



UTMACH

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

**ANÁLISIS DEL PAVIMENTO DE LA AVENIDA CIRCUNVALACIÓN
NORTE DESDE LA AVENIDA LAS PALMERAS HASTA LA VÍA LA
PRIMAVERA EN LA CIUDAD DE MACHALA**

**PEREZ CRUZ GEORGE HENRY
INGENIERO CIVIL**

**MACHALA
2022**



UTMACH

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

**ANÁLISIS DEL PAVIMENTO DE LA AVENIDA
CIRCUNVALACIÓN NORTE DESDE LA AVENIDA LAS
PALMERAS HASTA LA VÍA LA PRIMAVERA EN LA CIUDAD
DE MACHALA**

**PEREZ CRUZ GEORGE HENRY
INGENIERO CIVIL**

**MACHALA
2022**



UTMACH

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

PROYECTOS TÉCNICOS

**ANÁLISIS DEL PAVIMENTO DE LA AVENIDA
CIRCUNVALACIÓN NORTE DESDE LA AVENIDA LAS
PALMERAS HASTA LA VÍA LA PRIMAVERA EN LA CIUDAD
DE MACHALA**

**PEREZ CRUZ GEORGE HENRY
INGENIERO CIVIL**

SANCHEZ MENDIETA CARLOS EUGENIO

**MACHALA
2022**

ANÁLISIS SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO DE LA AVENIDA CIRCUNVALACIÓN NORTE DESDE LA AVENIDA LAS PLAMERAS HASTA LA VÍA LA PRIMAVERA EN LA CIUDAD DE MACHALA

por George Henry Perez Cruz

Fecha de entrega: 12-mar-2023 01:32p.m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 2035286039

Nombre del archivo: Trabajo_de_Titulacio_n_II_-_Pe_rez_Cruz.pdf (4.88M)

Total de palabras: 21153

Total de caracteres: 109078

ANÁLISIS SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO DE LA AVENIDA CIRCUNVALACIÓN NORTE DESDE LA AVENIDA LAS PLAMERAS HASTA LA VÍA LA PRIMAVERA EN LA CIUDAD DE MACHALA

INFORME DE ORIGINALIDAD

2%

INDICE DE SIMILITUD

2%

FUENTES DE INTERNET

0%

PUBLICACIONES

2%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

ENCONTRAR COINCIDENCIAS CON TODAS LAS FUENTES (SOLO SE IMPRIMIRÁ LA FUENTE SELECCIONADA)

< 1%

★ Submitted to Universidad Nacional Jose Faustino

Sanchez Carrion

Trabajo del estudiante

Excluir citas

Apagado

Excluir coincidencias < 40 words

Excluir bibliografía

Activo

CLÁUSULA DE CESIÓN DE DERECHO DE PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO DIGITAL INSTITUCIONAL

El que suscribe, PEREZ CRUZ GEORGE HENRY, en calidad de autor del siguiente trabajo escrito titulado ANÁLISIS DEL PAVIMENTO DE LA AVENIDA CIRCUNVALACIÓN NORTE DESDE LA AVENIDA LAS PALMERAS HASTA LA VÍA LA PRIMAVERA EN LA CIUDAD DE MACHALA, otorga a la Universidad Técnica de Machala, de forma gratuita y no exclusiva, los derechos de reproducción, distribución y comunicación pública de la obra, que constituye un trabajo de autoría propia, sobre la cual tiene potestad para otorgar los derechos contenidos en esta licencia.

El autor declara que el contenido que se publicará es de carácter académico y se enmarca en las disposiciones definidas por la Universidad Técnica de Machala.

Se autoriza a transformar la obra, únicamente cuando sea necesario, y a realizar las adaptaciones pertinentes para permitir su preservación, distribución y publicación en el Repositorio Digital Institucional de la Universidad Técnica de Machala.

El autor como garante de la autoría de la obra y en relación a la misma, declara que la universidad se encuentra libre de todo tipo de responsabilidad sobre el contenido de la obra y que asume la responsabilidad frente a cualquier reclamo o demanda por parte de terceros de manera exclusiva.

Aceptando esta licencia, se cede a la Universidad Técnica de Machala el derecho exclusivo de archivar, reproducir, convertir, comunicar y/o distribuir la obra mundialmente en formato electrónico y digital a través de su Repositorio Digital Institucional, siempre y cuando no se lo haga para obtener beneficio económico.



PEREZ CRUZ GEORGE HENRY

0705437259

DEDICATORIA

El presente trabajo está dedicado a todas las personas que confiaron en mí y me apoyaron en situaciones adversas tanto en lo económico como en lo personal. Especialmente va dirigido a mi madre, que ha cumplido con el rol de padre, madre y amiga, y también a mi hermano mayor que me ha demostrado que se encuentra orgulloso de mí y hemos entablado una relación de hermandad y amistad bien fuerte.

George Pérez

AGRADECIMIENTO

Le agradezco en primer lugar a mi madre y hermano mayor que durante toda mi vida como estudiante se han preocupado por brindarme lo necesario para continuar y terminar con mis estudios. En segundo lugar, agradezco a todos mis profesores que han aportado con mi formación ayudándome a desarrollar habilidades, actitudes y criterio para aplicarlos en el ámbito profesional. Por último, le agradezco a mi pareja que durante la etapa como estudiante me ha sabido apoyar y alimentar mis ganas de superarme.

George Pérez

RESUMEN

El presente trabajo surge del problema de un inadecuado servicio vial en el tramo de vía de la Avenida Circunvalación entre Avenida Las Palmeras y Vía la primavera. En vista que el pavimento presenta defectos superficiales, se estableció como objetivo la realización de una evaluación superficial de pavimento usando como metodología el PCI para determinar la condición o estado del pavimento y con base a este resultado proponer una intervención de mantenimiento o rehabilitación. La inspección visual fue como técnica utilizada para la evaluación, invirtiendo dos días de recolección de datos para aumentar la calidad del resultado. Como resultado de la evaluación se determinó un PCI promedio de todas las 16 unidades de muestras analizadas siendo 36 el valor de PCI, por consiguiente, dando una clasificación MALA de condición del pavimento en el tramo de vía de estudio. Se llegó la conclusión que el fresado es una buena opción como tratamiento de rehabilitación por la condición y presencia de muchas fallas. Sin embargo, se recomendó antes de cualquier rehabilitación realizar una evaluación estructural para determinar si la infraestructura fue diseñada para las solicitudes del tráfico pesado futuro.

Palabras claves: Condición superficial del pavimento, pavimento flexible, fallas, PCI.

ABSTRACT

The present work arises from the problem of an inadequate road service in the stretch of road of Avenida Circunvalación between Avenida Las Palmeras and Vía la Primavera. Given that the pavement has surface defects, the objective was to carry out a surface evaluation of the pavement using the PCI methodology to determine the condition or state of the pavement and based on this result, propose a maintenance or rehabilitation intervention. Visual inspection was the technique used for the evaluation, spending two days collecting data to increase the quality of the result. As a result of the evaluation, an average PCI was determined for all the 16 sample units analyzed, with 36 being the PCI value, therefore, giving a BAD classification of pavement condition in the study road section. The conclusion was reached that milling is a good option as a rehabilitation treatment due to the condition and presence of many failures. However, prior to any rehabilitation, it was recommended that a structural evaluation be carried out to determine if the infrastructure was designed for the demands of future heavy traffic.

Keywords: Pavement surface condition, flexible pavement, failure, PCI.

TABLA DE CONTENIDO

| | |
|---|----|
| TEMA DE INVESTIGACIÓN | 10 |
| INTRODUCCIÓN..... | 10 |
| CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA..... | 12 |
| 1.1 Línea Base del proyecto..... | 12 |
| 1.1.1 Caracterización territorial de Machala | 12 |
| 1.1.2 Población | 13 |
| 1.1.3 Sector productivo de Machala | 13 |
| 1.1.4 Cobertura de servicios básicos | 14 |
| 1.1.4.1 Agua Potable..... | 14 |
| 1.1.4.2 Alcantarillado | 15 |
| 1.1.4.3 Electricidad..... | 15 |
| 1.1.4.4 Servicio de Salud..... | 15 |
| 1.1.4.5 Situación de la vivienda: oferta, demanda y calidad | 16 |
| 1.1.5 Geomorfología de Machala | 17 |
| 1.1.6 Uso de Suelo..... | 17 |
| 1.1.7 Amenaza asociadas a los sistemas hídricos | 17 |
| 1.2 Identificación, Descripción y Diagnóstico del Problema | 18 |
| 1.2.1 Formulación del problema..... | 18 |
| 1.2.2 Contextualización Macro..... | 18 |
| 1.2.3 Contextualización Meso | 18 |
| 1.2.4 Contextualización Micro | 19 |
| 1.2.5 Árbol de Problemas | 20 |
| 1.2.6 Delimitación del objeto de estudio | 20 |
| 1.2.7 Límite de la zona | 21 |
| 1.2.8 Coordenadas | 21 |
| 1.3 JUSTIFICACIÓN..... | 21 |
| 1.4 OBJETIVOS | 22 |
| 1.4.1 Objetivo General..... | 22 |
| 1.4.2 Objetivos Específicos | 22 |
| CAPÍTULO II: BASES TEÓRICAS..... | 23 |
| 2.1 Antecedentes conceptuales y referenciales..... | 23 |
| 2.1.1 Carreteras..... | 23 |
| 2.1.2 Vías urbanas | 23 |

| | |
|---|----|
| 2.1.3 Pavimento | 23 |
| 2.1.4 Pavimento Flexible | 23 |
| 2.1.5 Deterioro del pavimento flexible | 24 |
| 2.1.6 Índice de Condición de Pavimentos (PCI) | 24 |
| 2.1.8 Tipos de fallas del Índice de condición del pavimento (PCI)..... | 25 |
| 2.1.9 Severidad | 25 |
| 2.1.10 Clasificación de PCI | 26 |
| 2.2 Antecedentes contextuales..... | 26 |
| 2.2.1 Macro..... | 26 |
| 2.2.2 Meso | 27 |
| 2.2.3 Micro | 27 |
| CAPÍTULO III: METODOLOGÍA..... | 27 |
| 3.1 Modalidad básica de la investigación..... | 27 |
| 3.2 Tipo de investigación..... | 28 |
| 3.3 Objeto de estudio..... | 28 |
| 3.4 Descripción de la población y muestra..... | 28 |
| 3.4.1 Población referencial | 28 |
| 3.4.2 Tamaño de muestra..... | 28 |
| 3.5 Materiales y Métodos | 28 |
| 3.5.1 Métodos empíricos con los materiales utilizados | 28 |
| 3.5.2 Materiales e instrumentos | 29 |
| 3.5.3 Procedimiento para la evaluación del pavimento flexible mediante el método de Índice de Condición del Pavimento PCI..... | 29 |
| 3.5.3.1 Trabajo de campo | 29 |
| 3.5.3.2 Inspección Visual | 29 |
| 3.5.3.3 Unidades de muestreo..... | 29 |
| 3.5.3.4 Determinación de las Unidades de Muestreo | 30 |
| 3.5.3.5 Selección de unidades de muestreo para inspección. | 31 |
| 3.5.3.6 Evaluación de la condición..... | 31 |
| 3.5.3.7 Cálculo de Valores Deducidos (VD) | 31 |
| 3.5.3.8 Cálculo del Número Máximo Admisible de Valores Deducidos (m) | 36 |
| 3.5.3.9 Cálculo del Máximo Valor Deducido Corregido (CDV) | 36 |
| 3.5.3.10 Cálculo de PCI de muestra | 38 |
| CAPÍTULO IV: ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADO | 39 |
| 4.1 Determinación del índice del estado del pavimento..... | 39 |

| | |
|--|----|
| 4.1.1 Longitud de unidad de muestra | 39 |
| 4.1.2 Unidades de muestreo..... | 39 |
| 4.1.3 Selección de unidades de muestreo | 40 |
| 4.1.4 Resultados de la unidad de muestra 1 | 40 |
| 4.1.4.1 Registro de fallas de la unidad de muestra 1 | 41 |
| 4.1.4.2 Cálculo de Valores Deducidos | 42 |
| 3.5.3.8 Cálculo del PCI de la unidad de muestra 1 | 45 |
| 4.2 Análisis de resultados e interpretación de datos | 47 |
| 4.2.1 Determinación del PCI promedio | 47 |
| 4.2.2 Fallas representativas..... | 49 |
| 4.3 Intervención de mantenimiento | 51 |
| 4.3.1 Remoción de carpeta de hormigón asfáltico..... | 55 |
| 4.3.2 Procedimiento de Fresado | 55 |
| CONCLUSIONES..... | 57 |
| RECOMENDACIONES | 59 |
| BIBLIOGRAFÍA | 60 |
| ANEXOS | 65 |
| ANEXOS A | 65 |
| ANEXOS B | 81 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|---|----|
| Tabla 1. Superficies ocupadas de Cantón Machala, según tipo de componente geográfico | 13 |
| Tabla 2. Población del cantón Machala..... | 13 |
| Tabla 3. Agua recibida por procedencia | 14 |
| Tabla 4 Cobertura de alcantarillado por tipo de servicio..... | 15 |
| Tabla 5 Acceso al servicio de energía eléctrica..... | 15 |
| Tabla 6 Tipos de Centros de atención de la Salud..... | 16 |
| Tabla 7 Tipos de Viviendas | 16 |
| Tabla 8 Geomorfología de Machala | 17 |
| Tabla 9 Uso del Suelo del Cantón Machala..... | 17 |
| Tabla 10 Coordenadas de la zona de estudio..... | 21 |
| Tabla 11. Clasificación de tipos de fallas en pavimento flexible | 25 |
| Tabla 12. Clasificación de severidad | 25 |
| Tabla 13. Rango de Clasificación de PCI..... | 26 |
| Tabla 14. Longitudes De Muestreo Asfáltica | 30 |
| Tabla 15. Ficha de registro de fallas | 31 |
| Tabla 16. Registro de Valores Deducidos | 36 |
| Tabla 17. Máximo Valor Deducido Corregido..... | 37 |
| Tabla 18. Registro de fallas en el tramo 1 | 42 |
| Tabla 19. Cálculo de valores deducidos en el Tramo 1 | 45 |
| Tabla 20 Cálculo de los valores corregidos CDV y CDV Max en el Tramo 1 | 46 |
| Tabla 22. Resumen de PCI en las 16 unidades de muestras | 48 |
| Tabla 23. Fallas identificadas en cada tramo de estudio | 50 |
| Tabla 24. Descripción y causas de las fallas representativas..... | 51 |
| Tabla 25. Nivel de servicio e intervención de propuesta..... | 52 |
| Tabla 26. Alternativa 1. Técnicas de reparación para fallas representativas..... | 53 |
| Tabla 27. Alternativa 2. Técnicas de reparación para fallas representativas..... | 55 |

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

| | |
|--|----|
| Ilustración 1. Territorio de Machala | 12 |
| Ilustración 2. Sectores Productivos de Machala | 14 |
| Ilustración 3 Árbol de problemas..... | 20 |
| Ilustración 4 Localización del proyecto | 21 |
| Ilustración 5. Curva de Valor Deducido de Piel de Cocodrilo..... | 32 |
| Ilustración 6. Curva de Valor Deducido de Agrietamiento en bloque..... | 32 |
| Ilustración 7. Curva de Valor Deducido de Hueco | 33 |
| Ilustración 8. Curva de Valor Deducido de Abultamiento y hundimiento | 33 |
| Ilustración 9. Curva de Valor Deducido de Grieta longitudinal y transversal..... | 34 |
| Ilustración 10. Curva de Valor Deducido de Depresión | 34 |
| Ilustración 11. Curva de Valor Deducido de Parcheo..... | 35 |
| Ilustración 12. Curva de Valor Deducido de Grieta de borde..... | 35 |
| Ilustración 13. Curva de Valores Deducidos Corregidos..... | 37 |
| Ilustración 14. Representación de muestras a inspeccionar | 40 |
| Ilustración 15. Ubicación de muestra 1 en la vía de estudio..... | 41 |
| Ilustración 16. Zona de análisis de muestra 1 | 41 |
| Ilustración 17 Representación gráfica del valor deducido de Hueco en el Tramo 1 | 42 |
| Ilustración 18 Valor deducido de Piel de cocodrilo en Tramo 1 | 43 |
| Ilustración 19 Valor deducido de Agrietamiento en bloque en Tramo 1 | 43 |
| Ilustración 20 Valor deducido de Abultamiento y hundimiento en el Tramo 1 | 44 |
| Ilustración 21 Valor deducido de Depresión en el Tramo 1 | 44 |
| Ilustración 22 Valor de deducción corregido CDV en el Tramo 1 | 46 |
| Ilustración 23. Resumen de PCI en las 16 unidades de muestra..... | 49 |

ÍNDICE DE ECUACIONES

| | |
|-------------------------|----|
| Ecuación 1 | 30 |
| Ecuación 2 | 30 |
| Ecuación 3 | 31 |
| Ecuación 4 | 36 |
| Ecuación 5 | 38 |

TEMA DE INVESTIGACIÓN

ANÁLISIS SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO DE LA AVENIDA CIRCUNVALACIÓN NORTE DESDE LA AVENIDA LAS PALMERAS HASTA LA VIA LA PRIMAVERA EN LA CIUDAD DE MACHALA.

INTRODUCCIÓN

Las carreteras es la espina dorsal para el transporte terrestre porque permite el desarrollo económico y social de un país. Por otro lado, el pavimento es componente principal para la integración de las carreteras, el cual está diseñado en función del tráfico y vida útil como parámetros principales. Por lo tanto, es menester su mantenimiento y reparación cada cierto tiempo. No obstante, para determinar el nivel de mantenimiento a aplicar se debe basar en la información de estudios del estado del pavimento. Actualmente existen varios métodos destructivos y no destructivos de evaluación del pavimento, el cual, de estos últimos como ejemplos existen varios índices y métodos que convierten aspectos del pavimento en algo práctico, como el Índice de rugosidad internacional (IRI), método VIZIR para pavimentos asfálticos, Índice de serviciabilidad del pavimento (PSI) y el Índice de condición del pavimento (PCI), el cual será el método de aplicación para el presente trabajo.

El pavimento se encuentra sometido a cargas vehiculares y factores climáticos, los cuales afectan su condición deteriorándolo gradualmente. Las repeticiones de cargas vehicular desgastan superficialmente al pavimento rígido e incluso puede generarle fisuras, mientras que para un pavimento flexible las cargas pueden generar deflexiones en la subrasante. Un factor climático como la humedad, es capaz de afectar a los pavimentos flexibles en su adherencia y cohesión, el cual acelera la desintegración del ligante asfáltico y del árido. Es decir, la combinación estos factores generan patologías o fallas en el pavimento como piel la piel de cocodrilo o ahuellamientos, que son dos de las más comunes en pavimentos asfálticos.

El trabajo está estructurado en cuatro capítulos, el primer capítulo versa sobre los antecedentes y contextualización de Machala como lugar en donde se realiza el estudio, el diagnóstico del objeto de estudio para el planteamiento del problema y los objetivos, y justificación. La Avenida Circunvalación Norte está compuesta por gran parte de pavimento flexible y en un tramo pavimento rígido, en la delimitación del objeto de estudio este se encuentra en la zona de pavimento flexible.

El segundo capítulo trata del marco teórico, es decir, de definiciones y conceptos de términos relacionados al tema que permitirá la familiarización de la metodología de evaluación del pavimento. Cuenta con antecedentes contextuales, es decir, menciona situaciones o estudios similares a la problemática y metodología aplicada desde un marco macro, meso y micro.

El Tercer capítulo habla sobre la metodología, se menciona el tamaño de muestra, materiales utilizados, fichas elaboradas para la ubicación de los datos y el método aplicado para la evaluación indicando descriptivamente el proceso, desde la toma de datos de campo, como medición de fallas y registro fotográfico, hasta el cálculo del PCI para determinar el estado superficial de la muestra analizada.

En el último capítulo consiste en la aplicación de la metodología PCI, como el análisis de las unidades de muestra determinando los valores deducidos y su clasificación de la condición del pavimento; la interpretación de los datos obtenidos de la evaluación superficial del pavimento reconociendo las fallas más representativas; el desarrollo de propuestas para el mantenimiento o rehabilitación del pavimento con base a los resultados.

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Línea Base del proyecto

1.1.1 Caracterización territorial de Machala

Machala se encuentra ubicada en la costa de Ecuador precisamente al suroeste del país, es la capital de la provincia de El Oro y a su vez es reconocida mundialmente como capital bananera. Al ser una ciudad grande y encontrarse en vías de desarrollo es centro administrativo, económico, financiero y comercial en la provincia. Según (Machala Alcaldía, 2019), en el PDOT (Plan de Desarrollo y Ordenamiento territorial) la ciudad cuenta con una superficie territorial de aproximadamente 372.725,24 Ha y está dividida en 7 parroquias urbanas y 1 rural las cuales son: Puerto Bolívar, Jambelí, Machala, Jubones, La Providencia, El cambio, 9 de Mayo y El Retiro como parroquia rural.

Ilustración 1. Territorio de Machala



Fuente: Open Street Map

La imagen muestra que la zona urbana se encuentre rodeada por dos áreas productivas como son camaroneras y bananeras, no obstante, tiene un aspecto mediterráneo, a excepción de la parroquia Puerto Bolívar que está rodeado por manglares los cuales ocupan gran parte de área del cantón.

En la siguiente tabla se muestra el espacio que ocupa cada zona en hectáreas y porcentualmente lo que corresponde dicha zona.

Tabla 1. Superficies ocupadas de Cantón Machala, según tipo de componente geográfico

| Componentes Geográficos | Área (ha) | Proporción |
|--------------------------------|------------------|-------------------|
| Área de Manglares | 599,32 | 1,61% |
| Áreas de Granjas Acuáticas | 7745,43 | 20,78% |
| Área de Zona Productivas | 12254,84 | 32,87% |
| Área de Zonas Bosque Nativo | 2904,09 | 7,79% |
| Área Urbana, Límite 2012 | 5933,81 | 15,92% |
| Total Área Cantonal | 37279,85 | 100,00% |

Fuente: DIPLAN / PUGS - GADMM 2020

1.1.2 Población

Según el (INEC, 2010) el cantón Machala en el 2010 contaba con 245.972 habitantes con un 49,98% son mujeres y el 50,02% son hombres. Pero según las proyecciones de la población de Machala en el 2020 es de aproximadamente 289.141 habitantes, de los cuales el 49.08% son hombres y el 50,92% son mujeres.

La población urbana de Machala es de 277.575 habitantes, correspondiente el 96% y quedando el 4% para la población rural.

Tabla 2. Población del cantón Machala

| Sexo | Área urbana | Área rural | Total |
|--------------|--------------------|-------------------|---------------|
| Hombre | 136234 | 5676 | 141910 |
| Mujer | 141341 | 5889 | 150196 |
| Total | 277575 | 11566 | 289141 |

Fuente: SNI - INEC 2010 / Proyecciones 2020

1.1.3 Sector productivo de Machala

(Machala Alcaldía, 2019) indica que en la ciudad predominan tres sectores productivos, y uno de no especificado. Según el (INEC, 2010) de los cuatro sectores manufactureros, la mayor producción de Machala se concentra en el sector terciario, que representa el 60,48% de toda la actividad manufacturera, siendo el comercio mayorista y minorista la principal

actividad en Machala. la actividad representa el 41,29% del total de PNN correspondiente al sector terciario y nuevamente representa el 24,97% del total de PEA del cantón

Ilustración 2. Sectores Productivos de Machala



Fuente: Autor

1.1.4 Cobertura de servicios básicos

1.1.4.1 Agua Potable. Según datos del (INEC, 2010) la cobertura de suministro público de agua de las personas es del 81 %, y el 10 % de abastecimiento a través de pozos; el 8 % de la población se abastecía a través de recursos hídricos, y el otro 1 % por otros medios. En la parroquia El Retiro el 20 % de su población se abastecía por la red pública.

Tabla 3. Agua recibida por procedencia

| Procedencia principal del agua recibida | Casos | % |
|---|--------------|----------------|
| De red pública | 52010 | 81.06% |
| De pozo | 6631 | 10.34% |
| Canal | 311 | 0.48% |
| De carro repartidor | 4420 | 6.89% |
| Otro (Agua lluvia / albarrada) | 788 | 1.23% |
| Total | 64160 | 100.00% |

Fuente: INEC / SNI 2010 - ETN 2013

1.1.4.2 Alcantarillado Según información de (INEC, 2010) la parroquia Machala cuenta con red de alcantarillado con un 75% de cobertura para la red pública, seguido del tipo fosa séptica con un 13% y un 3% sin conexión. En la parroquia Retiro, de un total de 1074 casos, el 23% presentaba conexión a la red pública, el 35% tenía fosa séptica y el 11% no tenía conexión.

Tabla 4 Cobertura de alcantarillado por tipo de servicio

| Tipo de servicio higiénico o escusado | Casos | % |
|---|--------------|----------------|
| Conectado a red pública de alcantarillado | 47790 | 74.49% |
| Conectado a pozo séptico | 8581 | 13.37% |
| Conectado a pozo ciego | 2104 | 3.28% |
| Con descarga directa al mar, río, lago o quebrada | 3211 | 5.00% |
| Letrina | 372 | 0.58% |
| No tiene | 2102 | 3.28% |
| Total | 64160 | 100.00% |

Fuente: INEC / SNI 2010

1.1.4.3 Electricidad. Dada la información de (INEC, 2010) en Machala el 97.94 % de las viviendas recibían electricidad por medio de la Empresa Eléctrica de Servicio Público.

Tabla 5 Acceso al servicio de energía eléctrica

| Proceden De luz Eléctrica | Casos | % |
|--|--------------|----------------|
| Red de empresa eléctrica de servicio público | 62712 | 97.74% |
| Panel Solar | 25 | 0.04% |
| Generador de luz (Planta eléctrica) | 43 | 0.07% |
| Otro | 288 | 0.45% |
| No tiene | 1092 | 1.70% |
| Total | 64160 | 100.00% |

Fuente: INEC / SNI 2010

1.1.4.4 Servicio de Salud. Según datos publicados por el (INEC, 2010) Machala cuenta con 51 casas de salud privadas y 21 casas de salud públicas. El 99 % se encuentran ubicadas en la zona urbana y el 1 % en la zona rural.

Tabla 6 Tipos de Centros de atención de la Salud

| Tipo de Centro | Público | Privado |
|--|-----------|-----------|
| Centro Médico Municipal | 9 | 0 |
| Clínicas Móviles Municipales | 5 | 0 |
| Centro Médico Privado | 0 | 22 |
| Clínicas | 0 | 27 |
| Centro Médico Policía Nacional | 1 | 0 |
| Centro Médico de las Fuerzas Armadas | 2 | 0 |
| Centro de Hemodiálisis Municipal | 1 | 0 |
| Centro de Hemodiálisis Privado | 0 | 1 |
| Hospital Esperanza (Curia de Machala) | 0 | 1 |
| Hospital SOLCA Machala | 1 | 0 |
| Hospital del Seguro Social de Machala | 1 | 0 |
| Hospital Municipal Dr. Pomerio Cabrera | | 0 |
| Hospital General | 1 | 0 |
| Total | 21 | 51 |

Fuente: SNI - INEC - ENSANUT - GeoPortal MSP 2019

1.1.4.5 Situación de la vivienda: oferta, demanda y calidad. De acuerdo con el (INEC, 2010) los porcentajes del tipo de vivienda evidencian que el cantón Machala tiende a un crecimiento horizontal de sus asentamientos humanos.

Tabla 7 Tipos de Viviendas

| Tipo de vivienda | Casos | % |
|---|--------------|----------------|
| Casa / Villa | 54867 | 72.69% |
| Departamento en casa o edificio | 7541 | 9.99% |
| Cuarto en casa de inquilinato | 5975 | 7.92% |
| Mediagua | 2530 | 3.35% |
| Rancho | 3096 | 4.10% |
| Covacha | 824 | 1.09% |
| Choza | 108 | 0.14% |
| Otra vivienda particular | 460 | 0.61% |
| Hotel, pensión, residencial u hostal | 20 | 0.03% |
| Cuartel Militar o de Policía /Bomberos | 4 | 0.01% |
| Centro de rehabilitación social/Cárcel | 3 | 0.00% |
| Centro de acogida y protección para niños y niñas, mujeres e indigentes | 2 | 0.00% |
| Hospital, clínica, etc. | 11 | 0.01% |
| Convento o institución religiosa | 7 | 0.01% |
| Asilo de ancianos u orfanato | 1 | 0.00% |
| Otra vivienda colectiva | 24 | 0.03% |
| Sin vivienda | 6 | 0.01% |
| Total | 75479 | 100.00% |

Fuente: INEC / SNI 2010

1.1.5 Geomorfología de Machala

Con base a la información de (IGM, 2010) a continuación se presentará las geoformas de Machala y el porcentaje de las áreas que ocupan en función de la superficie total del cantón:

Tabla 8 Geomorfología de Machala

| GEOMORFOLOGÍA | ÁREA (HA) | % |
|--------------------------------|------------------|------------|
| Llanuras aluviales de depósito | 30875.31 | 82.83 |
| Nivel aluvial alto | 442.09 | 1.19 |
| Terraza baja | 60.14 | 0.16 |
| Terraza indiferenciada | 424.36 | 1.14 |
| Zonas urbanas | 3694.59 | 9.91 |
| Cuerpos de agua | 1778.74 | 4.77 |
| Total | 37275.23 | 100 |

Fuente: IGM / SMI 2010

1.1.6 Uso de Suelo

En la siguiente tabla se indica la vegetación natural y las áreas agropecuarias, como bananeras y camaroneras. A demás, se incluye cobertura vegetal inducidas por acción del hombre como las zonas urbanas.

Tabla 9 Uso del Suelo del Cantón Machala

| COBERTURA Y USO DEL SUELO | 2000 | | 2008 | | 2011 | |
|----------------------------------|------------------|---------------|------------------|---------------|------------------|--------------|
| | ÁREA (HA) | % | ÁREA (HA) | % | ÁREA (HA) | % |
| Arbórea/arbustiva | 3488.03 | 9.36 | 3252.9 | 8.73 | 4011.44 | 10.8 |
| Camaroneras | 7914.59 | 21.23 | 9160.17 | 24.57 | 8236.66 | 22.1 |
| Cuerpos de agua | 1778.74 | 4.77 | 1778.74 | 4.77 | 1778.74 | 4.77 |
| Otras tierras | 542.05 | 1.45 | 459.09 | 1.23 | 0 | 0.0 |
| Tierras agropecuarias | 18755.50 | 50.32 | 19890.86 | 53.4 | 19452.81 | 52.2 |
| Vegetación arbustiva y herbácea | 2943.23 | 7.90 | 89.93 | 0.24 | 0 | 0.0 |
| Áreas urbanas | 1853.09 | 4.97 | 2643.54 | 7.09 | 3795.58 | 10.2 |
| TOTAL | 37275.23 | 100.00 | 37275.23 | 100.00 | 37275.23 | 100.0 |

Fuente: IGM / SNI 2010

1.1.7 Amenaza asociadas a los sistemas hídricos

Debido a que Machala posee pendientes bajas a nulas se generan anegamiento y acumulaciones frente a precipitaciones extraordinarias como las evidenciadas en el fenómeno de El Niño.

1.2 Identificación, Descripción y Diagnóstico del Problema

1.2.1 Formulación del problema

Los conductores de Machala reciben un inadecuado servicio de vialidad en la Avenida Circunvalación en la Avenida Circunvalación Norte desde la Avenida Las Palmeras hasta La Primavera.

1.2.2 Contextualización Macro

De acuerdo con (González Fernández et al., 2019) en esta época el mundo presenta la dinámica de intercambiar bienes y servicios por lo tanto las carreteras han tomado un papel importante en esta actividad, representando vías que promueven la competitividad de la economía y el desarrollo social. Por esta razón, es importante contar con una buena infraestructura en las carreteras que permitan una circulación adecuada y fluida. Como es el caso de Brasil, según (Massenlli & Paiva, 2019), el sector de transporte ha enfrentado una crisis económica y política en estos últimos años, lo cual genera que se realicen estudios técnicos que ayuden con el mejoramiento de la infraestructura vial ya sea en aspectos de mantenimiento en vías existentes y la calidad en la construcción o ampliación de vías.

Conforme a (Rodríguez et al., 1998) en México en 1950 la carretera más importante circulaba 6000 mil vehículos aproximadamente. Actualmente en una red básica mexicana de carreteras supera este número en 3 a 4 veces. El porcentaje de vehículos pesados también ha aumentado entre 30 a 40% convirtiendo a México en uno de los países con mayor circulación de vehículos pesados en un flujo general. Estos hechos indican que las condiciones del pavimento pueden cambiar radicalmente, las cuales se deben considerar en el diseño y construcción de carreteras a futuro.

Siguiendo a (J. Sánchez, 2017) en una investigación realizada en Perú, en la ciudad de Piura, se destacó la presencia de ciertas fallas en el pavimento, generadas a causa del uso concurrente y condiciones climáticas, motivo por el cual, los usuarios se han visto afectados en cuanto a su calidad de vida y servicio, por esta razón, se consideró que, es esencial la reparación y mantenimiento del pavimento.

1.2.3 Contextualización Meso

Según (NEVI-12, 2013) en Ecuador, la red vial se encontraba en mal estado debido al abandono y deterioro excesivo por la falta de un adecuado sistema de mantenimiento vial, lo que resultó en la reconstrucción total o parcial de las vías sin cumplir con los plazos de

diseño. Debido a esto se generó actualizaciones en las regulaciones técnicas en la MTOP (Ministerio de Transporte y Obras Públicas) la cual es una guía técnica referencial para mitigar las probabilidades de fallas de las obras de construcción y reconstrucción de la red vial

De acuerdo con (MTOP, 2014) la institución es responsable de la seguridad vial ya sea construcción y mantenimiento de obras de infraestructura, señalización, capacitación. Tiene como objetivo mejorar el estado de las carreteras y reducir el número de accidentes de tráfico. Si bien el sistema vial nacional ha mejorado significativamente en términos de infraestructura, cobertura y calidad vial, aún faltan las debidas precauciones y señalización vertical y horizontal, por lo que es necesario mejorar y complementar la señalización vial.

Según (Ortega, 2016), atendido a una adecuada atención a la Red Vial, el Gobierno del Ecuador ejecutó en el 2017 el Primer Programa de Infraestructura Y Conservación Vial, a cargo del MTOP cuyo objetivo fue la preservación del patrimonio de la red vial estatal, integrar las zonas de producción, reducir el tiempo de viaje y costos de transporte.

1.2.4 Contextualización Micro

La avenida Circunvalación Norte es una vía colectora, conecta el Oeste con el Norte de la ciudad generando un alto flujo vehicular, la existencia de locales comerciales, restaurantes cerca de la vía provocan alto tráfico en ciertas zonas. Al tener un sistema de señalización en bajas condiciones y un diseño estructuralmente inadecuado para este tipo de vía da como resultado bajos niveles de serviciabilidad.

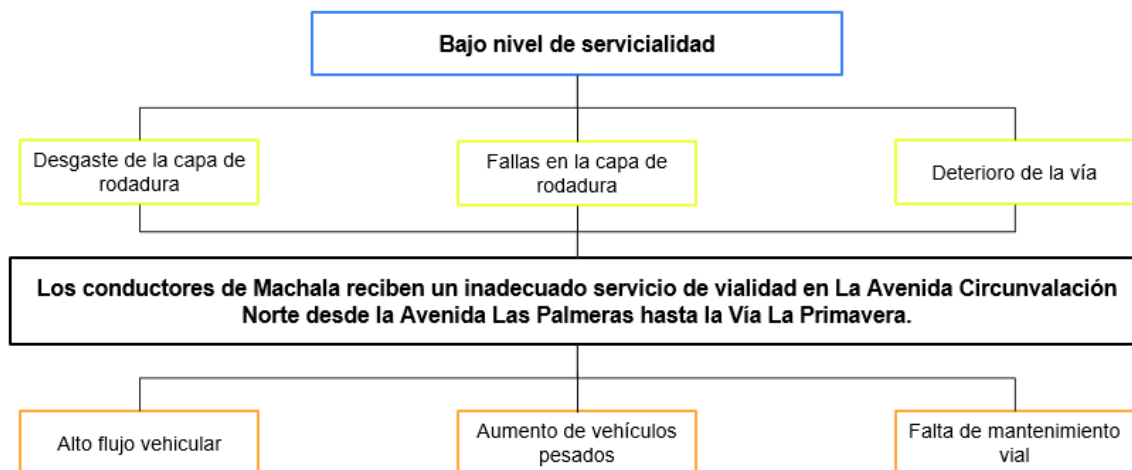
Debido a que Machala cuenta con el segundo puerto Marítimo más importante en el país, este se encuentra al oeste de la ciudad en la Parroquia Puerto Bolívar, y La Avenida Circunvalación norte es una de las vías de comunicación para el ingreso, por ende, circulan vehículos pesados como cabezales con remolques de varios ejes contribuyendo al desgaste del pavimento.

La vía Circunvalación Norte al ser un corredor arterial circulan vehículos pesados y presenta un alto flujo vehicular, el cual es una de las causas para el desgaste del pavimento, los agentes climáticos sumado a un inadecuado mantenimiento a la vía, o un mal proceso constructivo aportan un mayor debilitamiento del pavimento. (Allen et al., 2020) indica que todas estas consideraciones dan paso a la erosión del asfalto y ahuellamiento en ciertos puntos de la avenida.

1.2.5 Árbol de Problemas

En la Ilustración 3 se muestra el árbol de problemas con causas y efectos como sus componentes:

Ilustración 3 Árbol de problemas

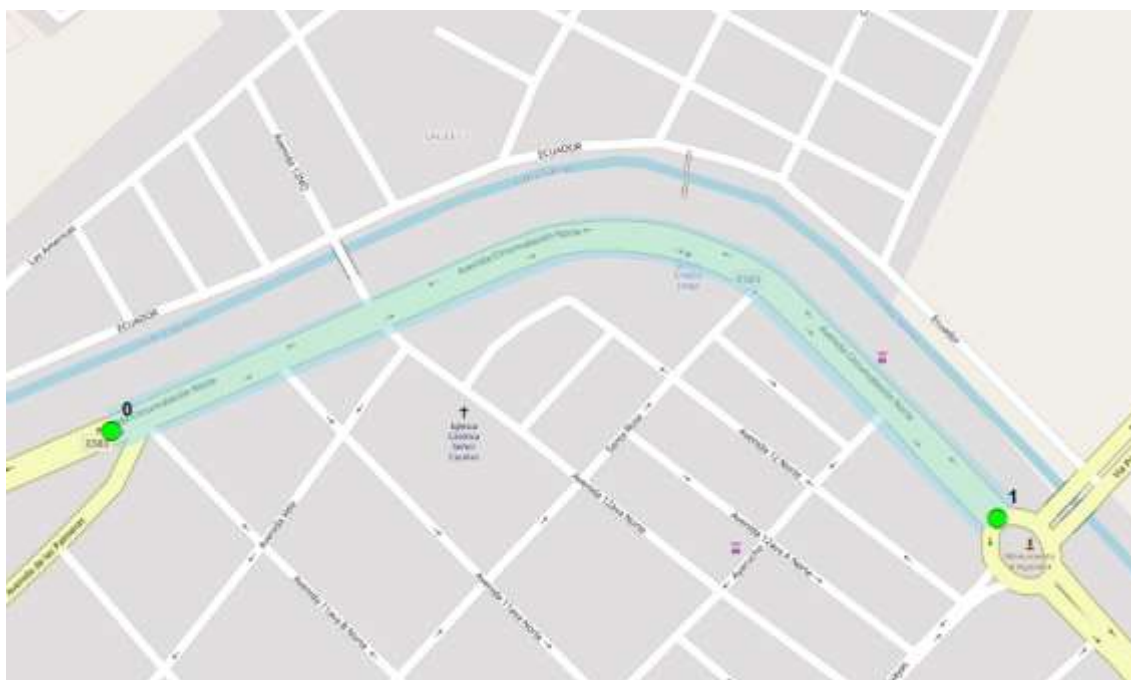


Fuente: Autor

1.2.6 Delimitación del objeto de estudio

La localización del objeto de estudio se encuentra al noroeste de la ciudad de Machala, específicamente en la Avenida Circunvalación Norte en el tramo de las intersecciones con la Avenida Las Palmeras y la Vía La Primavera. Haciendo uso del software de referencia ArcMap 10.5 y el BaseMap Open Street Map se calculó un área de 2.2 Ha y una longitud de 705 m aproximadamente.

Ilustración 4 Localización del proyecto



Fuente: ArcMap. Open Street Map

1.2.7 Límite de la zona

Norte: Estero Dos Bocas

Sur: Norte de Parroquia Machala

Este: Vía La Primavera

Oeste: Avenida Las Palmeras

1.2.8 Coordenadas

Tabla 10 Coordenadas de la zona de estudio

| COORDENADAS | | |
|-------------|------------|-------------|
| PUNTO | ESTE | SUR |
| P0 | 616212.255 | 9641166.936 |
| P1 | 616820.439 | 9641102.185 |

Fuente: Autor

1.3 JUSTIFICACIÓN

Machala es cabecera cantonal en la provincia El Oro, por un alto número de habitantes y tener el segundo puerto marítimo más importante en el país, es constituida como centro administrativo, económico, financiero y comercial. Se conoce al puerto marítimo como

Puerto Bolívar y está ubicado al Oeste de Machala en la parroquia Puerto Bolívar. El ingreso a la parroquia es a través de la Avenida Bolívar Madero Vargas, la cual se encuentra conectada con tres corredores arteriales: Avenida 25 de Junio, Avenida Circunvalación Sur y Avenida Circunvalación Norte.

Los vehículos pesados para llegar al puerto evitan atravesar el centro de la ciudad, circulando frecuentemente por las Avenida Circunvalación Sur y Avenida Circunvalación Norte. Esta última conecta el Norte con el Oeste de la ciudad presentando un alto flujo vehicular. Por el contexto en el que se encuentra la avenida, sufre el desgaste del pavimento y la aparición de fallas en este causando condiciones inadecuadas al conducir.

El presente proyecto consiste en la evaluación del estado del pavimento mediante el método PCI, se desarrollará una inspección visual, permitirá identificar la condición superficial del pavimento, cuya información podrá ser utilizada para llevar un control del estado del segmento de vía y proponer un mantenimiento vial, con la finalidad de ofrecer calidad, confort y seguridad a los conductores.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 Objetivo General

Analizar la condición superficial del pavimento mediante el método PCI que permita el diagnóstico del nivel de deterioro de la Avenida Circunvalación Norte desde la Avenida Las Palmeras hasta la Vía La Primavera.

1.4.2 Objetivos Específicos

- Evaluar la condición superficial actual del pavimento mediante unidades de muestreo en la Avenida Circunvalación Norte
- Determinar el índice de pavimento (PCI) mediante la observación del grado de deterioro del pavimento en la Avenida Circunvalación Norte.
- Proponer una alternativa de mantenimiento del pavimento que permita un adecuado servicio de vialidad en la Avenida Circunvalación Norte.

CAPÍTULO II: BASES TEÓRICAS

2.1 Antecedentes conceptuales y referenciales

2.1.1 Carreteras

Las carreteras son el medio de transporte público con característica de ser anchas y tienen la finalidad de permitir la circulación de vehículos. Conforme a (Herra Gómez, 2018) indica que un sistema de carretera es un activo para el estado, y es pieza clave para el desarrollo socioeconómico porque permite el traslado de personas, bienes y servicios.

2.1.2 Vías urbanas

Se considera vías urbanas a todas las vías públicas que componen la red interior del casco urbano. Para (Brahm, 2005) el sistema de concesión de vías urbanas ha cambiado la forma de recorrer el casco urbano y su relación con la distribución de los lugares. De acuerdo con (Cruz Toribio & Gutiérrez Lazares, 2019) indican que por lo general las vías urbanas de las ciudades principales de un país se encuentra atestadas de vehículos los cuales impiden un adecuado mantenimiento cuando se encuentran en mal estado, y que gran parte de los municipios al carecer de suficiente información del estado del pavimento proceden a realizar tratamientos superficiales.

2.1.3 Pavimento

De acuerdo a (Moreno et al., 2020) define el pavimento como una estructura que está conformado por estratos de diferentes calidad y espesor, el cual descansa sobre el terreno de fundación. La función de las capas horizontales es transmitir y reducir los esfuerzos los suficiente hacia la subrasante para que ésta no se deforme (Díaz & Hacar, 2018). El pavimento se diseña de acuerdo al tráfico y tiene como objetivo soportar cargas móviles y agentes climáticos durante su periodo de vida.

2.1.4 Pavimento Flexible

Tras la revolución y el desarrollo de la industria automotriz año tras año, se han incrementado el número de vehículos y por ende maximiza el tráfico en las vías demandando el diseño de pavimentos competentes. Por esta situación los pavimentos asfálticos han evolucionado de una sola capa granular a una estructura de varias capas(Liu et al., 2020). De acuerdo con (de La Cruz Vega & Paredes Cahuana, 2021) define al pavimento flexible como una estructura vial que está constituida por una mezcla asfáltica

en la carpeta de rodamiento y debajo de esta se encuentra dos capas granulares más, base y subbase, todo este conjunto paquete de estructural descansa sobre la subrasante o suelo natural. (Cardoza-Zambrano et al., 2019) comenta que el pavimento flexible se ha usado durante mucho tiempo y que a pesar de tener limitaciones ha sabido responder al soporte de cargas con una resistencia aceptable.

2.1.5 Deterioro del pavimento flexible

Los pavimentos flexibles son los que mayormente sufren de cambios químicos y reológicos, es decir, deformaciones por acción de esfuerzos, a causa del envejecimiento o verse afectados por componentes de las mezclas asfálticas (Castellanos Guerrero & Chaves Pabón, 2020). De acuerdo lo indicado por Mena & Zárate Torres, 2020) en su investigación, para probar el deterioro superficial del pavimento flexible es la presencia de ahuellamiento, pérdida de áridos, deformación transversal, y el desgaste por fricción o cambios de temperatura y otras fallas más.

Las fallas bruscas o repentinas de rotura no suelen presentarse en los pavimentos asfálticos, sino, fallas funcionales como ahuellamientos, o estructurales como una grieta de borde de gravedad severa, las cuales son causadas por esfuerzos producido por cargas móviles (Staub de Melo et al., 2019). Por otra parte, la deformación permanente y el agrietamiento, causado por la fatiga de materiales, son los defectos estructurales más notorios en los pavimentos asfáltico (Santiago et al., 2018)

2.1.6 Índice de Condición de Pavimentos (PCI)

Según (Oblitas-Gastelo et al., 2021) define que el Índice de condición de pavimento es la transformación del estado del pavimento a un valor numérico después de su evaluación, la cual se obtiene mediante la inspección visual y medición del área afectada, clasificando las fallas, su densidad y severidad. Todos los datos como dimensiones y fotografías se registran en una ficha de inspección.

A tenor de (Castillo & Chacater, 2021) mencionan que la metodología PCI es una buena alternativa actualmente para la evaluación y clasificación de la condición del pavimento. Es considerada una metodología muy completa por tener un abanico de combinaciones y factores de ponderación que determina el nivel de desgaste del pavimento en consonancia con el deterioro, severidad y densidad.

2.1.8 Tipos de fallas del Índice de condición del pavimento (PCI)

El ahuellamiento es una falla funcional y es una de las más frecuentes en el pavimento flexible, causado por las repeticiones de cargas que a su vez deforma permanentemente cualquier capa del pavimento o incluso en la subrasante. Un ahuellamiento severo puede resultar como una falla estructural (Leiva et al., 2017).

Según el trabajo realizado por (Vásquez, 2002) hay 19 fallas que se presentan en el pavimento flexible. En la siguiente tabla se clasificarán las fallas existentes:

Tabla 11. Clasificación de tipos de fallas en pavimento flexible

| Tipos de fallas | | | | | |
|-----------------|---------------------------------------|----|----|--------------------------------|-----|
| 1 | Piel de cocodrilo. | m2 | 11 | Parcheo. | m2 |
| 2 | Exudación. | m2 | 12 | Pulimento de agregados. | m2 |
| 3 | Agrietamiento en bloque. | m2 | 13 | Huecos. | N.º |
| 4 | Abultamientos y hundimientos. | m | 14 | Cruce de vía férrea. | m2 |
| 5 | Corrugación. | m2 | 15 | Ahuellamiento. | m2 |
| 6 | Depresión. | m2 | 16 | Desplazamiento. | m2 |
| 7 | Grieta de borde. | m | 17 | Grieta parabólica (slippage). | m2 |
| 8 | Grieta de reflexión de junta. | m | 18 | Hinchamiento. | m2 |
| 9 | Desnivel carril/espaldón. | m | 19 | Desprendimientos de agregados. | m2 |
| 10 | Grietas Longitudinal y/o Transversal. | m | | | |

Fuente: Autor

2.1.9 Severidad

La severidad es reconocer qué tan grave es la afectación de la falla en el pavimento. Se clasifica en Low (L), que significa bajo, la cual se manifiesta con ligeras vibraciones, Medium (M) que significa Media, la cual se manifiesta con vibraciones considerables y requieren una reducción de velocidad y High (H) que significa una afectación alta, en esta situación las vibraciones son muy excesivas y la reducción de velocidad es considerable la cual genera incomodidad y un alto potencial de daño al vehículo.

Tabla 12. Clasificación de severidad

| Inglés | Español | Sigla |
|--------|---------|-------|
| Low | Bajo | L |
| Medium | Medio | M |
| High | Alto | H |

Fuente: ASTM D6433

2.1.10 Clasificación de PCI

De acuerdo con el (ASTM D6433, 2003) la escala de graduación PCI es la siguiente, la cual varía desde un rango de 0 a 10 como Fallado y de 86 a 100 como Excelente:

Tabla 13. Rango de Clasificación de PCI

| RANGO | | CLASIFICACIÓN | SIMBOLOGÍA |
|-------|-----|---------------|--|
| 86 | 100 | Excelente |  |
| 71 | 85 | Muy Bueno |  |
| 56 | 70 | Bueno |  |
| 41 | 55 | Regular |  |
| 26 | 40 | Malo |  |
| 11 | 25 | Muy Malo |  |
| 0 | 10 | Fallado |  |

Fuente: ASTM D6433

2.2 Antecedentes contextuales

2.2.1 Macro

(Tello-Cifuentes et al., 2021) en su investigación, indica que en Colombia el estado de las vías se evalúa por medio de los siguientes métodos, adoptados por el INVIAS (Instituto Nacional de Vías): VIZIR (Visión Inspección de Zonas et Itinéraires Á Risque) y PCI (Pavement Condition Index). Los métodos mencionados indican el grado de deterioro del pavimento, ya sea de material bituminoso o de concreto, que con en combinación de las nuevas tecnologías para medición y evaluación, permiten conocer también las típicas fallas y vida útil del pavimento, por consiguiente, determinar un debido mantenimiento según lo requiera. (CASTRO CHUYO et al., 2021)

De acuerdo a (Vásquez, 2002) el PCI es una de las metodologías con mayor aplicación en aspectos de infraestructura vial, porque permite la clasificación del estado de pavimentos flexibles y rígidos mediante su evaluación. Los parámetros que determinan el deterioro del pavimento son: la clase de daño, la severidad y la densidad del mismo. No obstante, esta metodología requiere de la apreciación de un individuo lo cual es subjetivo para la evaluación.

En Cuba se realiza la evaluación del pavimento por inspección visual y manual (M. Sánchez et al., 2019) y según (Benavides Arbulú, 2020) la aplicación del método está expuesto a muchos factores de incertidumbre. (Castillo & Chacater, 2021) indica que otro

problema considerable por parte de los inspectores en la evaluación, es la variabilidad de resultados de los datos tomados, desde la imprecisión en la medición y la valoración de cada falla.

2.2.2 Meso

Al igual que en Colombia con INVIAS, la (NEVI-12, 2013) en Ecuador, declara que cualquier programa de mantenimiento vial requiere estudios utilizando métodos como VIZIR y PCI. Para alcanzar una adecuada rehabilitación del pavimento se debe basar en el reconocimiento de los diferentes tipos de fallas existentes en el pavimento y las causas de estas. Tal como es el caso de (Simón Baque-Solis, 2020) aplicó el método PCI para el diagnóstico del estado superficial del pavimento flexible de la carretera puerto-aeropuerto (Tramo II), Manta. Provincia de Manabí.

La traducción realizada por (Vásquez, 2002) de (ASTM D6433, 2003) describe 19 fallas para el pavimento flexible, de las cuales las más comunes en el Ecuador: fisuras, agrietamiento en bloque, piel de cocodrilo, deformaciones transversales y longitudinales, y baches. El Índice de deterioro superficial es determinado por el inventario de fallas.

2.2.3 Micro

En consonancia con la evaluación del pavimento flexible realizada por (Vera, 2022) en la Avenida Circunvalación Sur entre la Avenida Las Palmeras y 9 de Mayo, la cual tiene ciertas características similares con la zona de estudio, se determinó que las fallas más representativas de acuerdo al diagnóstico fueron: piel de cocodrilo y parcheo con un 38% cada uno. El valor resultante del PCI fue 55 el cual se ubica entre el intervalo de 41 y 55, que de acuerdo a (ASTM D6433, 2003) la vía tiene un estado REGULAR.

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA

3.1 Modalidad básica de la investigación

La modalidad del presente proyecto es aplicada o práctica, cuenta con una base de índole cuantitativa debido que se basa en la aplicación de conocimientos, recolección y sistematización de datos obtenidos en ensayos, los cuales a través de un análisis e interpretación permiten realizar un detalle descriptivo.

3.2 Tipo de investigación

El presente trabajo se encuentra dentro de un contexto de tipo aplicado en el cual se centra en evaluar el pavimento, con el fin de identificar el índice de condición del pavimento. El trabajo también presenta un tipo de carácter cuantitativo y cualitativo, por motivo que identifica algunas particularidades del pavimento a través del análisis de resultados obtenidos en ensayos de laboratorios.

3.3 Objeto de estudio

El pavimento de la Avenida Circunvalación Norte desde la Avenida Las Palmeras hasta la Vía La Primavera

3.4 Descripción de la población y muestra

3.4.1 Población referencial

La población total que el proyecto abarca dentro del área de influencia de la Avenida Circunvalación Norte desde la intersección con la vía La Primavera hasta la avenida Las Palmeras, que corresponde a la parroquia Jambelí es de 32160 habitantes aproximadamente, los cuales serán beneficiados con el proyecto. La cantidad de habitantes se estimó por medio de la densidad poblacional de Machala por el área aproximada que comprende la parroquia Jambelí.

3.4.2 Tamaño de muestra

Para determinar el tamaño mínimo de la muestra para el estudio del pavimento del tramo de la Avenida Circunvalación Norte, se hizo uso de cierto criterio de la norma ASTM D6433-03 en el inciso 2.1.7, el cual, mediante un cálculo que se presentará más adelante se determinó un tamaño de muestra de 15 m de longitud.

3.5 Materiales y Métodos

3.5.1 Métodos empíricos con los materiales utilizados

El PCI es metodología a utilizar para la evaluación del estado actual del pavimento de la vía la Avenida Circunvalación Norte en el tramo Avenida las Palmeras y Vía la Primavera. Este método determina un índice numérico que oscila de 0 a 100, para un pavimento fallado hasta un pavimento en excelente estado respectivamente

3.5.2 Materiales e instrumentos

Para la evaluación del pavimento asfáltico se ocupó los siguiente:

- Formato de Registro de datos PCI, para escribir la información principal en cada tramo de estudio.
- Flexómetro de 5 metros, para la medición de fallas no mayores a 5 metros.
- Cinta de 30 metros, para la medición de fallas extensas y abscisas.
- Aerosol, para marcar la abscisa de los tramos.
- Teléfono Celular, para fotografiar las fallas existentes en cada tramo de estudio.

3.5.3 Procedimiento para la evaluación del pavimento flexible mediante el método de Índice de Condición del Pavimento PCI.

3.5.3.1 Trabajo de campo. El trabajo de campo es una actividad importante para la ejecución y desarrollo de la evaluación del pavimento. Para poder empezar a trabajar en campo es necesario conocer los antecedentes de la vía y el contexto, ya que permitirá facilitar el proceso de evaluación del pavimento e identificar las zonas más afectadas.

3.5.3.2 Inspección Visual. Esta actividad es crítica porque identifica las fallas existentes en el pavimento del tramo de estudio, de la precisión que se tiene para la medición y reconocimiento de fallas dependerá el resultado. Se debe realizar con detalle, es decir, comparar las fallas existentes con las identificadas en el manual de fallas, y se deben registrar todas las fallas que se reconozcan. Esta actividad va acompañada del registro fotográfico de cada una de las fallas identificadas con el objetivo de evidenciar el estado del pavimento.

3.5.3.3 Unidades de muestreo. El segmento de vía de estudio se lo divide en unidades de muestreo cuyas dimensiones está en función del tipo de pavimento, ancho de calzada y de ciertas restricciones. Según la ASTM D6433-03 en el inciso 2.1.7 menciona que el área de muestreo es de 225 ± 90 m², es decir, 315 m² como máximo y 135 m² como mínimo. En la Tabla 14 se muestra la relación de ancho de calzada y longitud de unidad de muestra para pavimento asfáltico.

Tabla 14. Longitudes De Muestreo Asfáltica

| Ancho de calzada(m) | Longitud de la unidad de muestreo (m) |
|---------------------|---------------------------------------|
| 5.0 | 46.00 |
| 5.5 | 41.80 |
| 6 | 38.30 |
| 6.5 | 35.40 |
| 7.3 (máximo) | 31.50 |

Fuente: ASTM D6433-03

3.5.3.4 Determinación de las Unidades de Muestreo. El número total de unidades de muestreo es la relación entre la longitud del segmento de vía y la longitud de muestra tal cuál como lo expresa la Ecuación 1.

Ecuación 1

$$N = \frac{\text{Longitud de vía}}{\text{Longitud de muestra}}$$

Hay que considerar que para la evaluación de una vía se puede obtener un número grande de unidades de muestreo el cuál costaría mucho tiempo y recursos en su evaluación. Sin embargo, es posible realizar la evaluación con un número mínimo de unidades de muestreo la cantidad es obtenida a través de la Ecuación 2.

Ecuación 2

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

Donde:

n: Número mínimo de unidades de muestreo a evaluar.

N: Número total de unidades de muestreo

e: Error admisible en el estimativo del PCI

σ: Desviación estándar del PCI

Según la ASTM D6433, en el inciso 7.5.2 para Pavimento asfáltico, se le da una desviación estándar de diez, σ=10, y un error aceptable de cinco, e=5. En caso que el número mínimo de unidades de muestreo es menor que cinco (n<5) se debe evaluar todas las unidades.

3.5.3.5 Selección de unidades de muestreo para inspección. Es recomendable que las unidades de muestreo para inspección estén espaciadas igualmente a largo del segmento de vía y que la primera se escoja aleatoriamente. El intervalo de muestreo es la parte entera de la relación entre el número total de muestras y el número mínimo de unidades de muestra, esto se expresa en el Ecuación 3.

Ecuación 3

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

3.5.3.6 Evaluación de la condición. En una inspección de unidad de muestreo se debe realizar en primer lugar, una identificación de la falla a través de la comparación de características del itinerario de fallas existentes en el manual, segundo, medición de la falla según su unidad de medida, por último, con base a las dimensiones de la falla se determina la severidad de la falla. Los datos deben ser registrados en una ficha tal como la Tabla 15.

Tabla 15. Ficha de registro de fallas

| INVENTARIO DE FALLAS EXISTENTES | | | | | | |
|---------------------------------|---|-----------|------------|------------|------------|-------|
| Falla | U | Severidad | Largo m | Ancho m | Prof. m | Total |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |

Fuente: Autor

3.5.3.7 Cálculo de Valores Deducidos (VD)

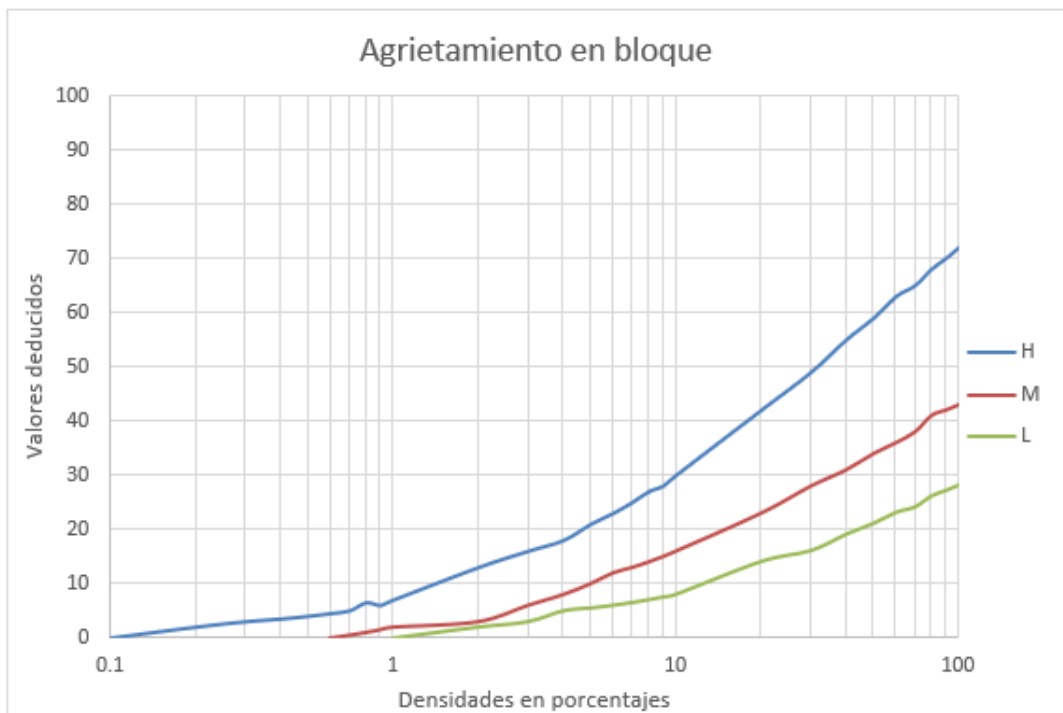
- a) Totalizar las fallas según su tipo y severidad. Se registra en la Tabla 16.
- b) Dividir la cantidad de falla para el área total de la unidad de muestreo expresando el resultado en porcentaje. Se registra en la Tabla 16.
- c) Determinar el Valor Deducido de cada falla según su tipo y severidad por medio de las curvas conocidas como Valor Deducido del Daño. Las gráficas siguientes fueron elaboradas por el autor por cuestión de visualización, debido que las del Manual de Varela y del ASTM-D6433-03 no se pueden apreciar muy bien.

Ilustración 5. Curva de Valor Deducido de Piel de Cocodrilo



Fuente: ASTM D6433-03

Ilustración 6. Curva de Valor Deducido de Agrietamiento en bloque



Fuente: ASTM D6433-03

Ilustración 7. Curva de Valor Deducido de Hueco



Fuente: ASTM D6433-03

Ilustración 8. Curva de Valor Deducido de Abultamiento y hundimiento



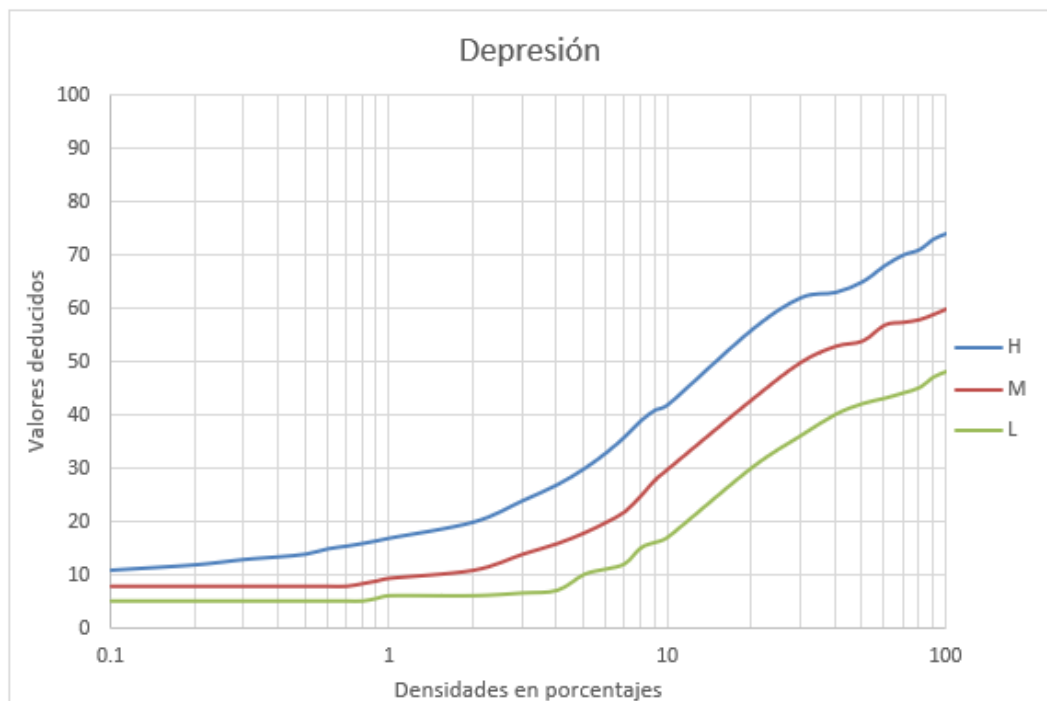
Fuente: ASTM D6433-03

Ilustración 9. Curva de Valor Deducido de Grieta longitudinal y transversal



Fuente: ASTM D6433-03

Ilustración 10. Curva de Valor Deducido de Depresión



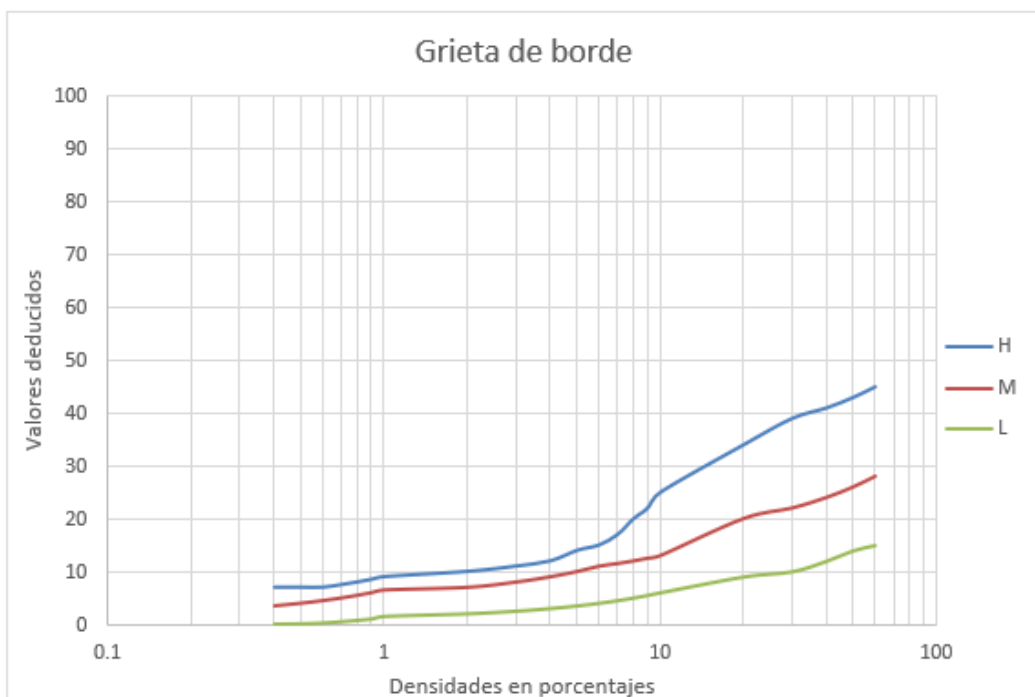
Fuente: ASTM D6433-03

Ilustración 11. Curva de Valor Deducido de Parcheo



Fuente: ASTM D6433-03

Ilustración 12. Curva de Valor Deducido de Grieta de borde



Fuente: ASTM D6433-03

3.5.3.8 Cálculo del Número Máximo Admisible de Valores Deducidos (m)

- Se calcula el Valor deducido total, sumando todos los valores deducidos enviúdales. Se registra en el Tabla 16.
- Utilizando la Ecuación 4 se determina el Número Máximo Admisible de Valores deducidos.

Ecuación 4

$$m = 1 + \left(\frac{9}{98}\right) * (100 - VD_{max})$$

Donde:

m: Número máximo admisible de “Valores deducidos”, incluyendo fracción.

VD_{max} : El mayor Valor deducido individual de la unidad de muestreo de análisis.

- Hay que considerar que si se posee menos números de valores deducidos que m se utilizarán todos. En caso contrario, se toma la cantidad de valores deducidos individuales según la parte entera de m y corregimos el último valor deducido con la parte fraccionaria de m.
- En la casilla q de la Tabla 16 se coloca la el número de valores deducidos para trabajar en función del párrafo anterior.

Tabla 16. Registro de Valores Deducidos

| VALORES DEDUCIDOS DE FALLAS EXISTENTES | | | | | | | |
|--|---|-----------|-------|---------------|----|----------|---|
| Falla | U | Severidad | Total | Densidad (d%) | VD | VDT | q |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | m | |

Fuente: Autor

3.5.3.9 Cálculo del Máximo Valor Deducido Corregido (CDV)

- Determina el número de valores deducidos, q, mayores que 2
- Se coloca los valores deducidos individuales descendientemente de izquierda a derecha en fila y se repite según el número de valores deducidos q.

3.5.3.10 Cálculo de PCI de muestra

- a) Se determinar el PCI de la unidad de muestreo utilizando la Ecuación 4

Ecuación 5

$$PCI = 100 - CDV_{m\acute{a}x}$$

- b) Con base al PCI obtenido se clasifica la condición de la unidad de muestra por medio de la Tabla 13

CAPÍTULO IV: ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADO

4.1 Determinación del índice del estado del pavimento

A continuación, se mostrará la aplicación de la metodología en cada unidad de muestreo con los datos obtenidos de la inspección visual de fallas en el segmento de vía de la Avenida Circunvalación Norte. La actividad de inspección visual y recolección de datos se realizó con colaboración de dos personas más, que tuvieron el rol de apuntar la información y tomar fotos, y la otra se encargaba de las mediciones. Las fotografías de las fallas reconocidas de cada unidad de muestreo se encuentran en el anexo B.

La evaluación se realizó a partir de la intersección de la Avenida Circunvalación Norte y la Avenida las Palmeras tomando este punto como la abscisa 0+000 y finalizando en la intersección con la Vía La Primavera como abscisa 0+705. La evaluación tomó dos días en realizarse porque existía inconvenientes al momento de tomar las mediciones. En ambos días se inició a las 3 pm hasta las 6 pm estratégicamente para evitar la hora pico, sin embargo, aun así, gran cantidad de vehículos transitaban. (Salviatto & Barbosa Fontanele, 2021) comenta que el cálculo y la recopilación de información para la evaluación no suele ser fácil ni rápida.

4.1.1 Longitud de unidad de muestra

La relación ancho de calzada y longitud de muestra de la Tabla 14 no es aplicable porque el ancho de calzada es superior a los referentes, teniendo la vía un ancho de 16.4 m. Sin embargo, de acuerdo a la ASTM D6433-03 en el inciso 2.1.7 el área de muestreo es de $225 \pm 90 \text{ m}^2$. Por lo tanto, escogiendo una longitud de 15 m el área de análisis no superaría lo estipulado en la norma.

$$B = 16.4 \text{ m}$$

$$L = 15 \text{ m}$$

$$A = B * L = 16.4 * 15 = 246 \text{ m}^2$$

4.1.2 Unidades de muestreo

El segmento de vía de estudio cuenta con una longitud de 705 m por lo tanto el número de muestras total es cociente de dicha longitud y la longitud de unidad de muestra, como lo expresa la Ecuación 1.

$$L_T = 705 \text{ m}$$

$$N = \frac{705 \text{ m}}{15 \text{ m}} = 47$$

Sin embargo, costaría mucho tiempo y recursos la evaluación de todas las unidades de muestra. Por lo tanto, se calcula un número mínimo de unidades de muestra utilizando la Ecuación 2 y los valores recomendados por en el inciso 7.5.2 de ASTM D6433-03 para Pavimento asfáltico.

$$n = \frac{(25) * 10^2}{\frac{5^2}{4} * (25 - 1) + 10^2} = 12$$

4.1.3 Selección de unidades de muestreo

Para determinar el número de muestras como espaciamiento se utiliza la Ecuación 3 y se toma la parte entera:

$$i = \frac{47}{12} = 3.917$$

Por lo tanto

$$i = 3$$

Se inicia contabilizando la muestra 1 a partir del tramo 1, dando como resultado 16 unidades de muestreo. Se trabajará con las 16 unidades de muestreo siendo superior al mínimo y aumentando la precisión con los resultados.

Ilustración 14. Representación de muestras a inspeccionar



Fuente: Autor

4.1.4 Resultados de la unidad de muestra 1

Como ejemplo de la aplicación del procedimiento para la evaluación del pavimento se tomará la primera muestra del tramo 1.

Ilustración 15. Ubicación de muestra 1 en la vía de estudio



Fuente: Google Earth

Ilustración 16. Zona de análisis de muestra 1



Fuente: Google Earth

4.1.4.1 Registro de fallas de la unidad de muestra 1

En la Tabla 18 se describen las fallas identificadas en la unidad de muestra 1 con sus respectivas dimensiones y severidad.

Tabla 18. Registro de fallas en el tramo 1

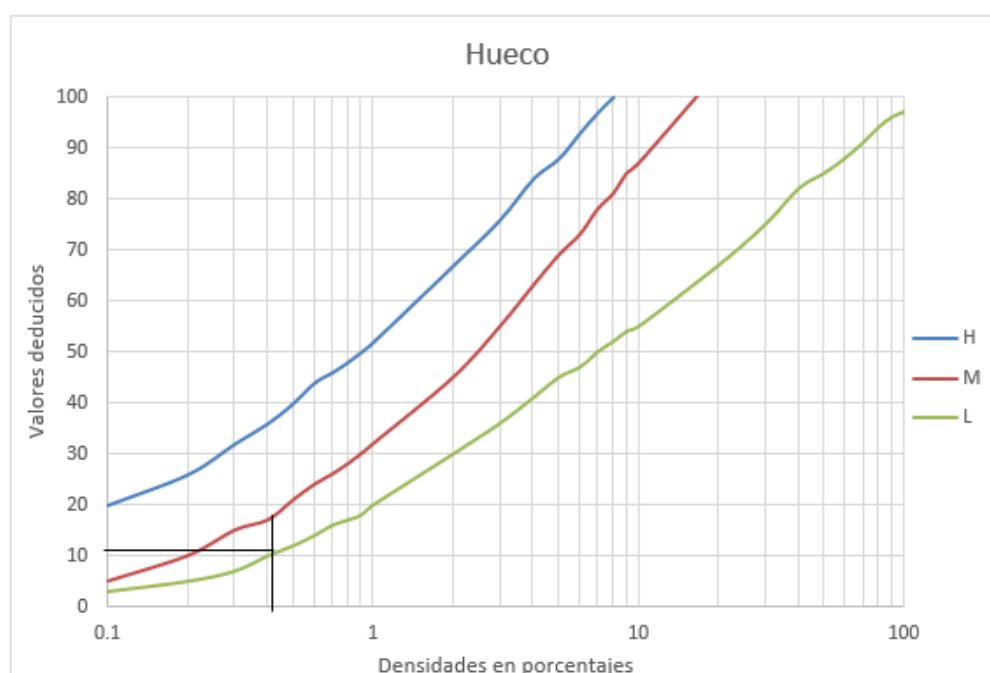
| INVENTARIO DE FALLAS EXISTENTES | | | | | | |
|---------------------------------|----|-----------|---------|---------|---------|-------|
| Falla | U | Severidad | Largo m | Ancho m | Prof. m | Total |
| Huecos | N° | L | | | | 1.00 |
| Piel de cocodrilo. | m2 | M | 2.50 | 1.80 | | 4.50 |
| Piel de cocodrilo. | m2 | M | 3.00 | 1.45 | | 4.35 |
| Piel de cocodrilo. | m2 | H | 2.40 | 2.7 | | 6.48 |
| Agrietamiento en bloque | m2 | L | 2.40 | 3.50 | | 8.40 |
| Abultamientos y hundimientos. | m | M | 7.40 | | | 7.40 |
| Piel de cocodrilo. | m2 | M | 3.30 | 1.69 | | 5.58 |
| Depresión | m2 | L | 4.3 | 0.8 | | 3.44 |

Fuente: Autor

4.1.4.2 Cálculo de Valores Deducidos

Después de totalizar las fallas con su respectivo tipo y nivel de severidad, se procede a calcular los valores deducidos de cada falla en los gráficos correspondientes. Los valores deducidos están en función de la densidad y la severidad de la falla, la cual se representa en una curva.

Ilustración 17 Representación gráfica del valor deducido de Huevo en el Tramo 1



Fuente: ASTM D6433-03

La falla huecos representa una densidad de 0.41% en el tramo 1 y al ser de severidad baja le corresponde un valor deducido de 12.

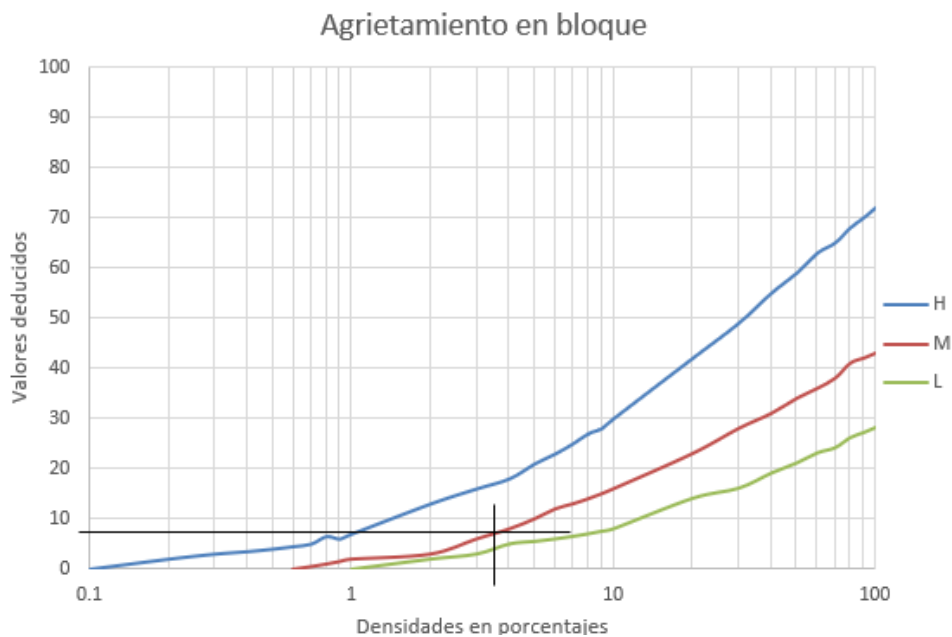
Ilustración 18 Valor deducido de Piel de cocodrilo en Tramo 1



Fuente: ASTM D6433-03

La falla de piel de cocodrilo representa una densidad de 2.63% y 5.86% en el tramo 1 y al ser de severidad alta y media respectivamente, le corresponde un valor deducido de 44 y 39 en el mismo orden.

Ilustración 19 Valor deducido de Agrietamiento en bloque en Tramo 1



Fuente: ASTM D6433-03

La falla de Agrietamiento en bloque representa una densidad de 3.41% en el tramo 1 y al ser de severidad media le corresponde un valor deducido de 7.

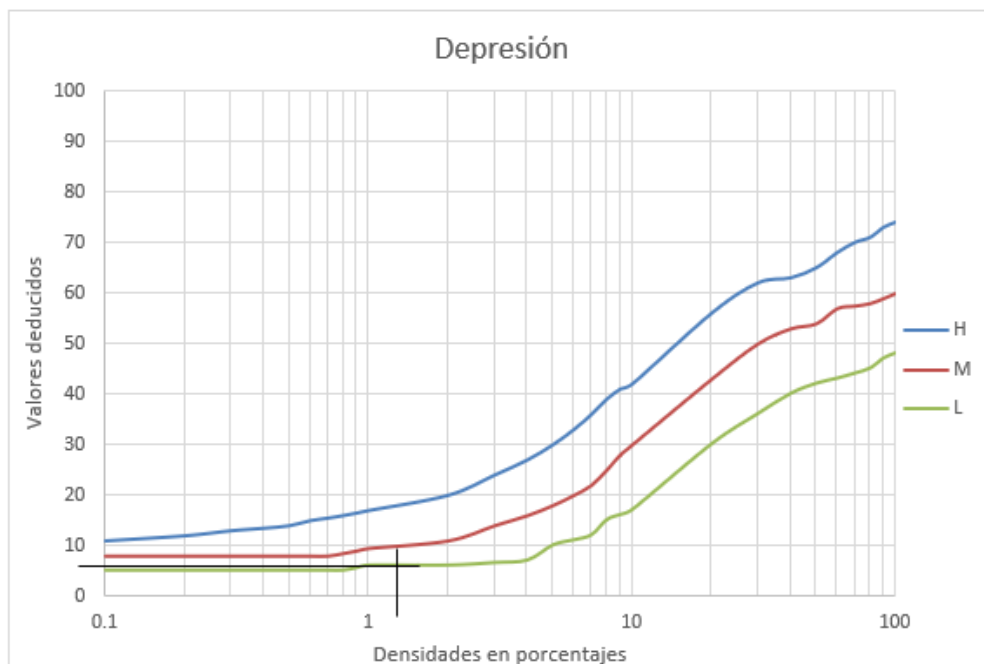
Ilustración 20 Valor deducido de Abultamiento y hundimiento en el Tramo 1



Fuente: ASTM D6433-03

La falla de Abultamiento y hundimiento representa una densidad de 3.01% en el tramo 1 y al ser de severidad media le corresponde un valor deducido de 21.

Ilustración 21 Valor deducido de Depresión en el Tramo 1



Fuente: ASTM D6433-03

La falla de Depresión representa una densidad de 1.40% en el tramo 1 y al ser de severidad baja le corresponde un valor deducido de 5.

Una vez obtenido los valores deducidos de cada falla se calcula el valor deducido total, que para este ejemplo es VDT=128. También se determina el q, el cual representa el número de curvas a considerar y la cantidad de fallas representativas a considerar, este valor es calculado utilizando la Ecuación 4 donde VD_{max} es 44

$$q = 1 + \frac{9}{98} * (100 - 44)$$

$$q = 6.1$$

El 6.1 significa que se debe considerar al menos 6 fallas representativas de las que se datan.

Tabla 19. Cálculo de valores deducidos en el Tramo 1

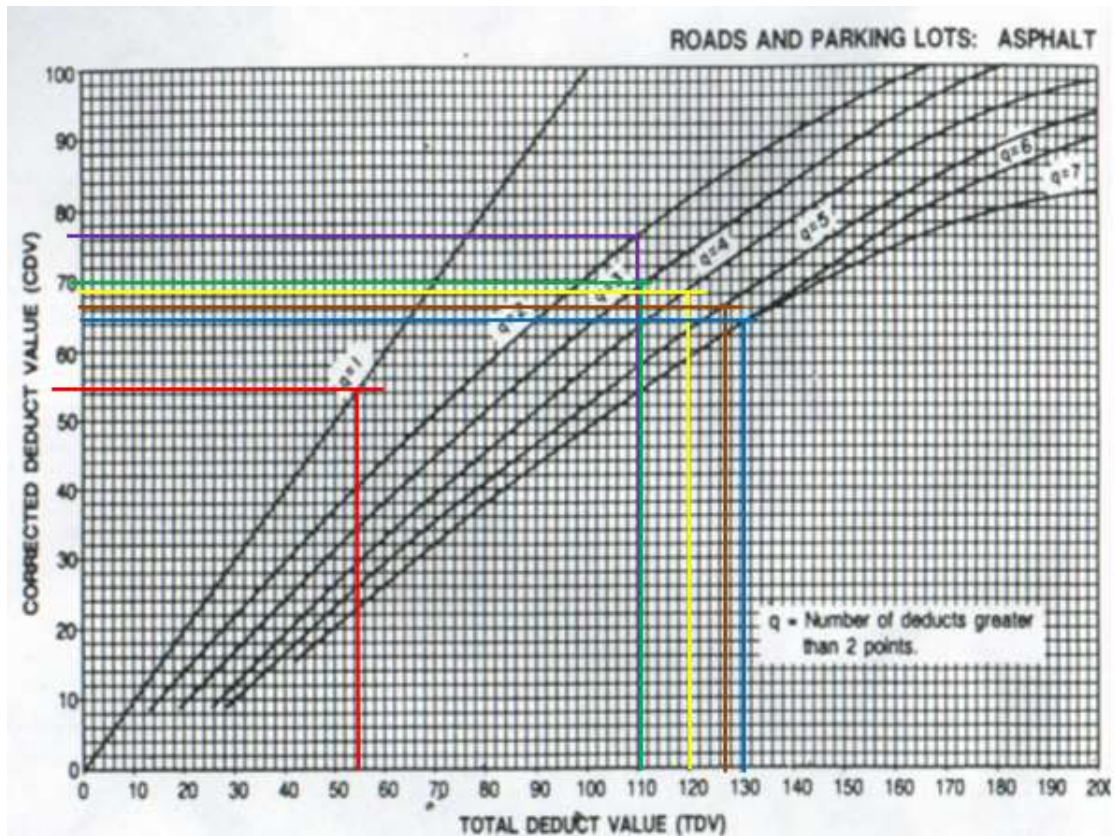
| VALORES DEDUCIDOS DE FALLAS EXISTENTES | | | | | | | |
|--|----|-----------|-------|---------------|----|-----|-----|
| Falla | U | Severidad | Total | Densidad (d%) | VD | VDT | q |
| Hueco | N° | L | 1.00 | 0.41 | 12 | 128 | 6 |
| Piel de cocodrilo | m2 | H | 6.48 | 2.63 | 44 | | |
| Piel de cocodrilo | m2 | M | 14.43 | 5.86 | 39 | | |
| Agrietamiento en bloque | m2 | M | 8.40 | 3.41 | 7 | | |
| Abultamientos y hundimientos | m | M | 7.40 | 3.01 | 21 | | |
| Depresión | m2 | L | 3.44 | 1.40 | 5 | m | 6.1 |

Fuente: Autor

3.5.3.8 Cálculo del PCI de la unidad de muestra 1

Para el cálculo de los valores deducidos corregidos se suman todos los valores deducidos, y se hace uso de este valor para determinar los Valores Máximos Corregidos ver en la Ilustración 22.

Ilustración 22 Valor de deducción corregido CDV en el Tramo 1



Fuente: Ricardo Varela. Pavement Condition Index

A través del ábaco se determinaron CDV de 65, 67, 68, 70, 77 y 55 los cuales se colocan en las casillas del número de curvas correspondientes, ver en la Tabla 20.

Tabla 20 Cálculo de los valores corregidos CDV y CDV Max en el Tramo 1

| VALORES DEDUCIDOS | | | | | | | | | | | | | | | TDV | q | CDV | |
|-------------------|----|----|----|---|---|--|--|--|--|--|--|--|--|--|-----|---|----------------------|----|
| 44 | 39 | 21 | 12 | 7 | 5 | | | | | | | | | | 128 | 6 | 65 | |
| 44 | 39 | 21 | 12 | 7 | 2 | | | | | | | | | | 125 | 5 | 67 | |
| 44 | 39 | 21 | 12 | 2 | 2 | | | | | | | | | | 120 | 4 | 68 | |
| 44 | 39 | 21 | 2 | 2 | 2 | | | | | | | | | | 110 | 3 | 70 | |
| 44 | 39 | 21 | 2 | 2 | 2 | | | | | | | | | | 110 | 2 | 77 | |
| 44 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | | | | | | | | | | 54 | 1 | 55 | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | CDV MAX | 77 |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | PCI | 23 |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | CLASIFICACION | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | MUY MALO | |

Fuente: Autor

Finalmente, encontrado el CDV máximo, se procede a calcular el valor del PCI, para la cual se usará la Ecuación 5 donde CDV_{max} es 77.

$$PCI = 100 - 77$$

$$PCI = 23$$

Una vez calculado este valor, se verifica el estado del tramo de la vía, para lo cual se considera la siguiente Tabla 13 de rangos propuesta por la norma ASTM-D6433-03. El valor obtenido de PCI es 23 el cual se encuentra en el rango de 11 y 25 por lo tanto tiene una clasificación de MUY MALO.

Este proceso se repite para todas las muestras el cual se encuentra en los anexos y de igual manera su registro fotográfico de fallas. Los demás cálculos de las otras unidades de muestras se encuentran en el apéndice A

4.2 Análisis de resultados e interpretación de datos

4.2.1 Determinación del PCI promedio

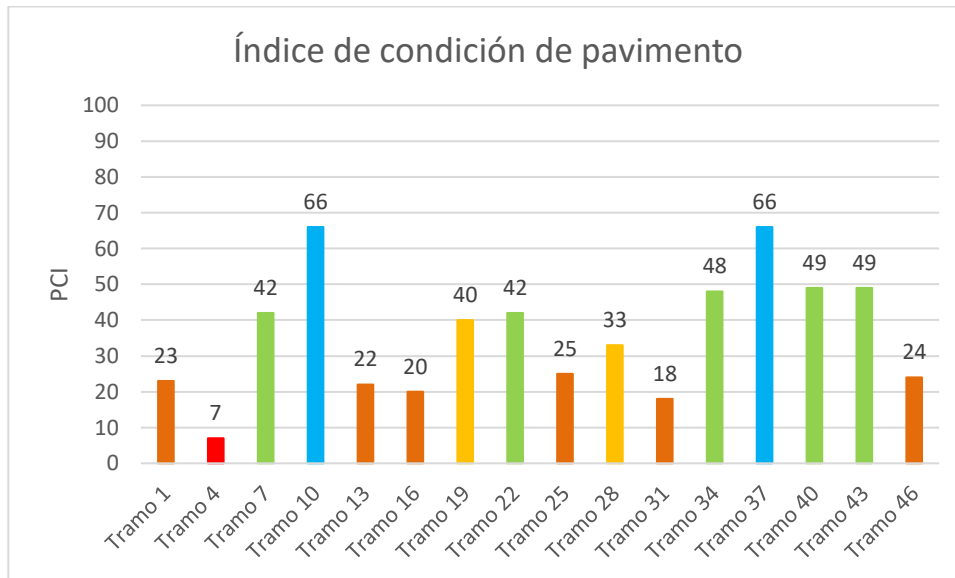
Una vez realizado el proceso para determinar el PCI se puede contemplar el resumen de las fallas existentes y el PCI de las 16 unidades de muestras de estudio en la Tabla 22 y en la ilustración 23.

Tabla 21. Resumen de PCI en las 16 unidades de muestras

| TRAMO | ABSCISA INICIAL | ABSCISA FINAL | AREA DE TRAMO (m2) | FALLAS EXISTENTES | PCI | CALIFICACION | SIMBOLOGIA |
|-------|-----------------|---------------|--------------------|---|-----|--------------|------------|
| 1 | 0+000 | 0+015 | 246 | Hueco - Piel de cocodrilo - Agrietamiento en bloque - Abultamiento y hundimiento - Depresión | 23 | MUY MALO | |
| 4 | 0+045 | 0+060 | 246 | Hueco - Piel de cocodrilo | 7 | FALLADO | |
| 7 | 0+090 | 0+105 | 246 | Hueco - Piel de cocodrilo - Agrietamiento en bloque - Abultamiento y hundimiento - Parcheo | 42 | REGULAR | |
| 10 | 0+135 | 0+150 | 246 | Grieta de borde - Grieta Longitudinal y/o Transversal - Piel de cocodrilo - Hueco - Agrietamiento en bloque - Parcheo | 66 | BUENO | |
| 13 | 0+180 | 0+195 | 246 | Grieta de borde - Piel de cocodrilo - Hueco - Grieta longitudinal | 22 | MUY MALO | |
| 16 | 0+225 | 0+240 | 246 | Hueco - Agrietamiento en bloque - Piel de cocodrilo | 20 | MUY MALO | |
| 19 | 0+270 | 0+285 | 246 | Agrietamiento en bloque - Piel de cocodrilo - Abultamiento y hundimiento | 40 | MALO | |
| 22 | 0+315 | 0+330 | 246 | Parcheo - Grieta de borde - Piel de cocodrilo - Hueco - Agrietamiento en bloque | 42 | REGULAR | |
| 25 | 0+360 | 0+375 | 246 | Piel de cocodrilo - Parcheo - Hueco - Agrietamiento en bloque | 25 | MUY MALO | |
| 28 | 0+405 | 0+420 | 246 | Parcheo - Grieta Longitudinal y/o Transversal - Piel de cocodrilo | 33 | MALO | |
| 31 | 0+450 | 0+465 | 246 | Grieta Longitudinal y/o Transversal - Agrietamiento en bloque - Parcheo - Hueco - Piel de cocodrilo | 18 | MUY MALO | |
| 34 | 0+495 | 0+510 | 246 | Grieta Longitudinal - Parcheo - Piel de cocodrilo - Agrietamiento en bloque | 48 | REGULAR | |
| 37 | 0+540 | 0+555 | 246 | Grieta de borde - Grieta Longitudinal y/o Transversal - Piel de cocodrilo - Agrietamiento en bloque | 66 | BUENO | |
| 40 | 0+585 | 0+600 | 246 | Grieta de borde - Parcheo - Agrietamiento en bloque | 49 | REGULAR | |
| 43 | 0+630 | 0+645 | 246 | Grieta de borde - Parcheo - Grieta Longitudinal y/o Transversal | 49 | REGULAR | |
| 46 | 0+675 | 0+690 | 246 | Agrietamiento en bloque - Piel de cocodrilo - Grieta de borde - Parcheo - Grieta Longitudinal y/o Transversal | 24 | MUY MALO | |

Fuente: Autor

Ilustración 23. Resumen de PCI en las 16 unidades de muestra



Fuente: Autor

Para obtener un valor de general de PCI se realiza un promedio de los resultados obtenidos.

$$PCI_{promedio} = \frac{\text{Suma total de PCI}}{\text{Número de muestras}} = \frac{574}{16} \approx 36$$

36 es el valor promedio de PCI por lo tanto se determina que el pavimento de la avenida Circunvalación Norte en el tramo Avenida las Palmeras y Vía la Primavera tiene una condición MALA según la evaluación. Por otra parte, considerando los PCI igual o menores a 40 se puede apreciar que el 56.25 % del tramo se encuentra en Muy malas condiciones y un 31.25% y 12.5% se encuentra en un estado regular y bueno respectivamente.

4.2.2 Fallas representativas

En los dos enfoques realizados para determinar la condición del pavimento del tramo de vía de estudio se aprecia que tiene una condición de mala a muy mala, indicando que presenta daños superficiales de magnitud considerable, lo cual indica que genera molestia y afecta el confort al transitar en esta zona. A continuación, se presentará en la Tabla. 23 de una forma más esquemáticas las fallas identificadas en cada tramo de estudio.

Tabla 22. Fallas identificadas en cada tramo de estudio

| | Abultamiento y hundimiento | Agrietamiento en bloque | Depresión | Grieta de borde | Grieta longitudinal y transversal | Hueco | Parcheo | Piel de cocodrilo |
|--------------|----------------------------|-------------------------|-------------|-----------------|-----------------------------------|--------------|--------------|-------------------|
| Tramo 1 | X | X | X | | | X | | X |
| Tramo 4 | | | | | | X | | X |
| Tramo 7 | X | X | | | | X | X | X |
| Tramo 10 | | X | | X | X | X | X | X |
| Tramo 13 | | | | X | X | X | | X |
| Tramo 16 | | X | | | | X | | X |
| Tramo 19 | X | X | | | | | | X |
| Tramo 22 | | X | | X | | X | X | X |
| Tramo 25 | | X | | | | | X | X |
| Tramo 28 | | | | | X | | X | X |
| Tramo 31 | | X | | | X | X | X | X |
| Tramo 34 | | X | | | X | | | X |
| Tramo 37 | | X | | X | X | | | X |
| Tramo 40 | | X | | X | | | X | |
| Tramo 43 | | | | X | X | | X | |
| Tramo 46 | | X | | X | X | | X | X |
| TOTAL | 3 | 12 | 1 | 7 | 8 | 8 | 9 | 14 |
| % | 4.84 | 19.35 | 1.61 | 11.29 | 12.90 | 12.90 | 14.52 | 22.58 |

Fuente: Autor

Contabilizando el total de fallas existente en el segmento de vía de estudio da de resultado 62 fallas, el cual se ocupa para determinar un porcentaje parcial de cada falla. Se evidencia que 3 las fallas principales son: Piel de cocodrilo con un 22.58%, Agrietamiento en bloque y Parcheo, con un 19.35% y 14.52% respectivamente.

De acuerdo al (ASTM D6433, 2003) las fallas presentes en el tramo de vía de estudio se describen y son producto de las posibles causas descritas en la Tabla 24.

Tabla 23. Descripción y causas de las fallas representativas

| FALLA | DESCRIPCIÓN | CAUSA |
|--|---|--|
| Abultamiento | Pequeños desplazamientos hacia arriba en la superficie del pavimento | Infiltración y elevación del material en una grieta en combinación con carga de tránsito |
| Hundimiento | Pequeños desplazamientos hacia abajo en la superficie del pavimento | Pavimentos inestables y grandes depresiones |
| Agrietamiento en bloque | Fisuras interconectadas que dividen el pavimento en piezas aproximadamente rectangulares de 30 cm x 30 cm o mayores | Contracción del concreto asfáltico y la variación diaria de temperatura |
| Depresión | Niveles bajos en el pavimento | Asentamiento de la subrasante o mal proceso constructivo |
| Grieta de borde | Grietas paralelas ubicadas a 0.3 y 0.6 del borde exterior del pavimento | Cargas de tránsito y debilitamiento por condiciones climáticas de la base o subrasante |
| Grieta longitudinal y transversal | Paralelas o transversal al eje del pavimento | Contracción de la superficie del concreto asfáltico por cambios de temperatura |
| Hueco | Depresiones en la superficie de diámetros menores a 90 cm con forma de tazón | El tráfico arranca pequeños pedazos de la superficie del pavimento |
| Parcheo | Área remplazada con material nuevo | Considerados defectos |
| Piel de cocodrilo | Serie de fisuras interconectadas que dividen el pavimento en piezas aproximadamente rectangulares menor a 30 cm x 30 cm | Fatiga de la superficie del pavimento por repeticiones de cargas de tráfico |

Fuente: Vásquez, 2002

4.3 Intervención de mantenimiento

De acuerdo con (Ahmed et al., 2021) la rehabilitación es la actividad necesaria que tiene la finalidad aumentar o mejorar la capacidad funcional o estructural del pavimento. (Silva-Balaguera et al., 2018) indica que es necesario una rehabilitación del pavimento para aumentar su nivel de servicio cuando se presenta algunas de las siguientes situaciones:

- Poco confort al conducir
- Gran número de fallas superficiales
- Poca adherencia entre los neumáticos y la calzada
- Excesivo mantenimiento rutinario
- Capacidad estructural inadecuada

Coincidiendo con (Pereira et al., 2018) las intervenciones de mantenimiento a las vías urbanas suelen desarrollarse sin el respaldo de un estudio técnico, es decir, sin información suficiente, basándose solamente en el conocimiento empírico. Esto genera un impacto

negativo en el pavimento acelerando su deterioro y consecuentemente aumentando los costos de mantenimiento.

Realizar un mantenimiento preventivo y correctivo del pavimento flexible garantiza la seguridad en la movilidad y el soporte de la infraestructura vial. Por esta razón, en consonancia con (García et al., 2021) y (Ríos Cotazo et al., 2020), es fundamental que la actividad de mantenimiento empiece por un análisis y evaluaciones de la infraestructura vial y con base a los resultados proponer un plan de conservación adecuado para evitar: sobrecostos de operaciones y deterioro no controlado.

La evaluación superficial del pavimento arroja un PCI de 36 y por ende una condición de la vía de MALA, por ende, un nivel de servicio de categoría E y necesita procesos considerables de rehabilitación según (Basil, 2005). La Tabla 25 Está traducida al español.





Tabla 24. Nivel de servicio e intervención de propuesta





| Rango | Escala de PCI | Nivel de servicio | Actividad de mantenimiento |
|--------|---------------|-------------------|--|
| 86 100 | Excelente | A | Mantenimiento rutinario |
| 71 85 | Muy bueno | B | Mantenimiento preventivo |
| 56 70 | Bueno | C | Procesos leves de rehabilitación |
| 41 55 | Regular | D | Procesos considerables de rehabilitación |
| 26 40 | Malo | E | Procesos considerables de rehabilitación |
| 11 25 | Muy malo | F | Reconstrucción |
| 0 10 | Fallado | | |

Fuente: Basil, 2005

El exceso de tráfico pesado es causa principal del deterioro de los pavimentos en México, por lo tanto, han optado por el uso del Reciclado de Pavimento Asfáltico (RAP) como método para la rehabilitación (Guzmán Ortiz et al., 2021). En su traducción, (Vásquez, 2002) sugiere una intervención de mantenimiento para cada falla según su severidad. Las alternativas para reparación de las 8 fallas representativas se encuentran en la Tabla. 26:

Tabla 25. Alternativa 1. Técnicas de reparación para fallas representativas

| N | FALLAS | SEVERIDAD | OPCIÓN DE REPARACIÓN | OBSERVACIÓN | IMAGEN REPRESENTATIVA |
|---|----------------------------|-----------|--|---|---|
| 1 | Abultamiento y hundimiento | L | No se hace nada. | |  |
| | | M | Reciclado en frío. Parcho profundo o parcial. | Realizar la intervención correspondiente a la falla principal | |
| | | H | Recilado (fresado) en frío. Parcho profundo o parcial. Sobrecarpeta | | |
| 2 | Agrietamiento en bloque | L | Sellado de grietas con ancho mayor a 30 cm. Riego de sello. | Realizar la intervención correspondiente a la falla principal |  |
| | | M | Sellado de grietas, reciclado superficial. Escarificado en caliente y sobrecarpeta | Realizar previamente la evaluación estructural | |
| | | H | Sellado de grietas, reciclado superficial. Escarificado en caliente y sobrecarpeta | | |
| 3 | Depresión | L | No se hace nada. | Realizar la intervención correspondiente a la falla principal |  |
| | | M | Parcho superficial, parcial o profundo. | | |
| | | H | Parcho superficial, parcial o profundo. | | |
| 4 | Grieta de borde | L | Sellado de grietas con ancho mayor a 3mm | |  |
| | | M | Sellado de grietas. Parcho parcial o profundo | Realizar previamente la evaluación estructural | |
| | | H | Parcho parcial o profundo. | | |

| | | | | | |
|---|-----------------------------------|---|---|---|--|
| 5 | Grieta longitudinal y transversal | L | Sellado de grietas de ancho mayor a 3 mm | Realizar previamente la evaluación estructural |  |
| | | M | Sellado de grietas | | |
| | | H | Sellado de grietas. Parcheo parcial. | | |
| 6 | Hueco | L | Parqueo parcial. | Realizar la intervención correspondiente a la falla principal |  |
| | | M | Parqueo parcial o profundo | Realizar previamente la evaluación estructural | |
| | | H | Parqueo profundo | | |
| 7 | Parcheo | L | No se hace nada. | Realizar previamente la evaluación estructural |  |
| | | M | Sustitución del parche | | |
| | | H | Sustitución del parche | | |
| 8 | Piel de cocodrilo | L | Sello superficial. Sobrecarpeta. | Realizar previamente la evaluación estructural |  |
| | | M | Parqueo parcial o profundo. Sobrecarpeta. Reconstrucción. | | |
| | | H | Parqueo parcial o profundo. Sobrecarpeta. Reconstrucción. | | |

Fuente: Autor

Algunas fallas son inevitables de contener o prevenir, como es el caso de la piel cocodrilo o grietas, puede optarse por no intervenir siempre y cuando sean de baja severidad o sino atender a las causas que generan las fallas, como puede ser la acumulación de ciertas fallas.

En caso de la presencia de fallas de alta severidad se recomienda realizar una evaluación estructural porque suelen generarse por causa de problemas en la infraestructura.

Es menester mencionar que (Guevara et al., 2016) en su trabajo de investigación proponen alternativas de mantenimiento vial únicamente para la superficie del pavimento flexible. Estas actividades de mantenimiento, que también se encuentran en el (Ministerio de Obras Públicas, 2002) el capítulo IV, se ajustan a las fallas que presenta el tramo vía de la avenida Circunvalación Norte entre la avenida las Palmeras y vía la Primavera.

Tabla 26. Alternativa 2. Técnicas de reparación para fallas representativas

| TRATAMIENTOS | DESCRIPCIÓN |
|--|--|
| Fresado | Remueve el pavimento asfáltico por medio de un cortador giratorio con la finalidad de colocar la nueva mezcla en una superficie uniforme |
| Reciclado de pavimento asfálticos | Se retira las capas asfálticas superficiales deterioradas o envejecidas con la finalidad de reparar y rejuvenecer las capas asfálticas inferiores.(Figuerola Infante & Fonseca Santanilla, 2020) |
| Reconstrucción | Remoción completa o parcial del pavimento. Se usa cuando se obtiene índices muy bajos y es una actividad costosa. |
| Parcheo en superficie de rodadura asfáltica | Reparación manual de áreas pequeñas deterioradas. Se realiza con mezcla asfáltica en frío o caliente |
| Sellado de arena | Colocación inmediata de emulsión asfáltica cuando se ha presentado una rotura por extensión y compactación de una capa delgada |
| Tratamiento superficial | Aumenta la rugosidad del pavimento, lo rejuvenece y lo impermeabiliza |
| Sobrecapa asfáltica | Corrige deficiencia en el pavimento, aumenta su resistencia estructural y al deslizamiento, aumentando el confort a la circular |

Fuente: MOP

4.3.1 Remoción de carpeta de hormigón asfáltico

El fresado es una buena alternativa para tratar el pavimento debido al gran número de fallas presentes, este tratamiento removería por completo el pavimento asfáltico colocando uno nuevo y uniforme. Sin embargo, este tratamiento es muy costoso y requeriría de una evaluación estructural previa para determinar si sería útil o no.

4.3.2 Procedimiento de Fresado

La remoción del material bituminoso deberá realizarse a temperatura ambiente con equipos idóneos para el fresado, el número de pasadas deber ser mínimo para evitar perturbaciones en el tránsito vehicular y peatonal. Se debe considerar para la ejecución el Reglamento de Seguridad para la construcción y Obras públicas, y la Norma Técnica Ecuatoriana NTE

INEN 2266. La remoción puede efectuarse de forma manual, o con fresadora para quitar la capa de pavimento deteriorada, de tal manera que se eliminen las fallas como: baches, surcos, agujeros y otras imperfecciones.

CONCLUSIONES

Es cierto que la evaluación superficial del pavimento, de la Avenida Circunvalación Norte desde la Avenida Las Palmeras hasta Vía la Primavera, arrojó un PCI de 36 considerando una condición MALA del pavimento, no sería sensato considerar que todos los tramos estaban en esa condición, debido a que en la evaluación existieron tramos 5 tramos en estado REGULAR Y 2 en estado BUENO, ni tampoco base suficiente de información para un tratamiento único en toda la vía, porque la el tramo de vía corresponde un 10% aproximadamente del total de la vía. Sin embargo, es menester mencionar que el tramo es una zona muy susceptible de daños por repeticiones de cargas de tránsito.

En la evaluación se identificó 9 fallas representativas a lo largo del segmento de vía y 3 de ellas como las principales, las cuales son: Piel de cocodrilo con un 22.58% de presencia del total de fallas contabilizadas, Agrietamiento en bloque con un 19.35% y por último la falla de Parcheo con 14.52%. Dos de estos resultados coinciden con unas de las fallas principales en el trabajo de (Vera, 2022) , Piel de cocodrilo y Parcheo, se menciona esto porque las vías de estudios tienen características similares.

El tratamiento para la reparación de las 3 fallas principales puede ser: parcheo parcial o profundo e incluso la sobrecapa asfáltica despendiendo de la severidad de la falla piel de cocodrilo; sellado de grietas o reciclado en frío (fresado superficial) para la falla agrietamiento en bloque; por último, sustitución de parche para la falla parcheo. Las intervenciones de tratamiento coinciden con la realidad de las actividades de mantenimiento ejecutadas por el municipio o alcaldía, afirmación realizada por conocimiento de la vía.

El fresado del pavimento es una opción muy considerable debido a la alta presencia de defectos encontrados en el tramo de estudio. Es cierto que tan solamente se realizó una evaluación del 10% de la vía, pero por contextualización e inspección general de toda la vía se apreciaban las mismas fallas, incluso rastros de intervenciones de rehabilitación de presentes o antiguas, a lo largo del pavimento asfáltico, se menciona esto porque la vía está compuesta una parte por pavimento de concreto. Las constantes intervenciones de rehabilitación o mantenimiento de la vía se producen por cuestiones administrativas de la alcaldía o municipio de Machala porque realizar un fresado completo de toda la vía, previamente indicando que la evaluación estructural cumpla con las especificaciones

técnicas del MTOP, representaría un alto gasto, en caso contrario que el problema sea estructural los costos aumentarían.

RECOMENDACIONES

En vista del resultado de la evaluación de la condición superficial del pavimento se determinó una condición Mala, por causa de un gran número de fallas, es decir, la densidad de fallas en el pavimento es considerable y su severidad oscilaba entre media o alta. El Parcheo es uno de los defectos más representativos como falla en la evaluación y puede tomarse como indicio que la vía recibe frecuentemente rehabilitación de este tipo.

Tomando en cuenta los siguientes puntos: gran número de defectos, frecuente mantenimiento y una condición del pavimento Mala, abre la posibilidad de pensar que la capa de rodadura no satisface la demanda de esfuerzos generados por el pesado tráfico. Sin embargo, antes de determinar que el problema es la capa de rodadura, se requiere realizar los estudios de suelo respectivos a las capas que conforman el paquete estructural y determinar si fue diseñada para satisfacer las solicitudes del tráfico futuro. Porque sería inútil solucionar el problema superficial si el problema raíz sería la infraestructura del pavimento.

BIBLIOGRAFÍA

- Ahmed, F., Thompson, J., Kim, D., Carroll, E., & Huynh, N. (2021). Cost-effectiveness of performing field investigation for pavement rehabilitation design of non-interstate routes. *International Journal of Transportation Science and Technology*, 10(3), 299–311. <https://doi.org/10.1016/j.ijtst.2020.06.001>. Obtenido de: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2046043020300447?via%3Dihub>
- Allen, J., Arias Barrantes, E., Vargas Sobrado, C., & Ureña Bermúdez, A. (2020). Factores camión para diseño de pavimentos flexibles en Costa Rica: Análisis histórico en el período 2007-2017. *Infraestructura Vial*, 22(40), 11–19. <https://doi.org/10.15517/iv.v22i40.42859>. Obtenido de: https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2215-37052020000200011&lang=es
- ASTM D6433. (2003). *Procedimiento Estándar para la Inspección del Índice de Condición del Pavimento en Caminos y Estacionamientos*.
- Basil, D. (2005). *Pavement Condition Index Method*.
- Benavides Arbulú, L. E. (2020). Revisión de las tecnologías para la evaluación de pavimentos flexibles. *Revista Nor@ndina*, 133–140. <https://doi.org/10.37518/2663-6360X2020v3n2p133>. Obtenido de: <https://unach.edu.pe/rcnorandina/index.php/ciencianorandina/article/view/59>
- Brahm, A. (2005). Autopistas urbanas: Santiago, Chile. *ARQ (Santiago)*, 60. <https://doi.org/10.4067/S0717-69962005006000005>
- Cango Mena, L. P., & Zárate Torres, B. A. (2020). Evaluación del desgaste de pavimento flexible mediante el uso de fotogrametría de corto alcance. *Avances Investigación En Ingeniería*, 18(1). <https://doi.org/10.18041/1794-4953/avances.2.6629>. Obtenido de: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7855036>
- Cardoza-Zambrano, M., Palomino-Cadena, K. V., & Angulo-Blanquissett, G. (2019). Pavimento flexible utilizando una mezcla asfáltica con grano de caucho reciclado para su sostenibilidad en Colombia. *Sostenibilidad, Tecnología y Humanismo*, 10(2), 17–27. <https://doi.org/10.25213/2216-1872.16>. Obtenido de: <https://www.mendeley.com/catalogue/bfa379bb-d5b6-31df-beed-3270e114c686/>
- Castellanos Guerrero, W. M., & Chaves Pabón, S. B. (2020). Efecto del envejecimiento de mezclas asfálticas en el ciclo de vida del pavimento desde el aspecto técnico y ambiental. Revisión del estado de conocimiento. *Revista Vínculos*, 17(1), 7–23. <https://doi.org/10.14483/2322939X.16227>. Obtenido de: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8080100>
- Castillo, G., & Chacater, C. (2021). Efectos de la variabilidad de los datos iniciales en el índice de condición del pavimento y predicción de su deterioro. *Andrade, Alexis*, 4(1). <https://doi.org/10.37135/ns.01.07.06>. Obtenido de: http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S2631-26542021000100102&lng=e&nrm=iso&tlng=es

- CASTRO CHUYO, L. D. K., MUÑOZ PÉREZ, S., PAUCAR AGUILAR, J. J., & RAMIREZ SILVA, R. V. (2021). Tecnologías empleadas en la evaluación de pavimentos e impacto que han generado. *Llamkasun*, 2(1), 29–44. <https://doi.org/10.47797/llamkasun.v2i1.29>. Obtenido de: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8090270>
- Cruz Toribio, J. O., & Gutierrez Lazares, J. W. (2019). Evaluación Superficial de Vías Urbanas empleando Vehículo Aéreo No Tripulado (VANT). *Métodos y Materiales*, 8, 23–32. <https://doi.org/10.15517/mym.v8i1.34113>. Obtenido de: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6936426>
- de La Cruz Vega, S. A., & Paredes Cahuana, G. A. (2021). Diseño de infraestructura vial con pavimento flexible para mejora de transitabilidad de la avenida Industrial, Lurín, Lima. *Memoria. Investigaciones En Ingeniería*, 21. <https://doi.org/10.36561/ing.21.9>. Obtenido de: https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2215-37052022000100094&lang=es
- Díaz, J., & Hacar, F. (2018). Estudio de los pavimentos de túneles carreteros: ventajas de los pavimentos de hormigón frente a los bituminosos. *Obras y Proyectos*, 23, 87–95. <https://doi.org/10.4067/s0718-28132018000100087>. Obtenido de: https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-28132018000100087
- Figuroa Infante, A. S., & Fonseca Santanilla, E. (2020). Desempeño del pavimento con mezcla reciclada-RAP y grano de caucho reciclado-GCR. *Infraestructura Vial*, 22(39), 20–28. <https://doi.org/10.15517/iv.v22i39.41205>. Obtenido de: https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?pid=S2215-37052020000100020&script=sci_arttext
- García, R., Medina Laura, & Alba José. (2021). Indicaciones sobre la evaluación de la infraestructura de carreteras para Cuba. *Revista de Arquitectura e Ingeniería*, 3, 1–2. Obtenido de: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193969257006>
- González Fernandez, H., Ruiz Caballero, P., & Guerrero Valverde, D. (2019). Propuesta de metodología para la evaluación de pavimentos mediante el índice de condición del pavimento (PCI). *Ciencia En Su PC*, 1(4). Obtenido de. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=181358738015>
- Guevara, L., Valencia, R., & Chuico, P. (2016). *Tipos de Tratamientos Superficiales para Mantenimiento Vial para Pavimento Flexible*.
- Guzmán Ortiz, D. V., Hernández Zaragoza, J. B., López Lara, T., Horta Rangel, J. M., & Giraldo Posada, D. A. (2021). Uso de agregado de pavimento asfáltico reciclado para un pavimento rígido. *Ingeniería Investigación y Tecnología*, 22(1), 1–11. <https://doi.org/10.22201/fi.25940732e.2021.22.1.005>. Obtenido de: https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S1405-77432021000100005&script=sci_arttext&tlng=es
- Herra Gómez, L. D. (2018). Conceptualización del procesamiento digital de imágenes para la evaluación de superficies de pavimento en Costa Rica. *Infraestructura Vial*,

- 20(35). <https://doi.org/10.15517/iv.v20i35.34831>. Obtenido de: https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2215-37052018000100020
- IGM. (2010). *Cartografía Básica Oficial*. [Http://Www.Geograficomilitar.Gob.Ec](http://Www.Geograficomilitar.Gob.Ec).
- INEC. (2010). *Fascículo Provincial El Oro*.
- Leiva, F., Pérez, E., Aguiar, J., & Loría, L. (2017). Modelo de deformación permanente para la evaluación de la condición del pavimento. *Revista Ingeniería de Construcción*, 32(1), 37–46. <https://doi.org/10.4067/S0718-50732017000100004>. Obtenido de: https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-50732017000100004&lang=es
- Liu, Y., Su, P., Li, M., You, Z., & Zhao, M. (2020). Review on evolution and evaluation of asphalt pavement structures and materials. *Journal of Traffic and Transportation Engineering (English Edition)*, 7(5), 573–599. <https://doi.org/10.1016/j.jtte.2020.05.003>. Obtenido de: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2095756420301021>
- Machala Alcaldía. (2019). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial* .
- Massenlli, G. S. R., & Paiva, C. E. L. de. (2019). Influencia de la deflexión superficial en pavimentos flexibles con subrasante de baja resistencia. *Ingeniare. Revista Chilena de Ingeniería*, 27(4), 613–624. <https://doi.org/10.4067/s0718-33052019000400613>. Obtenido de: https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0718-33052019000400613&script=sci_arttext
- Ministerio de Obras Públicas. (2002). *Especificaciones generales para la construcción de caminos y puentes*.
- Moreno, A., Díaz, E., Ponce, J., & Moreno, A. (2020). Sistema para la recomendación del mantenimiento vial a partir de las condiciones del pavimento . *Serie Científica*, 12, 205–216. Obtenido de: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8590370>
- MTOP. (2014). *Asistencia Técnica al Programa de infraestructura y Conservación Vial (EC-LI065)*.
- NEVI-12. (2013). *Normas para estudios y diseños viales*.
- Oblitas-Gastelo, B. E., Medina-Cardozo, I. I., Paredes-Asalde, C. R., Oblitas-Gastelo, B. E., Medina-Cardozo, I. I., & Paredes-Asalde, C. R. (2021). Índice de regularidad internacional e índice de condición de pavimento para definir niveles de serviciabilidad de pavimentos. *Iteckne*, 18(2). Obtenido de: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1692-17982021000200170#:~:text=El%20PCI%20es%20un%20grado,f%C3%A1cil%20a%20plicaci%C3%B3n%20efectivo%20y%20econ%C3%B3mico
- Ortega, T. (2016). *Evaluación Ex-Post de la implementación del Programa de Mantenimiento Vial por niveles de servicio en la Red Vial Estatal del Ecuador*. Pontificia Universidad Católica del Ecuador.
- Pereira, L. A., Silva, C. A. P., & Fontenele, H. B. (2018). Escala visual para evaluación de pavimentos urbanos: Una validación en oficina. *Revista Ingeniería de*

- Construcción*, 34. Obtenido de:
https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0718-50732019000100045&lng=pt&nrm=iso&tlng=es
- Ríos Cotazo, N. X., Bacca Cortés, B., Caicedo Bravo, E., & Orobio Quiñónez, A. (2020). Revisión de métodos para la clasificación de fallas superficiales en pavimentos flexibles. *Ciencia e Ingeniería Neogranadina*, 30(2), 109–127.
<https://doi.org/10.18359/rcin.4385>. Obtenido de:
http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0124-81702020000200109
- Rodríguez, A. R., Téllez, R., Paul, G., & Anguas, G. (1998). PAVIMENTOS FLEXIBLES. PROBLEMÁTICA, METODOLOGÍAS DE DISEÑO Y TENDENCIAS. *Publicación Técnica*, 104.
- Salviatto, V. H., & Barbosa Fontanele, H. (2021). Index for assessing the condition of flexible urban pavements based on a constructivist multicriteria analysis. *Revista Ingeniería de Construcción*, 36(2), 107–116. <https://doi.org/10.4067/S0718-50732021000200107>
- Sánchez, J. (2017). *Evaluación del estado del pavimento de la Av. Ramón Castilla. Chulucanas mediante el método PCI*. Universidad de Piura.
- Sánchez, M., Lanz, D., & Martínez, T. (2019). Detección de deterioros en pavimentos flexibles a partir del procesamiento de imágenes y modelos de su superficie. *Revista de Arquitectura e Ingeniería*, 20. Obtenido de:
<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193958877006>
- Santiago, L. D. S., Torquato e Silva, S. D. A., & Soares, J. B. (2018). Determinação do dano em pavimentos asfálticos por meio da combinação do modelo S-VECD com análises elásticas. *TRANSPORTES*, 26(2), 31–43.
<https://doi.org/10.14295/transportes.v26i2.1446>. Obtenido de:
<https://www.revistatransportes.org.br/anpet/article/view/1446>
- Silva-Balaguera, A., Leguizamón, O. D., & Valiente, L. L. (2018). Gestión de pavimentos basado en Sistemas de Información geográfica (SIG): una revisión. *Ingeniería Solidaria*, 14(26). <https://doi.org/10.16925/in.v14i26.2417>. Obtenido de:
<https://revistas.ucc.edu.co/index.php/in/article/view/2417/2530>
- Simón Baque-Solis, B. I. (2020). Evaluación del estado del pavimento flexible mediante el método del PCI de la carretera puerto-aeropuerto (Tramo II), Manta. Provincia de Manabí. *Dominio de Las Ciencias, ISSN-e 2477-8818, Vol. 6, N.º. 2, 2020 (Ejemplar Dedicado a: Vol 6, No 2 (2020): Abril – Junio), Págs. 203-228, 6(2)*. Obtenido de:
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7398457>
- Staub de Melo, J., Buzzi Torres, I., & Villena, J. (2019). Aplicación de enfoques de análisis y criterios de rotura en ensayos de fatiga y su influencia en la predicción de la vida útil de la capa de rodadura asfáltica en la estructura del pavimento. *Revista Ingeniería de Construcción*, 34(3), 268–277. <https://doi.org/10.4067/S0718-50732019000300268>. Obtenido de: https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0718-50732019000300268&script=sci_arttext&tlng=es

Tello-Cifuentes, L., Aguirre-Sánchez, M., Díaz-Paz, J. P., & Hernández, F. (2021). Evaluación de daños en pavimento flexible usando fotogrametría terrestre y redes neuronales. *TecnoLógicas*, 24(50), e1686. <https://doi.org/10.22430/22565337.1686>.
Obtenido de: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0123-77992021000100059&lang=es





Vásquez, V. (2002). *Automatización del cálculo del Índice de Condición del Pavimento*.

Vera, K. (2022). *Evaluación de la condición del pavimento flexible mediante método PCI de la Av. Circunvalación Sur de la ciudad de Machala*. Universidad Técnica de Machala.

ANEXOS

ANEXOS A





Anexo 1. Valores deducidos del tramo 1

|  UNIVERSIDAD TECNICA DE MACHALA FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL  | | | | | | | | | | | | |
|--|--|-----------|---------|----------|--|-------------------------|----------------|----------------|---|----------------------|---|----|
| EVALUACION DEL INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO (PCI) | | | | | | | | | | | | |
| Via : | Av. Circunvalación Norte entre Av. Las Palmeras y Vía La Primavera | | | | Evaluado por : | George Henry Pérez Cruz | | | | | | |
| Fecha : | 14/01/2023 | | | | Revisado por : | Ing. Carlos Sanchez | | | | | | |
| Tipo de Pavimento: | Pavimento Flexible-Carpeta Asfáltica | | | | Abscisa inicial: | 0+000 | Abscisa | 0+015 | | | | |
| | | | | | Area de tramo (m2) | 246.00 | | # Tramo | 1 | | | |
| UBICACIÓN DE UNIDAD DE MUESTRA 1 - TRAMO 1 | | | | | | | | | | | | |
|  | | | | |  | | | | | | | |
| INVENTARIO DE FALLAS EXISTENTES | | | | | | | | | | | | |
| Falla | U | Severidad | Largo m | Ancho m | Prof. m | Total | | | | | | |
| Huecos | N° | L | | | | 1.00 | | | | | | |
| Piel de cocodrilo. | m2 | M | 2.50 | 1.80 | | 4.50 | | | | | | |
| Piel de cocodrilo. | m2 | M | 3.00 | 1.45 | | 4.35 | | | | | | |
| Piel de cocodrilo. | m2 | H | 2.40 | 2.7 | | 6.48 | | | | | | |
| Agrietamiento en bloque | m2 | L | 2.40 | 3.50 | | 8.40 | | | | | | |
| Abultamientos y hundimientos. | m | M | 7.40 | | | 7.40 | | | | | | |
| Piel de cocodrilo. | m2 | M | 3.30 | 1.69 | | 5.58 | | | | | | |
| Depresión | m2 | L | 4.3 | 0.8 | | 3.44 | | | | | | |
| VALORES DEDUCIDOS DE FALLAS EXISTENTES | | | | | | | | | | | | |
| Falla | U | Severidad | Total | Densidad | VD | VDT | q | | | | | |
| Hueco | N° | L | 1.00 | 0.41 | 12 | 128 | 6 | | | | | |
| Piel de cocodrilo | m2 | H | 6.48 | 2.63 | 44 | | | | | | | |
| Piel de cocodrilo | m2 | M | 14.43 | 5.86 | 39 | | | | | | | |
| Agrietamiento en bloque | m2 | M | 8.40 | 3.41 | 7 | | | | | | | |
| Abultamientos y hundimientos | m | M | 7.40 | 3.01 | 21 | | | | | | | |
| Depresión | m2 | L | 3.44 | 1.40 | 5 | | | | | | | |
| | | | | | | m | 6.1 | | | | | |
| CALCULO DEL PCI | | | | | | | | | | | | |
| VALORES DEDUCIDOS | | | | | | | | | | | | |
| 44 | 39 | 21 | 12 | 7 | 5 | | | | | 128 | 6 | 65 |
| 44 | 39 | 21 | 12 | 7 | 2 | | | | | 125 | 5 | 67 |
| 44 | 39 | 21 | 12 | 2 | 2 | | | | | 120 | 4 | 68 |
| 44 | 39 | 21 | 2 | 2 | 2 | | | | | 110 | 3 | 70 |
| 44 | 39 | 21 | 2 | 2 | 2 | | | | | 110 | 2 | 77 |
| 44 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | | | | | 54 | 1 | 55 |
| | | | | | | | | | | CDV _{MAX} | | 77 |
| | | | | | | | | | | PCI | | 23 |
| | | | | | | | | | | CLASIFICACION | | |
| | | | | | | | | | | MUY MALO | | |

Anexo 9. Valores deducidos del tramo 25



| UNIVERSIDAD TECNICA DE MACHALA FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL | | | | | | | | | | | | |
|--|--|----|-----------|---------|-----------------------------|-------------------------|-------|----------------|-------|--------------------|---|-----|
| EVALUACION DEL INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO (PCI) | | | | | | | | | | | | |
| Via : | Av. Circunvalación Norte entre Av. Las Palmeras y Vía La Primavera | | | | Evaluated por : | George Henry Pérez Cruz | | | | | | |
| Fecha : | 15/01/2023 | | | | Revisado por : | Ing. Carlos Sanchez | | | | | | |
| Tipo de Pavimento: | Pavimento Flexible-Carpeta Asfáltica | | | | Abscisa inicial: | 0+360 | | Abscisa | 0+375 | | | |
| | | | | | Area de tramo (m2) : | 246.00 | | # Tramo | 25 | | | |
| UBICACIÓN DE UNIDAD DE MUESTRA 9 - TRAMO 25 | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| INVENTARIO DE FALLAS EXISTENTES | | | | | | | | | | | | |
| Falla | | U | Severidad | Largo m | Ancho m | Prof. m | Total | | | | | |
| Piel de cocodrilo | | m2 | M | 6.20 | 1.70 | | 10.54 | | | | | |
| Parcheo | | m2 | M | 3.20 | 0.95 | | 3.04 | | | | | |
| Parcheo | | m2 | M | 5.10 | 2.20 | | 11.22 | | | | | |
| Hueco | | Nº | M | | | | 1.00 | | | | | |
| Agritamiento en bloque | | m2 | M | 3.40 | 0.90 | | 3.06 | | | | | |
| Hueco | | Nº | M | | | | 1.00 | | | | | |
| Piel de cocodrilo | | m2 | M | 4.60 | 1.00 | | 4.60 | | | | | |
| Hueco | | Nº | H | | | | 5.00 | | | | | |
| Piel de cocodrilo | | m2 | M | 3.20 | 1.20 | | 3.84 | | | | | |
| Hueco | | Nº | M | | | | 2.00 | | | | | |
| VALORES DEDUCIDOS DE FALLAS EXISTENTES | | | | | | | | | | | | |
| Falla | | U | Severidad | Total | Densidad | VD | VDT | q | | | | |
| Piel de cocodrilo | | m2 | M | 18.98 | 7.72 | 14 | 135 | 5 | | | | |
| Parcheo | | m2 | M | 14.26 | 5.80 | 23 | | | | | | |
| Hueco | | Nº | M | 4.00 | 1.63 | 27 | | | | | | |
| Agritamiento en bloque | | m2 | M | 3.06 | 1.24 | 4 | | | | | | |
| Hueco | | Nº | H | 5.00 | 2.03 | 67 | | | | | | |
| | | | | | | m | | 4.0 | | | | |
| CALCULO DEL PCI | | | | | | | | | | | | |
| VALORES DEDUCIDOS | | | | | | | | | | TDV | q | CDV |
| 67 | 27 | 23 | 14 | | | | | | | 131 | 4 | 75 |
| 67 | 27 | 23 | 2 | | | | | | | 119 | 3 | 75 |
| 67 | 27 | 2 | 2 | | | | | | | 98 | 2 | 71 |
| 67 | 2 | 2 | 2 | | | | | | | 73 | 1 | 74 |
| | | | | | | | | | | CDV _{MAX} | | 75 |
| | | | | | | | | | | PCI | | 25 |
| CLASIFICACION | | | | | | | | | | | | |
| MUY MALO | | | | | | | | | | | | |

Anexo 11. Valores deducidos del tramo 31





|  <p align="center">UNIVERSIDAD TECNICA DE MACHALA FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL</p>  | | | | | | | | | | | | | | |
|---|--|----|-----------|---------|----------|--|-------------------------|-----|----------------|-------|--|----------------------|----|-----|
| EVALUACION DEL INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO (PCI) | | | | | | | | | | | | | | |
| Via : | Av. Circunvalación Norte entre Av. Las Palmeras y Vía La Primavera | | | | | Evaluado por : | George Henry Pérez Cruz | | | | | | | |
| Fecha : | 15/01/2023 | | | | | Revisado por : | Ing. Carlos Sanchez | | | | | | | |
| Tipo de Pavimento: | Pavimento Flexible-Carpeta Asfáltica | | | | | Abscisa inicial: | 0+450 | | Abscisa | 0+461 | | | | |
| | | | | | | Area de tramo (m2) : | 246.00 | | # Tramo | 31 | | | | |
| UBICACIÓN DE UNIDAD DE MUESTRA 11 - TRAMO 31 | | | | | | | | | | | | | | |
|  | | | | | |  | | | | | | | | |
| INVENTARIO DE FALLAS EXISTENTES | | | | | | | | | | | | | | |
| Falla | | U | Severidad | Largo m | Ancho m | Prof. m | Total | | | | | | | |
| Grieta Longitudinal | | m | M | 9.40 | | | 9.40 | | | | | | | |
| Agrietamiento en bloque | | m2 | M | 4.50 | 2.30 | | 10.35 | | | | | | | |
| Parcheo | | m2 | M | 5.60 | 2.30 | | 12.88 | | | | | | | |
| Agrietamiento en bloque | | m2 | M | 1.20 | 1.50 | | 1.80 | | | | | | | |
| Parcheo | | m2 | M | 3.40 | 3.35 | | 11.39 | | | | | | | |
| Hueco | | N° | H | | | | 1.00 | | | | | | | |
| Piel de cocodrilo | | m2 | H | 3.90 | 3.60 | | 14.04 | | | | | | | |
| Parcheo | | m2 | M | 5.30 | 3.70 | | 19.61 | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| VALORES DEDUCIDOS DE FALLAS EXISTENTES | | | | | | | | | | | | | | |
| Falla | | U | Severidad | Total | Densidad | VD | VDT | q | | | | | | |
| Grietas Longitudinal y/o Transversal. | | m | M | 9.40 | 3.82 | 9 | 152 | 5 | | | | | | |
| Agrietamiento en bloque | | m2 | M | 12.15 | 4.94 | 10 | | | | | | | | |
| Parcheo | | m2 | M | 43.88 | 17.84 | 39 | | | | | | | | |
| Hueco | | N° | H | 1.00 | 0.41 | 38 | | | | | | | | |
| Piel de cocodrilo | | m2 | H | 14.04 | 5.71 | 56 | | | | | | | | |
| | | | | | | | m | 5.0 | | | | | | |
| CALCULO DEL PCI | | | | | | | | | | | | | | |
| VALORES DEDUCIDOS | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | TDV | q | CDV |
| 56 | 39 | 38 | 10 | 9 | | | | | | | | 152 | 5 | 78 |
| 56 | 39 | 38 | 10 | 2 | | | | | | | | 145 | 4 | 81 |
| 56 | 39 | 38 | 2 | 2 | | | | | | | | 137 | 3 | 82 |
| 56 | 39 | 2 | 2 | 2 | | | | | | | | 101 | 2 | 71 |
| 56 | 2 | 2 | 2 | 2 | | | | | | | | 64 | 1 | 64 |
| | | | | | | | | | | | | CDV _{MAX} | 82 | |
| | | | | | | | | | | | | PCI | 18 | |
| | | | | | | | | | | | | CLASIFICACION | | |
| | | | | | | | | | | | | MUY MALO | | |

ANEXO B








Anexo 17. Registro fotográfico de fallas en el Tramo 1

| EVALUACION DEL INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO (PCI) | | | | | | |
|--|--|-------------------------|-------------------------|-------------------|----------------|-------|
| Via : | Av. Circunvalación Norte entre Av. Las | Evaluado por : | George Henry Pérez Cruz | | | |
| Fecha : | 14/01/2023 | Revisado por : | Ing. Carlos Sanchez | | | |
| Tipo de Pavimento: | Pavimento Flexible-Carpeta Asfaltica | Abscisa inicial: | 0+000 | Abscisa | 0+015 | |
| | | Area de tramo | 246.00 | | # Tramo | 1 |
| INVENTARIO DE FALLAS EXISTENTES | | | | | | |
| Falla | U | Severidad | Largo m | Ancho m | Prof. m | Total |
| Huecos | N° | L | | | | 1.00 |
| Piel de cocodrilo. | m2 | M | 2.50 | 1.80 | | 4.50 |
| Piel de cocodrilo. | m2 | M | 3.00 | 1.45 | | 4.35 |
| Piel de cocodrilo. | m2 | H | 2.40 | 2.7 | | 6.48 |
| Agrietamiento en bloque | m2 | L | 2.40 | 3.50 | | 8.40 |
| Abultamientos y hundimientos. | m | M | 7.40 | | | 7.40 |
| Piel de cocodrilo. | m2 | M | 3.30 | 1.69 | | 5.58 |
| Depresión | m2 | L | 4.3 | 0.8 | | 3.44 |
| REGISTRO FOTOGRÁFICO | | | | | | |
|  | | | | | | |
| Hueco | | Agrietamiento en bloque | | Piel de cocodrilo | | |
|  | | | | | | |
| Abultamiento y hundimiento | | | Depresión | | | |










Anexo 18. Registro fotográfico de fallas en el Tramo 4

| | | | | | | |
|---|--|-------------------------|--|----------------|----------------|--------------|
|  <div style="text-align: center;"> UNIVERSIDAD TECNICA DE MACHALA FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL </div>  | | | | | | |
| EVALUACION DEL INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO (PCI) | | | | | | |
| Via : | Av. Circunvalación Norte entre Av. Las | Evaluado por : | George Henry Pérez Cruz | | | |
| Fecha : | 14/01/2023 | Revisado por : | Ing. Carlos Sanchez | | | |
| Tipo de Pavimento: | Pavimento Flexible-Carpeta Asfaltica | Abscisa inicial: | 0+045 | Abscisa | 0+060 | |
| | | Area de tramo | 246.00 | | # Tramo | 4 |
| INVENTARIO DE FALLAS EXISTENTES | | | | | | |
| Falla | U | Severidad | Largo m | Ancho m | Prof. m | Total |
| Hueco | N° | M | | | | 5.00 |
| Huecos | N° | L | | | | 2.00 |
| Piel de cocodrilo | m2 | M | 2.90 | 1.40 | | 4.06 |
| Piel de cocodrilo | m2 | H | 1.20 | 1.2 | | 1.44 |
| Piel de cocodrilo | m2 | M | 8.50 | 2.00 | | 17.00 |
| Piel de cocodrilo | m2 | H | 4.00 | 2.2 | | 8.80 |
| Piel de cocodrilo | m2 | H | 2.60 | 2.20 | | 5.72 |
| | | | | | | |
| REGISTRO FOTOGRÁFICO | | | | | | |
|  | | |  | | | |
| Huecos | | | Piel de cocodrilo | | | |







Anexo 19. Registro fotográfico de fallas en el Tramo 7

| <div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;">  <div style="text-align: center;"> UNIVERSIDAD TECNICA DE MACHALA FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL </div>  </div> | | | | | | |
|---|--|-------------------------|-------------------------|----------------|----------------|-------|
| EVALUACION DEL INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO (PCI) | | | | | | |
| Via : | Av. Circunvalación Norte entre Av. Las | Evaluado por : | George Henry Pérez Cruz | | | |
| Fecha : | 14/01/2023 | Revisado por : | Ing. Carlos Sanchez | | | |
| Tipo de Pavimento: | Pavimento Flexible-Carpeta Asfáltica | Abscisa inicial: | 0+090 | Abscisa | 0+105 | |
| | | Area de tramo | 246.00 | | # Tramo | 7 |
| INVENTARIO DE FALLAS EXISTENTES | | | | | | |
| Falla | U | Severidad | Largo m | Ancho m | Prof. m | Total |
| Piel de cocodrilo | m2 | M | 4.70 | 1.90 | | 8.93 |
| Hueco | N° | M | | | | 1.00 |
| Agrietamiento en bloque | m2 | H | 4.30 | 2.00 | | 8.60 |
| Agrietamiento en bloque | m2 | H | 5.60 | 2.00 | | 11.20 |
| Parqueo | m2 | H | 1.60 | 0.70 | | 1.12 |
| Parqueo | m2 | H | 5.70 | 1.20 | | 6.84 |
| Abultamientos y hundimientos | m | M | 1.80 | | | 1.80 |
| REGISTRO FOTOGRÁFICO | | | | | | |
| <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">  Parqueo </div> <div style="text-align: center;">  Hueco </div> <div style="text-align: center;">  Abultamiento y hundimiento </div> </div> | | | | | | |
| <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">  Agrietamiento en bloque </div> <div style="text-align: center;">  Piel de cocodrilo </div> </div> | | | | | | |

Anexo 20. Registro fotográfico de fallas en el Tramo 10

| | | | | | | | | | |
|---|--|--|-------------------------|--|----------------|---|--|--|--|
|  | | <p>UNIVERSIDAD TECNICA DE MACHALA FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL</p> | | | |  | | | |
| EVALUACION DEL INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO (PCI) | | | | | | | | | |
| Via : | Av. Circunvalación Norte entre Av. Las | Evaluado por : | George Henry Pérez Cruz | | | | | | |
| Fecha : | 14/01/2023 | Revisado por : | Ing. Carlos Sanchez | | | | | | |
| Tipo de Pavimento: | Pavimento Flexible-Carpeta Asfaltica | Abscisa inicial: | 0+135 | Abscisa | 0+150 | | | | |
| | | Area de tramo | 246.00 | | # Tramo | 10 | | | |
| INVENTARIO DE FALLAS EXISTENTES | | | | | | | | | |
| Falla | U | Severidad | Largo m | Ancho m | Prof. m | Total | | | |
| Grieta de borde | m2 | M | 4.80 | | | 4.80 | | | |
| Grieta Longitudinal | m | L | 3.40 | | | 3.40 | | | |
| Grieta Transversal | m | L | 0.90 | | | 0.90 | | | |
| Piel de cocodrilo | m2 | M | 2.10 | 0.80 | | 1.68 | | | |
| Hueco | N° | M | | | | 1.00 | | | |
| Agrietamiento en bloque | m2 | L | 3.50 | 1.60 | | 5.60 | | | |
| Parqueo | m2 | M | 0.44 | 0.24 | | 0.11 | | | |
| REGISTRO FOTOGRÁFICO | | | | | | | | | |
|  | |  | |  | |  | |  | |
| Grieta de borde | | Grieta longitudinal | | Grieta transversal | | Hueco | | Parqueo | |
|  | | | |  | | | | | |
| Piel de cocodrilo | | | | Agrietamiento en bloque | | | | | |






Anexo 21. Registro fotográfico de fallas en el Tramo 13

| | | | | | | | |
|---|--|--|-------------------------|--|--------------------|---|--|
|  | | <p>UNIVERSIDAD TECNICA DE MACHALA FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL</p> | | | |  | |
| EVALUACION DEL INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO (PCI) | | | | | | | |
| Via : | Av. Circunvalación Norte entre Av. Las | Evaluado por : | George Henry Pérez Cruz | | | | |
| Fecha : | 14/01/2023 | Revisado por : | Ing. Carlos Sanchez | | | | |
| Tipo de Pavimento: | Pavimento Flexible-Carpeta Asfaltica | Abscisa inicial: | 0+180 | Abscisa | 0+195 | | |
| | | Area de tramo | 246.00 | | # Tramo | 13 | |
| INVENTARIO DE FALLAS EXISTENTES | | | | | | | |
| Falla | U | Severidad | Largo m | Ancho m | Prof. m | Total | |
| Grieta de borde | m | M | 2.20 | | | 2.20 | |
| Piel de cocodrilo | m2 | L | 1.80 | 2.60 | | 4.68 | |
| Hueco | N° | M | | | | 2.00 | |
| Hueco | N° | M | | | | 3.00 | |
| Piel de cocodrilo | m2 | L | 1.20 | 0.70 | | 0.84 | |
| Grieta longitudinal | m | M | 4.80 | | | 4.80 | |
| Piel de cocodrilo | m2 | H | 1.80 | 0.70 | | 1.26 | |
| Piel de cocodrilo | m2 | L | 4.8 | 2.4 | | 11.52 | |
| REGISTRO FOTOGRÁFICO | | | | | | | |
|  | | | |  | | | |
| Grieta de borde | | | | Huecos | | | |
|  | | | |  | | | |
| Piel de cocodrilo | | | | Grieta longitudinal | | | |








Anexo 22. Registro fotográfico de fallas en el Tramo 16

| | | | | | | |
|--|---|--|-------------------------|----------------|---|--------------|
|  | UNIVERSIDAD TECNICA DE MACHALA FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL | | | |  | |
| EVALUACION DEL INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO (PCI) | | | | | | |
| Via : | Av. Circunvalación Norte entre Av. Las | Evaluado por : | George Henry Pérez Cruz | | | |
| Fecha : | 14/01/2023 | Revisado por : | Ing. Carlos Sanchez | | | |
| Tipo de Pavimento: | Pavimento Flexible-Carpeta Asfáltica | Abscisa inicial: | 0+225 | Abscisa | 0+240 | |
| | | Area de tramo | 246.00 | # Tramo | 16 | |
| INVENTARIO DE FALLAS EXISTENTES | | | | | | |
| Falla | U | Severidad | Largo m | Ancho m | Prof. m | Total |
| Hueco | N° | M | | | | 3.00 |
| Agrietamiento en bloque | m2 | M | 2.60 | 3.00 | | 7.80 |
| Piel de cocodrilo | m2 | H | 3.00 | 3.60 | | 10.80 |
| Piel de cocodrilo | m2 | L | 1.60 | 0.85 | | 1.36 |
| Piel de cocodrilo | m2 | L | 10.60 | 3.60 | | 38.16 |
| Agrietamiento en bloque | m2 | L | 4.00 | 2.10 | | 8.40 |
| REGISTRO FOTOGRÁFICO | | | | | | |
|  |  |  | | | | |
| Huecos | Piel de cocodrilo | Agrietamiento en bloque | | | | |







Anexo 23. Registro fotográfico de fallas en el Tramo 19

| | | | | | | | |
|--|--|--|-------------------------|---|----------------|---|--|
|  | | <p>UNIVERSIDAD TECNICA DE MACHALA FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL</p> | | | |  | |
| EVALUACION DEL INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO (PCI) | | | | | | | |
| Via : | Av. Circunvalación Norte entre Av. Las | Evaluado por : | George Henry Pérez Cruz | | | | |
| Fecha : | 15/01/2023 | Revisado por : | Ing. Carlos Sanchez | | | | |
| Tipo de Pavimento: | Pavimento Flexible-Carpeta Asfaltica | Abscisa inicial: | 0+270 | Abscisa | 0+285 | | |
| | | Area de tramo | 246.00 | | # Tramo | 19 | |
| INVENTARIO DE FALLAS EXISTENTES | | | | | | | |
| Falla | U | Severidad | Largo m | Ancho m | Prof. m | Total | |
| Agrietamiento en bloque | m2 | L | 5.80 | 2.10 | | 12.18 | |
| Piel de cocodrilo | m2 | H | 3.10 | 1.40 | | 4.34 | |
| Agrietamiento en bloque | m2 | L | 13.80 | 2.4 | | 33.12 | |
| Abultamientos y hundimientos | m | M | 4.50 | 1.40 | | 6.30 | |
| Abultamientos y hundimientos. | m | M | 3.40 | 1.1 | | 3.74 | |
| Piel de cocodrilo | m2 | H | 7.20 | 1.30 | | 9.36 | |
| REGISTRO FOTOGRÁFICO | | | | | | | |
|  | | | |  | | | |
| Piel de cocodrilo | | | | Agrietamiento en bloque | | | |
|  | | | | | | | |
| Abultamiento y hundimiento | | | | | | | |







Anexo 24. Registro fotográfico de fallas en el Tramo 22

| | | | | | | | |
|---|--|---|-------------------------|--|----------------|---|--|
|  | | UNIVERSIDAD TECNICA DE MACHALA FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL | | | |  | |
| EVALUACION DEL INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO (PCI) | | | | | | | |
| Via : | Av. Circunvalación Norte entre Av. Las | Evaluado por : | George Henry Pérez Cruz | | | | |
| Fecha : | 15/01/2023 | Revisado por : | Ing. Carlos Sanchez | | | | |
| Tipo de Pavimento: | Pavimento Flexible-Carpeta Asfaltica | Abscisa inicial: | 0+315 | Abscisa | 0+330 | | |
| | | Area de tramo | 246.00 | | # Tramo | 22 | |
| INVENTARIO DE FALLAS EXISTENTES | | | | | | | |
| Falla | U | Severidad | Largo m | Ancho m | Prof. m | Total | |
| Parcheo | m2 | M | 6.60 | 2.50 | | 16.50 | |
| Grieta de borde | m | H | 8.40 | | | 8.40 | |
| Piel de cocodrilo | m2 | M | 8.50 | 1.30 | | 11.05 | |
| Hueco | N° | L | | | | 3.00 | |
| Piel de cocodrilo | m2 | M | 3.00 | 1.50 | | 4.50 | |
| Parcheo | m2 | M | 4.30 | 0.80 | | 3.44 | |
| Agritamiento en bloque | m2 | M | 4.30 | 3.80 | | 16.34 | |
| | | | | | | | |
| REGISTRO FOTOGRÁFICO | | | | | | | |
|  | |  | |  | | | |
| Grieta de borde | | Huecos | | Piel de cocodrilo | | | |
|  | | | |  | | | |
| Agritamiento en bloque | | | | Parcheo | | | |







Anexo 25. Registro fotográfico de fallas en el Tramo 25

| | | | | | | | |
|--|--|--|-------------------------|---|----------------|---|--|
|  | | <p>UNIVERSIDAD TECNICA DE MACHALA FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL</p> | | | |  | |
| EVALUACION DEL INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO (PCI) | | | | | | | |
| Via : | Av. Circunvalación Norte entre Av. Las | Evaluated por : | George Henry Pérez Cruz | | | | |
| Fecha : | 15/01/2023 | Revisado por : | Ing. Carlos Sanchez | | | | |
| Tipo de Pavimento: | Pavimento Flexible-Carpeta Asfaltica | Abscisa inicial: | 0+360 | Abscisa | 0+375 | | |
| | | Area de tramo | 246.00 | | # Tramo | 25 | |
| INVENTARIO DE FALLAS EXISTENTES | | | | | | | |
| Falla | U | Severidad | Largo m | Ancho m | Prof. m | Total | |
| Piel de cocodrilo | m2 | M | 6.20 | 1.70 | | 10.54 | |
| Parqueo | m2 | M | 3.20 | 0.95 | | 3.04 | |
| Parqueo | m2 | M | 5.10 | 2.20 | | 11.22 | |
| Hueco | N° | M | | | | 1.00 | |
| Agritamiento en bloque | m2 | M | 3.40 | 0.90 | | 3.06 | |
| Hueco | N° | M | | | | 1.00 | |
| Piel de cocodrilo | m2 | M | 4.60 | 1.00 | | 4.60 | |
| Hueco | N° | H | | | | 5.00 | |
| Piel de cocodrilo | m2 | M | 3.20 | 1.20 | | 3.84 | |
| Hueco | N° | M | | | | 2.00 | |
| REGISTRO FOTOGRÁFICO | | | | | | | |
|  | | | |  | | | |
| Agrietamiento en bloque | | | | Parqueo | | | |
|  | | | |  | | | |
| Huecos | | | | Piel de cocodrilo | | | |






Anexo 26. Registro fotográfico de fallas en el Tramo 28

| | | | | | | | |
|---|--|--|-------------------------|----------------|----------------|---|---|
|  | | <p>UNIVERSIDAD TECNICA DE MACHALA FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL</p> | | | |  | |
| EVALUACION DEL INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO (PCI) | | | | | | | |
| Via : | Av. Circunvalación Norte entre Av. Las | Evaluado por : | George Henry Pérez Cruz | | | | |
| Fecha : | 15/01/2023 | Revisado por : | Ing. Carlos Sanchez | | | | |
| Tipo de Pavimento: | Pavimento Flexible-Carpeta Asfaltica | Abscisa inicial: | 0+405 | Abscisa | 0+420 | | |
| | | Area de tramo | 246.00 | | # Tramo | 28 | |
| Tipos de fallas | | U | Tipos de fallas | | | | U |
| INVENTARIO DE FALLAS EXISTENTES | | | | | | | |
| Falla | U | Severidad | Largo m | Ancho m | Prof. m | Total | |
| Parcheo | m2 | M | 13.00 | 2.60 | | 33.80 | |
| Grieta Transversal | m | L | 1.60 | | | 1.60 | |
| Grieta Transversal | m | L | 1.90 | | | 1.90 | |
| Grieta Longitudinal | m | L | 1.80 | | | 1.80 | |
| Piel de cocodrilo | m2 | M | 3.00 | 0.80 | | 2.40 | |
| Piel de cocodrilo | m2 | H | 4.20 | 2.10 | | 8.82 | |
| Parcheo | m2 | M | 1.80 | 1.70 | | 3.06 | |
| Piel de cocodrilo | m2 | M | 4.90 | 1.80 | | 8.82 | |
| Piel de cocodrilo | m2 | H | 1.50 | 1.30 | | 1.95 | |
| REGISTRO FOTOGRAFICO | | | | | | | |
|  | |  | | | | | |
| Piel de cocodrilo | | Grieta longitudinal | | | | | |
|  | |  | | | | | |
| Parcheo | | Grieta transversal | | | | | |






Anexo 27. Registro fotográfico de fallas en el Tramo 31

| | | | | | | | |
|--|--|--|-------------------------|---|--------------------|---|--|
|  | | <p>UNIVERSIDAD TECNICA DE MACHALA FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL</p> | | | |  | |
| EVALUACION DEL INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO (PCI) | | | | | | | |
| Via : | Av. Circunvalación Norte entre Av. Las | Evaluado por : | George Henry Pérez Cruz | | | | |
| Fecha : | 15/01/2023 | Revisado por : | Ing. Carlos Sanchez | | | | |
| Tipo de Pavimento: | Pavimento Flexible-Carpeta Asfaltica | Abscisa inicial: | 0+450 | Abscisa | 0+461 | | |
| | | Area de tramo | 246.00 | | # Tramo | 31 | |
| INVENTARIO DE FALLAS EXISTENTES | | | | | | | |
| Falla | U | Severidad | Largo m | Ancho m | Prof. m | Total | |
| Grieta Longitudinal | m | M | 9.40 | | | 9.40 | |
| Agrietamiento en bloque | m2 | M | 4.50 | 2.30 | | 10.35 | |
| Parcheo | m2 | M | 5.60 | 2.30 | | 12.88 | |
| Agrietamiento en bloque | m2 | M | 1.20 | 1.50 | | 1.80 | |
| Parcheo | m2 | M | 3.40 | 3.35 | | 11.39 | |
| Hueco | N° | H | | | | 1.00 | |
| Piel de cocodrilo | m2 | H | 3.90 | 3.60 | | 14.04 | |
| Parcheo | m2 | M | 5.30 | 3.70 | | 19.61 | |
| REGISTRO FOTOGRÁFICO | | | | | | | |
|  | | | |  | | | |
| Agrietamiento en bloque | | | | Hueco | | | |
|  | | | |  | | | |
| Parcheo | | | | Piel de cocodrilo | | | |






Anexo 28. Registro fotográfico de fallas en el Tramo 34

| | | | | | | | |
|--|--|--|-------------------------|---|----------------|---|--------------|
|  | | <p>UNIVERSIDAD TECNICA DE MACHALA FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL</p> | | | |  | |
| EVALUACION DEL INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO (PCI) | | | | | | | |
| Via : | Av. Circunvalación Norte entre Av. Las | Evaluado por : | George Henry Pérez Cruz | | | | |
| Fecha : | 15/01/2023 | Revisado por : | Ing. Carlos Sanchez | | | | |
| Tipo de Pavimento: | Pavimento Flexible-Carpeta Asfaltica | Abscisa inicial: | 0+495 | Abscisa | 0+510 | | |
| | | Area de tramo | 246.00 | | # Tramo | 34 | |
| REGISTRO FOTOGRÁFICO | | | | | | | |
| Falla | | U | Severidad | Largo m | Ancho m | Prof. m | Total |
| Grieta Longitudinal | | m | M | 5.95 | | | 5.95 |
| Parcheo | | m2 | M | 1.70 | 1.70 | | 2.89 |
| Piel de cocodrilo | | m2 | M | 2.80 | 0.90 | | 2.52 |
| Agrietamiento en bloque | | m2 | M | 0.90 | 0.80 | | 0.72 |
| Agrietamiento en bloque | | m2 | M | 9.45 | 4.15 | | 39.22 |
| Piel de cocodrilo | | m2 | H | 3.50 | 1.00 | | 3.50 |
| REGISTRO FOTOGRÁFICO | | | | | | | |
|  | | | |  | | | |
| Agrietamiento en bloque | | | | Piel de cocodrilo | | | |
|  | | | | | | | |
| Parcheo y grieta longitudinal | | | | | | | |






Anexo 29. Registro fotográfico de fallas en el Tramo 37

| | | | | | | |
|--|--|---|-------------------------|--------------------|---|--------------|
|  | UNIVERSIDAD TECNICA DE MACHALA FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL | | | |  | |
| EVALUACION DEL INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO (PCI) | | | | | | |
| Via : | Av. Circunvalación Norte entre Av. Las | Evaluado por : | George Henry Pérez Cruz | | | |
| Fecha : | 15/01/2023 | Revisado por : | Ing. Carlos Sanchez | | | |
| Tipo de Pavimento: | Pavimento Flexible-Carpeta Asfaltica | Abscisa inicial: | 0+540 | Abscisa | 0+555 | |
| | | Area de tramo | 246.00 | # Tramo | 37 | |
| INVENTARIO DE FALLAS EXISTENTES | | | | | | |
| Falla | U | Severidad | Largo m | Ancho m | Prof. m | Total |
| Grieta de borde | m | M | 5.30 | | | 5.30 |
| Grieta Transversal | m | M | 2.00 | | | 2.00 |
| Piel de cocodrilo | m2 | M | 2.00 | 1.50 | | 3.00 |
| Agrietamiento en bloque | m2 | M | 5.80 | 3.10 | | 17.98 |
| Agrietamiento en bloque | m2 | H | 1.50 | 4.50 | | 6.75 |
| REGISTRO FOTOGRÁFICO | | | | | | |
|  | |  | | | | |
| Piel de cocodrilo | | Argietamiento en bloque | | | | |
|  | | | | | | |
| Grieta de borde | | | | | | |







Anexo 30. Registro fotográfico de fallas en el Tramo 40

| | | | | | | | |
|--|--|--|-------------------------|---|--------------------|---|--|
|  | | <p>UNIVERSIDAD TECNICA DE MACHALA FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL</p> | | | |  | |
| EVALUACION DEL INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO (PCI) | | | | | | | |
| Via : | Av. Circunvalación Norte entre Av. Las | Evaluado por : | George Henry Pérez Cruz | | | | |
| Fecha : | 15/01/2023 | Revisado por : | Ing. Carlos Sanchez | | | | |
| Tipo de Pavimento: | Pavimento Flexible-Carpeta Asfaltica | Abscisa inicial: | 0+585 | Abscisa | 0+600 | | |
| | | Area de tramo | 246.00 | | # Tramo | 40 | |
| INVENTARIO DE FALLAS EXISTENTES | | | | | | | |
| Falla | U | Severidad | Largo m | Ancho m | Prof. m | Total | |
| Grieta de borde | m | H | 15.00 | | | 15.00 | |
| Parqueo | m2 | M | 11.40 | 4.40 | | 50.16 | |
| Agrietamiento en bloque | m2 | M | 15.00 | 4.80 | | 72.00 | |
| REGISTRO FOTOGRÁFICO | | | | | | | |
|  | | | |  | | | |
| Grieta de borde | | | | Agrietamiento en bloque | | | |
|  | | | | | | | |
| Parqueo | | | | | | | |

Anexo 31. Registro fotográfico de fallas en el Tramo 43

| | | | | | | | |
|--|--|--|-------------------------|---|--------------------|---|---|
|  | | UNIVERSIDAD TECNICA DE MACHALA FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL | | | |  | |
| EVALUACION DEL INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO (PCI) | | | | | | | |
| Via : | Av. Circunvalación Norte entre Av. Las | Evaluado por : | George Henry Pérez Cruz | | | | |
| Fecha : | 15/01/2023 | Revisado por : | Ing. Carlos Sanchez | | | | |
| Tipo de Pavimento: | Pavimento Flexible-Carpeta Asfaltica | Abscisa inicial: | 0+630 | Abscisa | 0+645 | | |
| | | Area de tramo | 246.00 | | # Tramo | 43 | |
| Tipos de fallas | | U | Tipos de fallas | | | | U |
| INVENTARIO DE FALLAS EXISTENTES | | | | | | | |
| Falla | U | Severidad | Largo m | Ancho m | Prof. m | Total | |
| Parqueo | m2 | H | 3.10 | 1.80 | | 5.58 | |
| Parqueo | m2 | H | 3.70 | 0.46 | | 1.70 | |
| Parqueo | m2 | H | 3.80 | 1.20 | | 4.56 | |
| Parqueo | m2 | H | 6.15 | 1.60 | | 9.84 | |
| Grieta de borde | m | M | 15.00 | | | 15.00 | |
| Grietas Longitudinal y/o Transversal. | m | M | 4.60 | | | 4.60 | |
| REGISTRO FOTOGRÁFICO | | | | | | | |
|  | | | |  | | | |
| Grieta longitudinal | | | | Parqueo | | | |
|  | | | | | | | |
| Grieta de borde | | | | | | | |

Anexo 32. Registro fotográfico de fallas en el Tramo 46

| | | | | | | | |
|---|--|--|-------------------------|--|----------------|---|--|
|  | | <p>UNIVERSIDAD TECNICA DE MACHALA FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL</p> | | | |  | |
| <p>EVALUACION DEL INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO (PCI)</p> | | | | | | | |
| Via : | Av. Circunvalación Norte entre Av. Las | Evaluado por : | George Henry Pérez Cruz | | | | |
| Fecha : | 15/01/2023 | Revisado por : | Ing. Carlos Sanchez | | | | |
| Tipo de Pavimento: | Pavimento Flexible-Carpeta Asfaltica | Abscisa inicial: | 0+675 | Abscisa | 0+690 | | |
| | | Area de tramo | 246.00 | | # Tramo | 46 | |
| <p>INVENTARIO DE FALLAS EXISTENTES</p> | | | | | | | |
| Falla | U | Severidad | Largo m | Ancho m | Prof. m | Total | |
| Agrietamiento en bloque | m2 | H | 9.90 | 5.10 | | 50.49 | |
| Piel de cocodrilo | m2 | H | 4.60 | 2.20 | | 10.12 | |
| Grieta de borde | m | H | 15.00 | | | 15.00 | |
| Piel de cocodrilo | m2 | H | 3.40 | 0.80 | | 2.72 | |
| Parqueo | m2 | H | 0.90 | 0.90 | | 0.81 | |
| Parqueo | m2 | H | 1.20 | 1.10 | | 1.32 | |
| Grietas Longitudinal y/o Transversal. | m | M | 6.50 | | | 6.50 | |
| <p>REGISTRO FOTOGRAFICO</p> | | | | | | | |
|  | | | |  | | | |
| <p>Parqueo</p> | | | | <p>Grieta de borde</p> | | | |
|  | | | |  | | | |
| <p>Agrietamiento en bloque</p> | | | | <p>Piel de cocodrilo</p> | | | |