este daño ocurre solamente en pavimentos con superficie asfáltica contruidos sobre una losa de concreto de cemento Pórtland. No incluye las grietas de reflexión de otros tipos de base. Estas grietas son causadas principalmente por el movimiento de la losa de concreto de cemento Pórtland, inducido por temperatura o humedad, bajo la superficie de concreto asfáltico. Este daño no está relacionado con las cargas; sin embargo, las cargas del tránsito pueden causar la rotura del concreto asfáltico cerca de la grieta. Si el pavimento está fragmentado a lo largo de la grieta, se dice que aquella está descascarada. El conocimiento de las dimensiones de la losa subyacente a la superficie de concreto asfáltico ayuda a identificar estos daños. (Vásquez, 2002)

Figura 8

Detalle de la falla “Grieta de reflexión de junta”.



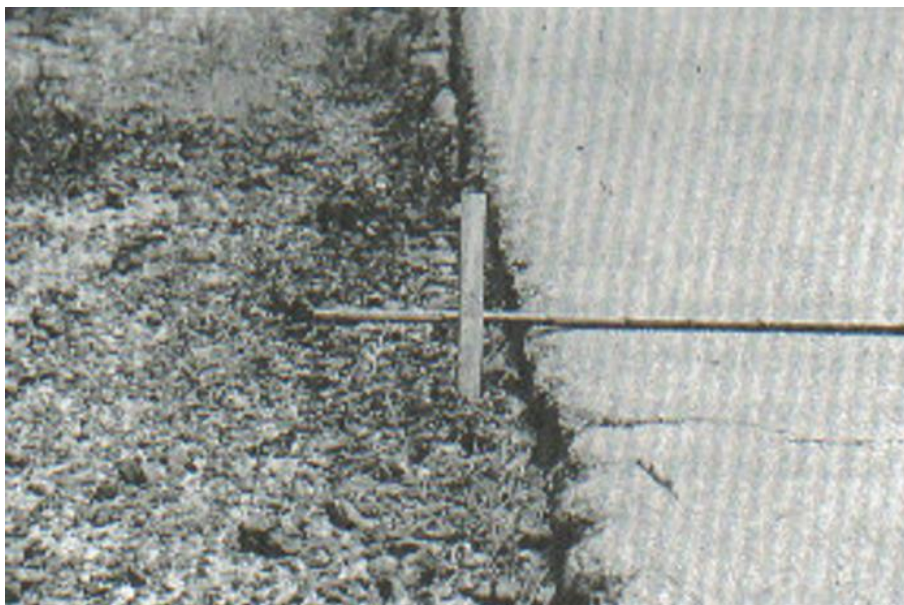
Fuente: (MINISTERIO DE TRANSPORTE INSTITUTO NACIONAL DE VIAS, 2006)

Desnivel carril/berma.

El desnivel carril / berma es una diferencia de niveles entre el borde del pavimento y la berma. Este daño se debe a la erosión de la berma, el asentamiento berma o la colocación de sobrecarpetas en la calzada sin ajustar el nivel de la berma. (Vásquez, 2002)

Figura 9

Detalle de la falla “Desnivel carril/berma”.



Fuente: (Vásquez, 2002)

Fisuras longitudinales y transversales.

Son fisuras que van más o menos paralelas al eje de la calzada. Sus causas son: junta defectuosa de pavimento de un carril a otro, contracción del concreto asfáltico debido a bajas temperaturas o a endurecimiento del asfalto y reflexión de fisuras causadas por movimiento excesivo de juntas o fisuras debajo del concreto asfáltico, incluyendo fisuras en el pavimento de hormigón subyacente. (AASHTO 93, 2006)

Figura 10

Detalle de la falla “Fisuras longitudinales”.



Fuente: (MINISTERIO DE TRANSPORTE INSTITUTO NACIONAL DE VIAS, 2006)

Figura 11

Detalle de la falla “Fisuras Transversales”.



Fuente: (MINISTERIO DE TRANSPORTE INSTITUTO NACIONAL DE VIAS, 2006)

Parcheo y acometidas de servicios públicos.

Un parche es un área de pavimento la cual ha sido remplazada con material nuevo para reparar el pavimento existente. Un parche se considera un defecto no importa que tan bien se comporte (usualmente, un área parchada o el área adyacente no se comportan tan bien como la sección original de pavimento). (Vásquez, 2002)

Figura 12

Detalle de la falla “Parcheo”.



Fuente: (MINISTERIO DE TRANSPORTE INSTITUTO NACIONAL DE VIAS, 2006)

Pulimento de agregados.

Este daño es causado por la repetición de cargas de tránsito. Cuando el agregado en la superficie se vuelve suave al tacto, la adherencia con las llantas del vehículo se reduce considerablemente. Cuando la porción de agregado que está sobre la superficie es pequeña, la textura del pavimento no contribuye de manera significativa a reducir la velocidad del vehículo. El pulimento de agregados debe contarse cuando un examen revela que el agregado que se extiende sobre la superficie es degradable y que la superficie de este es suave al tacto. (Vásquez, 2002)

Figura 13

Detalle de la falla “Pulimento de agregados”.



Fuente: (Vásquez, 2002)

Huecos.

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. (Vásquez, 2002)

Figura 14

Detalle de la falla “Huecos”.



Fuente: (MINISTERIO DE TRANSPORTE INSTITUTO NACIONAL DE VIAS, 2006)

Cruce de vía férrea.

Los defectos asociados al cruce de vía férrea son depresiones o abultamientos alrededor o entre los rieles. (Vásquez, 2002)

Figura 15

Detalle de la falla “Cruce de vía férrea”.



Fuente: (Vásquez, 2002)

Ahuellamiento.

Es una depresión longitudinal de la superficie en correspondencia con la zona transitada por las ruedas. En algunos casos puede ocurrir un levantamiento del asfalto a ambos lados de la huella. Los ahuellamientos poco severos se notan durante una lluvia donde estas hendiduras son ocupadas por el agua. En estados más avanzados de desarrollo estas fallas afectan la base, subbase y eventualmente la subrasante, debido a la consolidación o al movimiento lateral de los materiales por las cargas de tránsito. (AASHTO 93, 2006)

Figura 16

Detalle de la falla “Ahuellamiento”.



Fuente: (MINISTERIO DE TRANSPORTE INSTITUTO NACIONAL DE VIAS, 2006)

Desplazamiento.

El desplazamiento es un corrimiento longitudinal y permanente de un área localizada de la superficie del pavimento producido por las cargas del tránsito. Cuando el tránsito empuja contra el pavimento, produce una onda corta y abrupta en la superficie. Normalmente, este daño sólo ocurre en pavimentos con mezclas de asfalto líquido inestables. (Vásquez, 2002)

Figura 17

Detalle de la falla “Desplazamiento”.



Fuente: (Vásquez, 2002)

Grietas parabólicas.

Las grietas parabólicas por deslizamiento (slippage) son grietas en forma de medialuna creciente. Son producidas cuando las ruedas que frenan o giran inducen el deslizamiento o la deformación de la superficie del pavimento. Usualmente, este daño ocurre en presencia de una mezcla asfáltica de baja resistencia, o de una liga pobre entre la superficie y la capa siguiente en la estructura de pavimento. Este daño no tiene relación alguna con procesos de inestabilidad geotécnica de la calzada. (Vásquez, 2002)

Figura 18

Detalle de la falla “Grietas parabólicas”.



Fuente: (MINISTERIO DE TRANSPORTE INSTITUTO NACIONAL DE VIAS, 2006)

Hinchamiento.

El hinchamiento se caracteriza por un pandeo hacia arriba de la superficie del pavimento una onda larga y gradual con una longitud mayor que 3.0 m. El hinchamiento puede estar acompañado de agrietamiento superficial. Usualmente, este daño es causado por el congelamiento en la subrasante o por suelos potencialmente expansivos. (Vásquez, 2002)

Figura 19

Detalle de la falla “Hinchamiento”.



Fuente: (MINISTERIO DE TRANSPORTE INSTITUTO NACIONAL DE VIAS, 2006)

Meteorización.

La meteorización y el desprendimiento son la pérdida de la superficie del pavimento debida a la pérdida del ligante asfáltico y de las partículas sueltas de agregado. Este daño indica que, o bien el ligante asfáltico se ha endurecido de forma apreciable, o que la mezcla presente es de pobre calidad. Además, el desprendimiento puede ser causado por ciertos tipos de tránsito, por ejemplo, vehículos de orugas. El ablandamiento de la superficie y la pérdida de los agregados debidos al derramamiento de aceites también se consideran como desprendimiento. (Vásquez, 2002)

Figura 20

Detalle de la falla “Meteorización”.



Fuente: (MINISTERIO DE TRANSPORTE INSTITUTO NACIONAL DE VIAS, 2006)

MÉTODO PCI (PAVEMENT CONDITION INDEX)

El Índice de Condición del Pavimento (PCI, por su sigla 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 y las cuales se presentan a continuación. (Vásquez, 2002)

El PCI es un índice numérico que varía desde cero (0), para un pavimento fallado o en mal estado, hasta cien (100) para un pavimento en perfecto estado. En el Cuadro 1 se presentan los rangos de PCI con la correspondiente descripción cualitativa de la condición del pavimento. (Vásquez, 2002)

Tabla 1.
Rangos de clasificación de 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: (Vásquez, 2002)

El cálculo del PCI se fundamenta en los resultados de un inventario visual de la condición del pavimento en el cual se establecen CLASE, SEVERIDAD y CANTIDAD de cada daño. El PCI se desarrolló para obtener un índice de la integridad estructural del pavimento y de la condición operacional de la superficie. La información de los daños obtenida como parte del inventario ofrece una percepción clara de las causas de los daños y su relación con las cargas o con el clima. (Vásquez, 2002)

Tabla 2.
Intervención en base al rango de PCI.

Rango	Clasificación	Intervención
100 - 71	Bueno	Mantenimiento
31 - 70	Regular	Rehabilitación
0 - 30	Malo	Construcción

Fuente: (AASHTO 93, 2006)

CAPÍTULO 3

METODOLOGÍA

Zona de estudio

El área de estudio se encuentra la ciudad de Cuenca, se ubica en la calle 1 de septiembre entre la calle Carmela Malo y la Iglesia de Misicata.

Figura 21

Ubicación de la zona de estudio



Fuente: Elaboración propia

Muestreo y unidades de muestras

Se divide la vía en secciones o “unidades de muestreo”, cuyas dimensiones varían de acuerdo con los tipos de vía y de capa de rodadura; en este caso existe 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 siguiente cuadro se presentan algunas relaciones longitud – ancho de calzada pavimentada. (Vásquez, 2002)

Tabla 3

Longitudes de unidades de muestreo asfáltico

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

Fuente: (Vásquez, 2002)

Determinación de las Unidades de Muestreo para Evaluación

En la “Evaluación De Una Red” vial puede tenerse un número muy grande de unidades de muestreo cuya inspección demandará tiempo y recursos considerables; por lo tanto, es necesario aplicar un proceso de muestreo.

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

Donde:

n: Número mínimo 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.

Durante la inspección inicial se asume una desviación estándar (σ) del PCI de 10 para pavimento asfáltico (rango PCI de 25) y de 15 para pavimento de concreto (rango PCI de 35) En inspecciones subsecuentes se usará la desviación estándar real (o el rango PCI) de la inspección previa en la determinación del número mínimo de unidades que deben evaluarse. (Vásquez, 2002)

Se recomienda que las unidades elegidas estén igualmente espaciadas a lo largo de la sección de pavimento y que la primera de ellas se elija al azar (aleatoriedad sistemática) de la siguiente manera:

- El intervalo de muestreo (i) se expresa mediante la siguiente ecuación.

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

Donde:

N: Número total de unidades de muestreo disponible.

n: Número mínimo de unidades para evaluar.

i: Intervalo de muestreo, se redondea al número entero inferior.

- El inicio al azar se selecciona entre la unidad de muestreo 1 y el intervalo de muestreo i. Así, si $i = 3$, la unidad inicial de muestreo a inspeccionar puede estar entre 1 y 3. Las unidades de muestreo para evaluación se identifican como (S) , $(S + 1)$, $(S + 2)$, etc. Siguiendo con el ejemplo, si la unidad inicial de muestreo para inspección seleccionada es 2 y el intervalo de muestreo (i) es igual a 3, las subsiguientes unidades de muestreo a inspeccionar serían 5, 8, 11, 14, etc.

Evaluación superficial

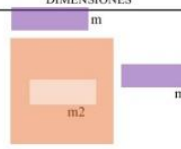
Se entiende por evaluación superficial o funcional, aquella evaluación realizada en una vía con el objeto de determinar los deterioros que afectan al pavimento y al usuario, y conocer el estado en el que se encuentra el mismo. (Leguía & Pacheco, 2016)

La evaluación detallada consiste en inspeccionar la vía caminando sobre ella y realizando la recopilación de datos necesarios, en donde es necesario describir a todos tipos de falla encontrados en función a su severidad, frecuencia y ubicación, así como otra información que se considere necesaria. (Leguía & Pacheco, 2016)

La severidad, representa la criticidad del deterioro en términos de su progresión; entre más severo sea el daño, más importantes deberán ser las medidas para su corrección. De esta manera, se deberá valorar la calidad del viaje, ósea, la percepción que tiene el usuario al transitar en un vehículo a velocidad normal; es así que se describe una guía general de ayuda para establecer el grado de severidad de la calidad de tránsito:

- Bajo (L: Low): se perciben vibraciones en el vehículo (por ejemplo, por corrugaciones), pero no es necesaria la reducción de velocidad en aras de la comodidad o la seguridad.
- Medio (M: Medium): las vibraciones del vehículo son significativas y se requiere una reducción de la velocidad en aras de la comodidad y la seguridad.
- Alto (H: High): las vibraciones en el vehículo son tan excesivas que debe reducirse la velocidad de forma considerable en aras de la comodidad y la seguridad. (Leguía & Pacheco, 2016)

Figura 22
Hoja de registro en campo.

LOGO		INDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE HOJA DE INSPECCIÓN - MÉTODO PCI						N -	
NOMBRE DE LA VIA:		UBICACIÓN:		PROGRESIVA:		FECHA:			
UNIDAD MUESTREADA:		EVALUADOR:							
AREA DE LA MUESTRA (m2):									
TIPOS DE FALLAS									
OBSERVACIONES	1.- Piel de cocodrilo	PC	m2	11.- Parcheo	PA	m2	FORMA DE LA MUESTRA DIMENSIONES 		
	2.- Exudación	EX	m2	12.- Pulimento de agregados	PU	m2			
	3.- Agrietamiento en bloque	BLO	m2	13.- Huecos	HUE	und			
	4.- Abultamientos y hundimientos	ABH	m2	14.- Cruce de vía férrea	CVF	m2			
	5.- Corrugación	COR	m2	15.- Ahuellamiento	AHU	m2			
	6.- Depresión	DEP	m2	16.- Desplazamiento	DES	m2			
	7.- Grieta de borde	GB	m	17.- Grieta parabólica	GP	m2			
	8.- Grieta de reflexión de junta	GR	m	18.- Hinchamiento	HN	m2			
	9.- Desnivel carril / berma	DN	m	19.- Desprendimiento de agregados	DAG	m2			
	10.- Grietas long y transversal	GLT	m						
TIPOS DE FALLAS EXISTENTES									
1			2			3			
L	M	H	L	M	H	L	M	H	
TOTAL POR FALLA									
4			5			6			
L	M	H	L	M	H	L	M	H	
TOTAL POR FALLA									
7			8			9			
L	M	H	L	M	H	L	M	H	
TOTAL POR FALLA									

Fuente: Elaboración propia

Cálculo del PCI

Luego de culminar la inspección de campo, la información recogida se utiliza para calcular el PCI. El cálculo está basado en los “valores deducidos” de cada daño, de acuerdo con la cantidad y severidad reportadas. (Leguía & Pacheco, 2016)

ESTO SE DIVIDE EN ETAPAS

Etapas 1:

- Se totaliza cada tipo y nivel de severidad de daño.
- Se divide la cantidad de cada clase de daño, en cada nivel de severidad, entre el área total de la unidad de muestreo y expresar el resultado en porcentaje. Esta será la densidad de cada daño.
- Se determina el valor deducido para cada tipo de daño y su nivel de severidad mediante las curvas y tablas. (Leguía & Pacheco, 2016)

Tabla 4

Valores deducidos del daño

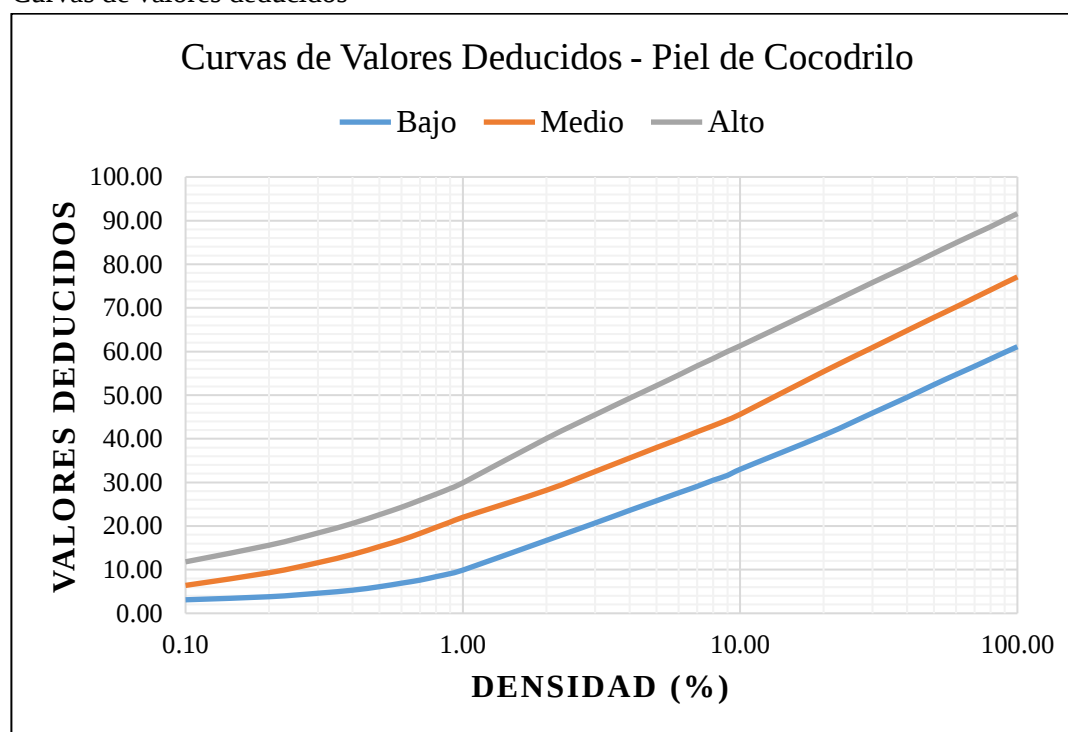
1.- Piel de cocodrilo			
DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO		
	Bajo	Medio	Alto
0.10	3.10	6.40	11.80
0.20	3.80	9.30	15.60
0.30	4.60	11.60	18.40
0.40	5.30	13.50	20.60
0.50	6.10	15.30	22.60
0.60	6.90	16.80	24.30
0.70	7.60	18.30	25.90
0.80	8.40	19.70	27.30
0.90	9.10	20.90	28.60
1.00	9.90	22.00	29.90
2.00	16.70	28.20	40.05
3.00	20.70	32.50	45.50
4.00	23.60	35.60	49.30
5.00	25.80	38.00	52.20
6.00	27.60	39.90	54.60
7.00	29.10	41.60	56.70
8.00	30.50	43.00	58.40

9.00	31.60	44.30	60.00
10.00	33.00	45.60	61.30
20.00	40.80	55.40	70.40
30.00	45.90	60.90	75.80
40.00	49.50	64.80	79.50
50.00	52.40	67.80	82.50
60.00	54.70	70.20	84.90
70.00	56.60	72.30	86.90
80.00	58.30	74.10	88.60
90.00	59.80	75.70	90.20
100.00	61.10	77.10	91.60

Fuente: (Leguía & Pacheco, 2016)

Figura 23

Curvas de valores deducidos



Fuente: (Leguía & Pacheco, 2016)

Nota: Las gráficas de cada tipo de daño se encuentra en anexos.

Etapas 2:

Determinación del número máximo admisible de valores deducidos (m):

Se determina el “Número máximo de valores deducidos” (m), utilizando la siguiente ecuación:

$$m = 1.00 + \frac{9}{98}(100 - HDVi). \text{ (Leguía \& Pacheco, 2016)}$$

Etapas 3:

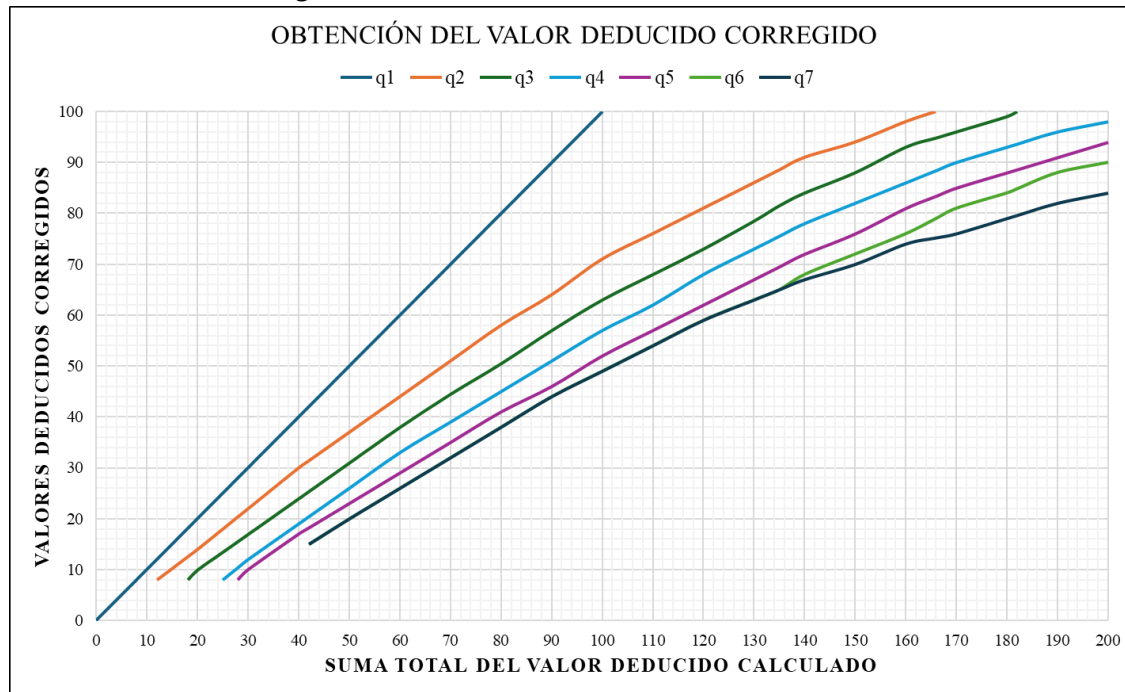
Cálculo del máximo valor deducido corregido (CDV):

Este paso se realiza mediante un proceso iterativo que se describe a continuación:

- Se determina el número de valores deducidos (q) mayores que 2.
- Se procede a determinar el “valor deducido total” sumando todos los valores individuales.
- Se calcula el CDV con el “q” y el “valor deducido total” en la curva de corrección pertinente al tipo de pavimento.
- Se reduce a 2.0 el menor de los “valores deducidos” individuales que sea mayor que 2.0 y repita las etapas iniciales de esta etapa hasta que sea igual a 1.
- El “máximo CDV” es el mayor valor de los CDV obtenidos en este proceso.

Figura 24

Valores deducidos corregidos



Fuente: Procedimiento estándar PCI según ASTM D 6433-03

Etapas 4:

Determinar el PCI de la unidad restando el “máximo CDV” de 100, obtenido en la ETAPA 3.

$$PCI = 100 - \text{máx. } CDV$$

Donde:

PCI: Índice de Condición del pavimento Máx.

CDV: Máximo valor corregido deducido

RESULTADOS***Zona de estudio***

Se realizó en la ciudad de Cuenca, sector Misicata; calle 1° de septiembre desde Carmela Malo hasta iglesia de Misicata. La longitud de sección analizada fue de 1360 metros.

En la siguiente imagen se identifica la sección y sus puntos de inicio y fin; siendo el punto A, la intersección con la calle Carmela Malo (inicio) y el punto B la iglesia de Misicata (fin).

Figura 25
Sección de estudio



Fuente: Elaboración propia.

Muestreo y unidades de muestra

Con los datos tomados en campo; ancho de calzada y longitud de sección, determinamos según la tabla 3 la longitud de la unidad de muestreo.

Teniendo:

- Ancho de calzada: 7.5 metros
- Longitud de sección: 1360 metros

Y, longitud de la unidad de muestreo de 31.5 metros.

Calculamos el área de la muestra a ser analizada, multiplicando el ancho de la calzada por la longitud de la unidad de muestreo ($7.5\text{m} * 31.5\text{m}$), obteniendo **236.25 metros cuadrados.**

Determinamos el número de unidades de muestreo en la sección del pavimento y el número mínimo de unidades de muestreo a evaluar.

- Número total de unidades de muestreo en la sección (N): 43.18 u
- Desviación estándar del PCI entre las unidades (σ): 10, debido a que la sección es evaluada por primera vez.
- Error admisible en el estimativo del PCI de la sección (e): 5%

Con los parámetros detallados previamente y con la siguiente ecuación obtenemos el número mínimo de unidades de muestreo a evaluar:

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

$$n = 12 \text{ u.}$$

Determinación de las unidades de muestreo para evaluación

Se recomienda que las unidades elegidas estén igualmente espaciadas a lo largo de la sección de pavimento y que la primera de ellas se elija al azar (aleatoriedad sistemática) de la siguiente manera:

- Determinamos el intervalo o patrón de muestreo con los parámetros calculados previamente y la siguiente ecuación:

$$i = \frac{N}{n} = \frac{43.18}{12} = \mathbf{3.598}$$

El patrón de muestreo se redondea al número entero inferior, por lo tanto $i = 3$.

La unidad inicial de muestreo a inspeccionar puede estar entre 1 y 3, además las unidades de muestreo para la evaluación se identifican como (S), (S+1), (S+2), etc.

Valor de la unidad inicial de muestreo seleccionada: **1**.

Obtenemos las unidades de muestra a ser evaluadas; unidad inicial = 1, patrón = 3, por lo tanto, tenemos: $(1 + 3 = 4)$, $(4 + 3 = 7)$, $(7 + 3 = 10)$, y así respectivamente. En la siguiente tabla se presenta las 15 muestras a ser evaluadas.

Tabla 5

Tramos o unidades de muestra a ser evaluadas

	Muestra	#
S =	1	1
S+1 =	4	2
S+2 =	7	3
S+3 =	10	4
S+4 =	13	5
S+5 =	16	6
S+6 =	19	7
S+7 =	22	8
S+8 =	25	9
S+9 =	28	10
S+10 =	31	11
S+11 =	34	12
S+12 =	37	13
S+13 =	40	14
S+14 =	43	15

Fuente: elaboración propia.

En la siguiente tabla se presenta las abscisas correspondientes a cada unidad de muestra:

Tabla 6

Abscisas de las unidades de muestra a ser evaluadas

#	Inicio	Fin	Detalle
1	0+000	0+031.5	De 0+000 a 0+031.5
2	0+094.5	0+126	De 0+094.5 a 0+126
3	0+189	0+220.5	De 0+189 a 0+220.5
4	0+283.5	0+315	De 0+283.5 a 0+315
5	0+378	0+409.5	De 0+378 a 0+409.5
6	0+472.5	0+504	De 0+472.5 a 0+504
7	0+567	0+598.5	De 0+567 a 0+598.5
8	0+661.5	0+693	De 0+661.5 a 0+693
9	0+756	0+787.5	De 0+756 a 0+787.5
10	0+850.5	0+882	De 0+850.5 a 0+882
11	0+945	0+976.5	De 0+945 a 0+976.5

12	1+039.5	1+071	De 1+039.5 a 1+071
13	1+134	1+165.5	De 1+134 a 1+165.5
14	1+228.5	1+260	De 1+228.5 a 1+260
15	1+323	1+354.5	De 1+323 a 1+354.5

Fuente: elaboración propia.

Evaluación superficial en campo

Una vez determinadas las unidades a ser evaluadas y sus respectivas abscisas se realizó el levantamiento en campo de las fallas presentes en cada número de tramo, utilizando las hojas de registro para recoger la información.

En las siguientes figuras se presentan las hojas de registro de los primeros 2 tramos, los 13 tramos restantes se adjuntarán en anexos.

Figura 26

Hoja de registro de muestra 1 – tramo 1

LOGO		INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO FLEXIBLE HOJA DE INSPECCION - METODO PCI						N - 1	
NOMBRE DE LA VIA:	1° de Septiembre entre Carmela Malo y la Iglesia de Mísicata	UBICACIÓN:		MISICATA				FECHA:	
UNIDAD MUESTREADA:	1	PROGRESIVA:		De 0+000 a 0+031.5				09 de noviembre de 2024	
AREA DE LA MUESTRA (m2):	236.25	EVALUADOR:		Javier Vinicio Yupangui Guanuche					
TIPOS DE FALLAS									
OBSERVACIONES	1.- Piel de cocodrilo	PC	m2	11.- Parcheo	PA	m2	FORMA DE LA MUESTRA DIMENSIONES 7.5 m  31.5 m		
	2.- Exudación	EX	m2	12.- Pulimento de agregados	PU	m2			
	3.- Agrietamiento en bloque	BLO	m2	13.- Huecos	HUE	und			
	4.- Abultamientos y hundimientos	ABH	m2	14.- Cruce de vía férrea	CVF	m2			
	5.- Corrugación	COR	m2	15.- Ahuellamiento	AHU	m2			
	6.- Depresión	DEP	m2	16.- Desplazamiento	DES	m2			
	7.- Grieta de borde	GB	m	17.- Grieta parabólica	GP	m2			
	8.- Grieta de reflexión de junta	GR	m	18.- Hinchamiento	HN	m2			
	9.- Desnivel carril / berma	DN	m	19.- Desprendimiento de agregados	DAG	m2			
	10.- Grietas long y transversal	GLT	m						
TIPOS DE FALLAS EXISTENTES									
1			2			3			
L	M	H	L	M	H	L	M	H	
TOTAL POR FALLA	0	0	0	0	0	0	0	0	
4			5			6			
L	M	H	L	M	H	L	M	H	
TOTAL POR FALLA	0	0	0	0	0	0	0	0	
7			8			9			
L	M	H	L	M	H	L	M	H	
	14.4								
TOTAL POR FALLA	0	14.4	0	0	0	0	0	0	
10			11			12			
L	M	H	L	M	H	L	M	H	
1.1			2.97						
0.45			2.6						
TOTAL POR FALLA	1.55	0	0	5.57	0	0	0	0	
13			14			15			
L	M	H	L	M	H	L	M	H	
TOTAL POR FALLA	0	0	0	0	0	0	0	0	
16			17			18			
L	M	H	L	M	H	L	M	H	
TOTAL POR FALLA	0	0	0	0	0	0	0	0	
19									
L	M	H							
TOTAL POR FALLA	0	0	0						

Fuente: elaboración propia.

Figura 27

Hoja de registro de muestra 2 – tramo 2

LOGO		INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO FLEXIBLE HOJA DE INSECCION - METODO PCI						N - 2																																																																
NOMBRE DE LA VIA:	1° de Septiembre entre Carmela Malo y la Iglesia de Misicata	UBICACIÓN:		MISICATA				FECHA:																																																																
UNIDAD MUESTREADA:	2	PROGRESIVA:		De 0+094.5 a 0+126				09 de noviembre de 2024																																																																
AREA DE LA MUESTRA (m2):	236.25	EVALUADOR:		Javier Vinicio Yupangui Guanuche																																																																				
TIPOS DE FALLAS																																																																								
OBSERVACIONES	1.- Piel de cocodrilo	PC	m2	11.- Parcheo	PA	m2	FORMA DE LA MUESTRA DIMENSIONES 7.5 m  31.5 m																																																																	
	2.- Exudación	EX	m2	12.- Pulimento de agregados	PU	m2																																																																		
	3.- Agrietamiento en bloque	BLO	m2	13.- Huecos	HUE	und																																																																		
	4.- Abultamientos y hundimientos	ABH	m2	14.- Cruce de vía férrea	CVF	m2																																																																		
	5.- Corrugación	COR	m2	15.- Ahuellamiento	AHU	m2																																																																		
	6.- Depresión	DEP	m2	16.- Desplazamiento	DES	m2																																																																		
	7.- Grieta de borde	GB	m	17.- Grieta parabólica	GP	m2																																																																		
	8.- Grieta de reflexión de junta	GR	m	18.- Hinchamiento	HN	m2																																																																		
	9.- Desnivel carril / berma	DN	m	19.- Desprendimiento de agregados	DAG	m2																																																																		
	10.- Grietas long y transversal	GLT	m																																																																					
TIPOS DE FALLAS EXISTENTES																																																																								
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="3">1</th> <th colspan="3">2</th> <th colspan="3">3</th> </tr> <tr> <th>L</th> <th>M</th> <th>H</th> <th>L</th> <th>M</th> <th>H</th> <th>L</th> <th>M</th> <th>H</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr> <td>TOTAL POR FALLA</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> </tbody> </table>										1			2			3			L	M	H	L	M	H	L	M	H																																					TOTAL POR FALLA	0	0	0	0	0	0	0	0
1			2			3																																																																		
L	M	H	L	M	H	L	M	H																																																																
TOTAL POR FALLA	0	0	0	0	0	0	0	0																																																																
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="3">4</th> <th colspan="3">5</th> <th colspan="3">6</th> </tr> <tr> <th>L</th> <th>M</th> <th>H</th> <th>L</th> <th>M</th> <th>H</th> <th>L</th> <th>M</th> <th>H</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr> <td>TOTAL POR FALLA</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> </tbody> </table>										4			5			6			L	M	H	L	M	H	L	M	H																																					TOTAL POR FALLA	0	0	0	0	0	0	0	0
4			5			6																																																																		
L	M	H	L	M	H	L	M	H																																																																
TOTAL POR FALLA	0	0	0	0	0	0	0	0																																																																
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="3">7</th> <th colspan="3">8</th> <th colspan="3">9</th> </tr> <tr> <th>L</th> <th>M</th> <th>H</th> <th>L</th> <th>M</th> <th>H</th> <th>L</th> <th>M</th> <th>H</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr> <td>TOTAL POR FALLA</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> </tbody> </table>										7			8			9			L	M	H	L	M	H	L	M	H																																					TOTAL POR FALLA	0	0	0	0	0	0	0	0
7			8			9																																																																		
L	M	H	L	M	H	L	M	H																																																																
TOTAL POR FALLA	0	0	0	0	0	0	0	0																																																																
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="3">10</th> <th colspan="3">11</th> <th colspan="3">12</th> </tr> <tr> <th>L</th> <th>M</th> <th>H</th> <th>L</th> <th>M</th> <th>H</th> <th>L</th> <th>M</th> <th>H</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td>5.28</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td>1.9</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td>4.07</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr> <td>TOTAL POR FALLA</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>11.25</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> </tbody> </table>										10			11			12			L	M	H	L	M	H	L	M	H													5.28									1.9									4.07						TOTAL POR FALLA	0	0	0	11.25	0	0	0	0
10			11			12																																																																		
L	M	H	L	M	H	L	M	H																																																																
			5.28																																																																					
			1.9																																																																					
			4.07																																																																					
TOTAL POR FALLA	0	0	0	11.25	0	0	0	0																																																																
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="3">13</th> <th colspan="3">14</th> <th colspan="3">15</th> </tr> <tr> <th>L</th> <th>M</th> <th>H</th> <th>L</th> <th>M</th> <th>H</th> <th>L</th> <th>M</th> <th>H</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr> <td>TOTAL POR FALLA</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> </tbody> </table>										13			14			15			L	M	H	L	M	H	L	M	H																																					TOTAL POR FALLA	0	0	0	0	0	0	0	0
13			14			15																																																																		
L	M	H	L	M	H	L	M	H																																																																
TOTAL POR FALLA	0	0	0	0	0	0	0	0																																																																
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="3">16</th> <th colspan="3">17</th> <th colspan="3">18</th> </tr> <tr> <th>L</th> <th>M</th> <th>H</th> <th>L</th> <th>M</th> <th>H</th> <th>L</th> <th>M</th> <th>H</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr> <td>TOTAL POR FALLA</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> </tbody> </table>										16			17			18			L	M	H	L	M	H	L	M	H																																					TOTAL POR FALLA	0	0	0	0	0	0	0	0
16			17			18																																																																		
L	M	H	L	M	H	L	M	H																																																																
TOTAL POR FALLA	0	0	0	0	0	0	0	0																																																																
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="3">19</th> </tr> <tr> <th>L</th> <th>M</th> <th>H</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td></tr> <tr> <td>TOTAL POR FALLA</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> </tbody> </table>										19			L	M	H													TOTAL POR FALLA	0	0	0																																									
19																																																																								
L	M	H																																																																						
TOTAL POR FALLA	0	0	0																																																																					

Fuente: elaboración propia.

Cálculo del PCI por muestra

Con la información de las hojas de registro determinamos la densidad por cada tipo de falla, valor deducido total, valor deducido corregido y finalmente el Índice de Condición del Pavimento (PCI) de la muestra analizada.

En las siguientes se presentan los cálculos del PCI de los primeros 2 tramos, los 13 tramos restantes se adjuntarán en anexos.

Figura 28

Cálculo del PCI de la muestra 1 – tramo 1

CÁLCULO DEL PCI				
TIPO DE FALLA	SEVERIDAD	TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO
1	L	0	0.00	
	M	0	0.00	
	H	0	0.00	
2	L	0	0.00	
	M	0	0.00	
	H	0	0.00	
3	L	0	0.00	
	M	0	0.00	
	H	0	0.00	
4	L	0	0.00	
	M	0	0.00	
	H	0	0.00	
5	L	0	0.00	
	M	0	0.00	
	H	0	0.00	
6	L	0	0.00	
	M	0	0.00	
	H	0	0.00	
7	L	0	0.00	
	M	14.4	6.10	11.39
	H	0	0.00	
8	L	0	0.00	
	M	0	0.00	
	H	0	0.00	
9	L	0	0.00	
	M	0	0.00	
	H	0	0.00	
10	L	1.55	0.66	-1.26
	M	0	0.00	
	H	0	0.00	
11	L	5.57	2.36	5.11
	M	0	0.00	
	H	0	0.00	
12	L	0	0.00	
	M	0	0.00	
	H	0	0.00	
13	L	0	0.00	
	M	0	0.00	
	H	0	0.00	
14	L	0	0.00	
	M	0	0.00	
	H	0	0.00	
15	L	0	0.00	
	M	0	0.00	
	H	0	0.00	
16	L	0	0.00	
	M	0	0.00	
	H	0	0.00	
17	L	0	0.00	
	M	0	0.00	
	H	0	0.00	
18	L	0	0.00	
	M	0	0.00	
	H	0	0.00	
19	L	0	0.00	
	M	0	0.00	
	H	0	0.00	
VALOR TOTAL DE DEDUCCIÓN			VDI =	16.51

CÁLCULO DE PCI	
Número de deducciones >2 (q)	2
Valor deducido más alto (HDV _i)	11.39
Número máximo de valores deducidos (m _i)	9.14

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

N°	VALORES DEDUCIDOS							VDI	q	VDC
1	11.39	5.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	16.51	2.00	11.456
2	11.39	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	13.39	1.00	13.393
3										
4										
5										
6										
7										
Max VDC										13.393

INDICE DE CONDICION DEL ESTADO DEL PAVIMENTO:

 PCI: 100 - (MAX VDC)
 PCI: 86.61

86.61

CONDICION DEL ESTADO DEL PAVIMENTO:

EXCELENTE

Fuente: elaboración propia.

Figura 29

Cálculo del PCI de la muestra 2 – tramo 2

CÁLCULO DEL PCI				
TIPO DE FALLA	SEVERIDAD	TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO
1	L	0	0.00	
	M	0	0.00	
	H	0	0.00	
2	L	0	0.00	
	M	0	0.00	
	H	0	0.00	
3	L	0	0.00	
	M	0	0.00	
	H	0	0.00	
4	L	0	0.00	
	M	0	0.00	
	H	0	0.00	
5	L	0	0.00	
	M	0	0.00	
	H	0	0.00	
6	L	0	0.00	
	M	0	0.00	
	H	0	0.00	
7	L	0	0.00	
	M	0	0.00	
	H	0	0.00	
8	L	0	0.00	
	M	0	0.00	
	H	0	0.00	
9	L	0	0.00	
	M	0	0.00	
	H	0	0.00	
10	L	0	0.00	
	M	0	0.00	
	H	0	0.00	
11	L	11.25	4.76	9.58
	M	0	0.00	
	H	0	0.00	
12	L	0	0.00	
	M	0	0.00	
	H	0	0.00	
13	L	0	0.00	
	M	0	0.00	
	H	0	0.00	
14	L	0	0.00	
	M	0	0.00	
	H	0	0.00	
15	L	0	0.00	
	M	0	0.00	
	H	0	0.00	
16	L	0	0.00	
	M	0	0.00	
	H	0	0.00	
17	L	0	0.00	
	M	0	0.00	
	H	0	0.00	
18	L	0	0.00	
	M	0	0.00	
	H	0	0.00	
19	L	0	0.00	
	M	0	0.00	
	H	0	0.00	
VALOR TOTAL DE DEDUCCIÓN			VDI =	9.58

9.58

CÁLCULO DE PCI	
Número de deducidos >2 (q)	1
Valor deducido mas alto (HDV _i)	9.58
Numero maximo de valores deducidos (mi)	9.30

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

Nº	VALORES DEDUCIDOS							VDI	q	VDC
1	9.58	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	9.58	1.00	9.578
2										
3										
4										
5										
6										
7										
Max VDC										9.578

INDICE DE CONDICION DEL ESTADO DEL PAVIMENTO:

 PCI: 100 - (MAX VDC)
 PCI: 90.42

90.42

CONDICION DEL ESTADO DEL PAVIMENTO:

EXCELENTE

Fuente: elaboración propia.

En la figura 28 correspondiente al cálculo del tramo 1, se evidencia una densidad total de 9.12% de afectación con relación al área total de la muestra que es de 236.25 m², teniendo principalmente las siguientes fallas; grieta de borde en severidad media, grietas longitudinales y transversales en severidad baja y parcheo en severidad baja, dando un valor de PCI de 86.6 por ende la condición del estado del pavimento del tramo es EXCELENTE.

De la misma manera, en la figura 29 correspondiente al cálculo del tramo 2, se evidencia una densidad total de 4.76% de afectación con relación al área total de la muestra que es de 236.25 m², teniendo principalmente la siguiente falla; parcheo en severidad baja, dando un valor de PCI de 90.4 por ende la condición del estado del pavimento del tramo es EXCELENTE.

En la siguiente tabla se presenta el resumen de los valores de PCI de cada muestra, sus progresivas, área muestreada, valor deducido calculado, valor deducido corregido, clasificación del pavimento y su intervención de rango.

Figura 30

Tabla resumen de muestras evaluadas

UNIDAD DE MUESTRA	PROGRESIVA INICIAL	PROGRESIVA FINAL	ÁREA	VALOR DEDUCIDO TOTAL CALCULADO	VALOR DEDUCIDO MÁXIMO CORREGIDO	PCI CALCULADO	CLASIFICACIÓN DEL PAVIMENTO	INTERVENCIÓN DE RANGO
--	km	km	m ²	VDT	MAX V.D.C	--	PCI	Observación
Muestra 1 - Tramo 1	0+000	0+031.5	236.25	16.51	13.39	86.61	EXCELENTE	MANTENIMIENTO
Muestra 2 - Tramo 2	0+094.5	0+126	236.25	9.58	9.58	90.42	EXCELENTE	MANTENIMIENTO
Muestra 3 - Tramo 3	0+189	0+220.5	236.25	2.64	2.64	97.36	EXCELENTE	MANTENIMIENTO
Muestra 4 - Tramo 4	0+283.5	0+315	236.25	50.99	29.07	70.93	MUY BUENO	MANTENIMIENTO
Muestra 5 - Tramo 5	0+378	0+409.5	236.25	11.00	7.65	92.35	EXCELENTE	MANTENIMIENTO
Muestra 6 - Tramo 6	0+472.5	0+504	236.25	15.76	13.29	86.71	EXCELENTE	MANTENIMIENTO
Muestra 7 - Tramo 7	0+567	0+598.5	236.25	5.51	4.28	95.72	EXCELENTE	MANTENIMIENTO
Muestra 8 - Tramo 8	0+661.5	0+693	236.25	24.75	16.07	83.93	MUY BUENO	MANTENIMIENTO
Muestra 9 - Tramo 9	0+756	0+787.5	236.25	25.41	15.83	84.17	MUY BUENO	MANTENIMIENTO
Muestra 10 - Tramo 10	0+850.5	0+882	236.25	31.57	20.39	79.61	MUY BUENO	MANTENIMIENTO
Muestra 11 - Tramo 11	0+945	0+976.5	236.25	73.70	46.16	53.84	REGULAR	REHABILITACIÓN
Muestra 12 - Tramo 12	1+039.5	1+071	236.25	24.58	15.96	84.04	MUY BUENO	MANTENIMIENTO
Muestra 13 - Tramo 13	1+134	1+165.5	236.25	49.13	28.48	71.52	MUY BUENO	MANTENIMIENTO
Muestra 14 - Tramo 14	1+228.5	1+260	236.25	25.79	16.29	83.71	MUY BUENO	MANTENIMIENTO
Muestra 15 - Tramo 15	1+323	1+354.5	236.25	19.14	16.76	83.24	MUY BUENO	MANTENIMIENTO

Fuente: elaboración propia.

Posterior al cálculo del PCI de cada muestra se determina el valor del PCI de la sección con la siguiente formula:

$$PCI_S = \frac{[(N - A) * PCI_R] + (A * PCI_A)}{N}$$

Donde:

PCI_S : PCI de la sección del pavimento.

PCI_R : PCI promedio de las unidades de muestreo aleatorias.

PCI_A : 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.

Teniendo los siguientes valores:

$PCI_R = 82.94$, promedio de los valores de PCI de las 15 muestras.

$PCI_A = 0$, no se tomaron muestras adicionales.

$N = 15$, muestras evaluadas en toda la sección.

$A = 0$, no se tomaron muestras adicionales.

Se obtuvo un Índice de Condición de Pavimento de la sección de 82.9, estando en la clasificación de MUY BUENO y en intervención de rango en MANTENIMIENTO.

CAPÍTULO 4

CONCLUSIONES

En este estudio se evaluó la condición del pavimento de la calle 1° de septiembre; entre Carmela Malo y la iglesia de Misicata, mediante el método PCI (Índice de Condición del Pavimento) y con una **longitud es de 1360 metros**. Para ello, se **tomaron 15 muestras** distribuidas uniformemente a lo largo de la calle, asegurando una cobertura representativa de la sección de pavimento, mismas que eran de **7.5 m de ancho (ancho de la calle) por 31.5 metros de longitud de unidad de muestra**.

Los resultados obtenidos muestran valores de **PCI que oscilan entre 50 y 98**, indicando una condición de pavimento que varía de **regular a excelente**. Las fallas más comunes encontradas son **piel de cocodrilo** (falla 1), **agrietamiento en bloque** (falla 3), **abultamientos y hundimientos** (falla 4), **grieta de borde** (falla 7), **grietas longitudinales y transversales** (falla 10), **parqueo** (falla 11) y **huecos** (falla 13).

Estas fallas son causadas principalmente por la **fatiga del pavimento** debido a cargas repetidas, la **contracción y expansión** del material por **cambios de temperatura y humedad**, la falta de **soporte adecuado en la base o subbase**, la **infiltración de agua** y la **calidad de los materiales y la construcción**. Cada tipo de falla tiene sus propias características y causas específicas, pero todas afectan la integridad y funcionalidad del pavimento.

El valor del PCIs derivado de las muestras evaluadas, cuyo valor es de **81.9**, indica que la clasificación del pavimento de la sección es **MUY BUENO** y debido a ello se determina la intervención de rango a **MANTENIMIENTO**.

Algunas actividades de mantenimiento recomendadas serian: sellado de grietas, limpieza y desbroce, reparación de juntas, aplicación de tratamientos superficiales e inspecciones

regulares. Estas actividades ayudan a mantener el pavimento en óptimas condiciones y a prolongar su vida útil.

En conclusión, este estudio proporciona una evaluación integral de la condición del pavimento mediante el método PCI de la calle 1° de septiembre, ofreciendo una base sólida para la toma de decisiones en el mantenimiento y rehabilitación de la vía, contribuyendo así al desarrollo sostenible de la infraestructura vial.

RECOMENDACIONES

La interpretación de estos resultados sugiere que, aunque la mayoría de la vía se encuentra en buen estado, es necesario implementar un plan de mantenimiento preventivo, especialmente en las secciones críticas identificadas.

Las implicaciones prácticas de este estudio son significativas para la planificación del mantenimiento vial. Además, se sugiere la implementación de un sistema de monitoreo continuo para mantener actualizada la condición del pavimento y prevenir deterioros mayores.

Para futuras investigaciones, se recomienda ampliar el alcance geográfico del estudio y considerar el uso de tecnologías avanzadas como el escaneo láser para una evaluación más detallada.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

AASHTO 93. (2006). *DISEÑO DE PAVIMENTO AASHTO 93*.

Aviles, G., & Vincuña, P. (2022). *Evaluación estructural y funcional del pavimento de la Av.*

Héroes de Verdeloma entre Américas y Gil Ramírez Dávalos.

INEC. (2017, November 1). *Conozcamos Cuenca a través de sus cifras*.

<https://www.ecuadorencifras.gob.ec/conozcamos-cuenca-a-traves-de-sus-cifras/#:~:text=Cuenca%2C%20tambi%C3%A9n%20conocida%20como%20la,este%20cant%C3%B3n%20tenga%20636.996%20habitantes>.

Leguía, P., & Pacheco, H. (2016). *EVALUACIÓN SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE POR EL MÉTODO PAVEMENT CONDITION INDEX (PCI) EN LAS VÍAS ARTERIALES: CINCUENTENARIO, COLÓN Y MIGUEL GRAU (HUACHO-HUAURA-LIMA)*.

Martínez, C. A. (2015). *Análisis del ciclo de vida de los pavimentos asfálticos*. Universidad Militar Nueva Granada. <http://hdl.handle.net/10654/15195>

Montejo Fonseca, A. (2002). *Ingeniería de pavimentos*. Universidad Católica de Colombia Ediciones y Publicaciones.

MINISTERIO DE TRANSPORTE INSTITUTO NACIONAL DE VIAS. (2006). *ESTUDIO E INVESTIGACIÓN DEL ESTADO ACTUAL DE LAS OBRAS DE LA RED NACIONAL DE CARRETERAS CONVENIO INTERADMINISTRATIVO 0587-03 MANUAL PARA LA INSPECCIÓN VISUAL DE PAVIMENTOS FLEXIBLES REPÚBLICA DE COLOMBIA MINISTERIO DE TRANSPORTE INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS*.

Vásquez, L. (2002). *Manual de daños en vías con superficie de concreto asfáltico*.

ANEXOS

ANEXO A - Levantamiento de información en campo.







ANEXO B – Cálculos y tablas.