



UTMACH

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

Evaluación superficial del pavimento de la vía c22 desde la avenida Panamericana norte hasta el sitio Santa Cruz en el cantón El Guabo.

**OCAMPO ARMIJOS ANGEL DANILO
INGENIERO CIVIL**

**MACHALA
2023**



UTMACH

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

Evaluación superficial del pavimento de la vía c22 desde la avenida Panamericana norte hasta el sitio Santa Cruz en el cantón El Guabo.

**OCAMPO ARMIJOS ANGEL DANILO
INGENIERO CIVIL**

**MACHALA
2023**



UTMACH

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

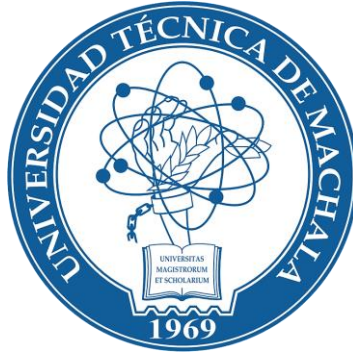
PROYECTOS TÉCNICOS

**Evaluación superficial del pavimento de la vía c22 desde la
avenida Panamericana norte hasta el sitio Santa Cruz en el cantón
El Guabo.**

**OCAMPO ARMIJOS ANGEL DANILO
INGENIERO CIVIL**

CABRERA GORDILLO JORGE PAUL

**MACHALA
2023**



FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

**EVALUACIÓN SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO DE LA VIA C22 DESDE LA
AVENIDA PANAMERICANA NORTE HASTA EL SITIO SANTA CRUZ EN EL
CANTÓN EL GUABO**

OCAMPO ARMIJOS ANGEL DANILO

Machala – El Oro – Ecuador
2023

EVALUACIÓN SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO DE LA VIA C22 DESDE LA AVENIDA PANAMERICANA NORTE HASTA EL SITIO SANTA CRUZ EN EL CANTÓN EL GUABO

por Angel Danilo Ocampo Armijos

Fecha de entrega: 29-feb-2024 11:18a.m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 2307979582

Nombre del archivo: TESIS-OCAMPO_ARMIJOS_DANILO.docx (102.42K)

Total de palabras: 11383

Total de caracteres: 59953

EVALUACIÓN SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO DE LA VIA C22 DESDE LA AVENIDA PANAMERICANA NORTE HASTA EL SITIO SANTA CRUZ EN EL CANTÓN EL GUABO

INFORME DE ORIGINALIDAD

0%

INDICE DE SIMILITUD

0%

FUENTES DE INTERNET

0%

PUBLICACIONES

0%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias

< 5%

Excluir bibliografía

Activo

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

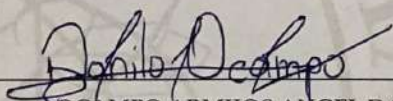
El que suscribe, OCAMPO ARMIJOS ANGEL DANILO, en calidad de autor del siguiente trabajo escrito titulado Evaluación superficial del pavimento de la vía c22 desde la avenida Panamericana norte hasta el sitio Santa Cruz en el cantón El Guabo., otorga a la Universidad Técnica de Machala, de forma gratuita 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.



OCAMPO ARMIJOS ANGEL DANILO

0705581106



UTMACH

UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA CIVIL

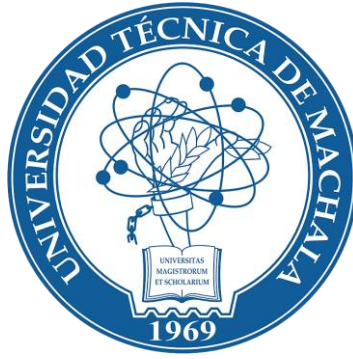
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

**EVALUACIÓN SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO DE LA VIA
C22 DESDE LA AVENIDA PANAMERICANA NORTE HASTA
EL SITIO SANTA CRUZ EN EL CANTÓN EL GUABO**

OCAMPO ARMIJOS ANGEL DANILO

MACHALA

2023



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MACHALA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

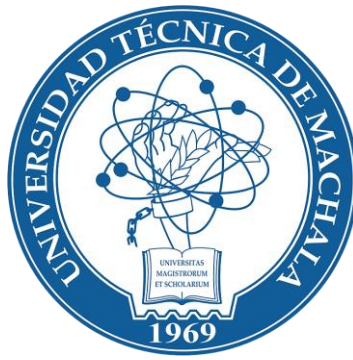
PROYECTO TÉCNICO

**EVALUACIÓN SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO DE LA VIA C22 DESDE LA
AVENIDA PANAMERICANA NORTE HASTA EL SITIO SANTA CRUZ EN EL
CANTÓN EL GUABO**

OCAMPO ARMIJOS ANGEL DANILO

ING. CIV. PAUL CABRERA GORDILLO Mgs.

Machala – El Oro – Ecuador
2023



FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

**EVALUACIÓN SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO DE LA VIA C22 DESDE LA
AVENIDA PANAMERICANA NORTE HASTA EL SITIO SANTA CRUZ EN EL
CANTÓN EL GUABO**

OCAMPO ARMIJOS ANGEL DANILO

Machala – El Oro – Ecuador
2023

DEDICATORIA

El trabajo realizado está dedicado a quienes creyeron en mí y fueron mi soporte en mi vida universitaria de forma motivacional y económica, quienes estuvieron allí de forma incondicional. De forma particular está dedicado a mi papá y mi mamá que gracias a ellos he llegado al termino de mi formación profesional, las palabras se quedan cortas para agradecerles su amor y apoyo paternal.

Danilo Ocampo

AGRADECIMIENTO

En primera instancia les agradezco a mis padres, su apoyo ha sido mi mayor fortaleza, en cada esfuerzo, cada desafío han sido luz constante en mi camino académico. En segunda instancia a mis amigos y familiares que han sido parte de esta etapa de mi vida. En tercera instancia quiero agradecer a los docentes que han impartido sus conocimientos han legado sus enseñanzas que con el paso de esta etapa de formación supieron guiarme y darme la pauta para saber prepararme en criterio y base en las ciencias para desenvolverme en mi ámbito profesional. Al cierre también le agradezco a mi querida mascota que fue mi compañía en todo el tiempo que dedique a mis estudios en casa, quien sin hablar me transmitía su apoyo y ánimo.

Danilo Ocampo

RESUMEN

El presente trabajo investigativo se enmarca en una problemática enlazada con la sociedad siendo un inadecuado servicio de vialidad ambientándose en la Vía C22 entre Panamericana Norte hasta el sitio Santa Cruz. En consideración que el pavimento se muestra defectos en la carpeta asfáltica, se estableció como objetivo la realización de la evaluación superficial en el pavimento usando como metodologías normativas para el análisis del pavimento asfáltico, conocer su valor de estabilidad, porcentaje de asfalto, granulometría y el método PCI para determinar el estado del pavimento y en función del resultado plantear una intervención de rehabilitación o de mantenimiento. Para el análisis del asfalto se extrajo una muestra para realizar los ensayos correspondientes agregándole la inspección visual fue la técnica utilizada para la complementar la evaluación, invirtiendo dos días de recolección de datos para así mejorar la consistencia y calidad del resultado. Como resultados obtenidos se puede indicar que el porcentaje promedio de estabilidad de Marshall fue de 850 lbf, el porcentaje de asfalto medio fue de 4.06% además posee un PCI promediado de 35 partiendo de esto y según la Norma ASTM D6433 se considera como MALO en el tramo de estudio. Habiendo analizado los datos propios del estado que arrojó la vía se determina que el fresado sería la alternativa idónea para realizar un tratamiento de rehabilitación. Se establece que antes de llevar a cabo un fresado se estime con carácter técnico las variables propias de cada región geográfica e indispensablemente un análisis estructural de la infraestructura, para garantizar la efectividad y durabilidad del nuevo pavimento.

Palabras claves: PCI, Pavimento flexible, condición de la carpeta asfáltica, fallas de pavimento flexible, ASTM D6433-03, ASTM D6927, ASTM D2172.

ABSTRACT

The present research work is framed in a problem linked to society, being an inadequate road service on the C22 road between Panamericana Norte and Santa Cruz. Considering that the pavement shows defects in the asphalt layer, the objective was to perform a superficial evaluation of the pavement using normative methodologies for the analysis of the asphalt pavement, to know its stability value, percentage of asphalt, granulometry and the PCI method to determine the state of the pavement and, depending on the result, to propose a rehabilitation or maintenance intervention. For the asphalt analysis, a sample was extracted to perform the corresponding tests, adding the visual inspection, which was the technique used to complement the evaluation, investing two days of data collection to improve the consistency and quality of the result. As results obtained we can indicate that the average percentage of Marshall's stability was 850 lbf, the average percentage of asphalt was 4.06% and it also has an average PCI of 35, based on this and according to the ASTM D6433 Standard, it is considered as BAD in the study section. Having analyzed the data on the condition of the road, it was determined that milling would be the ideal alternative for rehabilitation treatment. Before milling is carried out, it is established that a technical estimate should be made of the condition of the road.

Key words: PCI, flexible pavement, asphalt pavement condition, flexible pavement failure, ASTM D6433-03, ASTM D6927, ASTM D2172.

ÍNDICE DE CONTENIDO

TEMA DE INVESTIGACIÓN	16
INTRODUCCIÓN	16
Actualidad de la problemática.....	18
Capítulo I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	18
1.1 Línea base del proyecto.....	18
1.1.1 Caracterización territorial de El Guabo.....	18
1.1.2 Población.....	21
1.1.3 Sector Productivo de El Guabo	22
1.1.4 Cobertura de servicios básicos	23
1.1.4.1 Agua Potable	23
1.1.4.2 Alcantarillado	23
1.1.4.3 Electricidad	24
1.1.4.4 Servicio de Salud.....	25
1.1.4.5 Situación de la vivienda: oferta, demanda y calidad	26
1.1.5 Geomorfología del cantón EL Guabo.....	27
1.1.6 Uso y cobertura del Suelo	29
1.1.7 Amenaza asociadas.....	30
1.2. Identificación Descripción y Diagnostico del Problema.....	30
1.2.1 Formulación del problema	30
1.2.2 Contextualización Macro	30
1.2.3 Contextualización Meso.....	31

1.2.4 Contextualización Micro	32
1.2.5 Árbol de problemas	34
1.2.6 Delimitación del objeto de estudio.....	34
1.2.7 Límite de la zona	34
1.2.8 Coordenadas	35
1.3. Justificación.....	36
1.4 Objetivos	37
1.4.1 Objetivo General	37
1.4.2 Objetivos Específicos.....	37
Capítulo II CONCEPTOS TEORICOS.....	37
2.1 Antecedentes conceptuales.....	37
2.1.1 Vía	37
2.1.2 Vía rural.....	38
2.1.3 Pavimento.....	38
2.1.4 Pavimento Flexible.....	38
2.1.5 Desgaste del pavimento flexible	38
2.1.6 Variables que producen el deterioro del pavimento.	39
2.1.6.1 Trafico	39
2.1.6.2 Humedad	39
2.1.6.3 Estabilidad.....	39
2.1.6.4 Valor de estabilidad de Marshall	40
2.1.6.5 Porcentaje de pavimento asfaltico.....	40
2.1.6.6 Vías de tercer orden.....	40

2.1.6.7 TPDA de la vía C22	40
2.1.7 Índice de condición de pavimentos (PCI)	40
2.1.8 Tipos de fallas del Índice de condición del pavimento	41
2.1.9 Severidad.....	42
2.1.10 Clasificación de PCI.....	43
2.2 Antecedentes referenciales	44
2.3 Antecedentes contextuales.....	45
2.3.1 Macro	45
2.3.2 Meso.....	46
2.3.3 Micro	46
Capítulo III: METODOLOGÍA.....	47
3.1 Modalidad básica de la investigación.....	47
3.2 Tipo de investigación	47
3.3 Objeto de estudio.....	47
3.4 Descripción de la población y muestra	47
3.4.1 Población referencial.....	47
3.4.2 Tamaño de muestra.....	48
3.5 Materiales y métodos	48
3.5.1 Descripción del Procedimiento	48
3.5.2 Ensayo Estabilidad Marshall - Norma ASTM D6927	48
3.5.2.1 Materiales e instrumentos.....	49
3.5.2.2 Calentamiento de muestras.....	49
3.5.2.3 Limpieza de Equipo	49

3.5.2.4 Ejecución del ensayo.....	49
3.5.3 Ensayo de extracción de materiales bituminosos- Norma ASTM-D2172.....	50
3.5.3.1 Materiales e instrumentos.....	50
3.5.3.2 Procedimiento	50
3.5.4 Método ASTM D6433-03 a aplicar.....	51
3.5.4.1 Materiales e instrumentos.....	51
3.5.5 Procedimiento de la evaluación del pavimento asfáltico haciendo uso del método de Índice de Condición del Pavimento PCI	51
3.5.5.1 Trabajo de investigación de campo.	51
3.5.5.2 Inspección visual.....	52
3.5.5.3 Unidades de muestreo.	52
3.5.5.4 Índice de condición del pavimento (PCI).....	52
3.5.5.5 Longitud de muestreo.....	52
3.5.5.6 Determinación de las Unidades de Muestreo	53
3.5.5.7 Selección de unidades de muestreo para inspección	54
3.5.5.8 Evaluación de la condición	54
3.5.5.9 Calculo de Valores Deducidos (VD)	55
3.5.6.0 Curvas de valores deducidos según cada tipo de falla	55
3.5.6.1 Calculo del número máximo admisible de valores deducidos	61
3.5.6.2 Calculo del máximo valor deducido corregido (CDV)	62
3.5.6.3 Calculo de PCI de la muestra	63
Capítulo IV: ANALISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	63
4.1 Determinación de resultados de Ensayo de estabilidad de Marshall.....	63

4.2 Determinación de resultados de Ensayo extracción de contenido asfáltico	64
4.3 Análisis granulométrico mezcla asfáltica	66
4.4 Determinación del índice del estado del pavimento.....	70
4.4.1. Longitud de unidad de muestra	70
4.4.1.1 Unidades de muestreo	72
4.4.1.2 Selección de las unidades a aplicar el muestreo.....	73
4.4.1.3 Resultados de la unidad de muestra 1	74
4.4.1.4 Registro de fallas de la unidad de muestra 1	75
4.4.1.5 Cálculo de Valores Deducidos.....	76
4.4.1.6 Calculo del valor PCI de la unidad de muestra 1	80
4.5 Análisis de resultados e interpretación de datos.....	82
4.5.1 Determinación del PCI promedio.....	82
4.5.2 Fallas representativas	85
4.5.3 Operación de mantenimiento	88
4.5.4 Alternativa de intervención a pavimento flexible.....	94
4.5.5 Aplicación del Fresado	94
4.5.6 Colocación de nueva carpeta asfáltica.....	95
5. CONCLUSIONES	95
6. RECOMENDACIONES	96
Referencias	98
ANEXO X1.-.....	101
ANEXOS ENSAYOS REALIZADOS.....	101
ANEXO EVALUACIÓN POR TRAMOS.....	102

Anexo 1. Valores deducidos en tramo 1.....	102
Anexo 2. Valores deducidos en tramo 3.....	104
Anexo 3. Valores deducidos en tramo 5.....	105
Anexo 4. Valores deducidos en tramo 7.....	106
Anexo 5. Valores deducidos en tramo 9.....	107
Anexo 6. Valores deducidos en tramo 11.....	108
Anexo 7. Valores deducidos en tramo 13.....	109
Anexo 8. Valores deducidos en tramo 15.....	110
Anexo 9. Valores deducidos en tramo 17.....	111
2.- Registro de fallas mediante imágenes tomadas in situ.....	112
Anexo 10.- Nomina de registro de fallas en pavimento.....	112
Anexo 11.- Nomina de registro de fallas en pavimento correspondiente al tramo 3.....	113
Anexo 12.- Nomina de registro de fallas en pavimento correspondiente al tramo 5.....	114
Anexo 13.- Nomina de registro de fallas en pavimento correspondiente al tramo 7.....	115
Anexo 14.- Nomina de registro de fallas en pavimento correspondiente al tramo 9.....	116
Anexo 15.- Nomina de registro de fallas en pavimento correspondiente al tramo 11.....	117
Anexo 16.- Nomina de registro de fallas en pavimento correspondiente al tramo 13.....	118
Anexo 17.- Nomina de registro de fallas en pavimento correspondiente al tramo 15.....	119
Anexo 18.- Nomina de registro de fallas en pavimento correspondiente al tramo 17.....	120

INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Superficies ocupadas del cantón El Guabo, según componente geográfico.....	20
Tabla 2: Proyección de población Nacional, Provincial y Cantonal 2022.	21
Tabla 3: Agua recibida por procedencia	23
Tabla 4: Cobertura de alcantarillado según tipo de servicio.....	24
Tabla 5: Acceso al servicio eléctrico.	25
Tabla 6: Tipos de centros de atención de Salud.....	26
Tabla 7: Tipos de viviendas	27
Tabla 8: Geomorfología de El Guabo.....	28
Tabla 9: Uso de Suelo del cantón El Guabo	29
Tabla 10: Coordenadas Geográficas de la zona a evaluar	35
Tabla 11: Clasificación de tipos de fallas en el pavimento flexible	42
Tabla 12: Clasificación de la severidad.....	43
Tabla 13: Rango de clasificación de PCI.....	44
Tabla 14: Longitudes de muestreo de la carpeta asfáltica	53
Tabla 15: Ficha de registro de fallas observadas	55
Tabla 16: Registro de valores deducidos.....	61
Tabla 17: Máxima valor deducido corregido	63
Tabla 18: Valores obtenidos en el ensayo de estabilidad Marshall.....	64
Tabla 19: Granulometría de Muestra 1.....	66
Tabla 20: Granulometría de Muestra 2.....	67
Tabla 21: Granulometría de Muestra 3.....	69
Tabla 14: Longitudes de muestreo de la carpeta asfáltica	71

Tabla 22: Registro de fallas observadas en el tramo 1	75
Tabla 23: Cálculo de valores deducidos en el Tramo 1	80
Tabla 24: Resultado de los valores corregidos CDV y CDV Max en el Tramo 1	81
Tabla 25: Resumen de PCI 9 unidades de muestras	83
Tabla 26: Fallas encontradas por cada tramo	86
Tabla 27: Causas y definiciones de las fallas	87
Tabla 28: Nivel de servicio e intervención	89
Tabla 29: Alternativa N°1. Estrategias de mitigación para Fallas existentes.	90
Tabla 30: Alternativa N°2. Estrategias de mitigación para Fallas.	93

INDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Territorio perteneciente a El Guabo	19
Ilustración 2: Sectores productivos de El Guabo	22
Ilustración 3: Árbol de problemas	34
Ilustración 4: Ubicación Geográfica del Proyecto	35
Ilustración 5: Curva de Valor deducido Baches	56
Ilustración 6: Curva de Valor deducido para piel de cocodrilo	56
Ilustración 7: Curva de Valor deducido de abultamiento y hundimiento	57
Ilustración 8: Curva de Valor deducido para agrietamiento en bloque.....	57
Ilustración 9: Curva de Valor deducido para grieta longitudinal y transversal	58
Ilustración 10: Curva de Valor deducido para depresión.....	58
Ilustración 11: Curva de Valor deducido para parcheo.....	59
Ilustración 12: Curva de Valor deducido para grieta de borde	59
Ilustración 13: Curva de Valor deducido para pulimento de agregados	60
Ilustración 14: Curva de Valor deducido para peladura y desprendimiento de agregados	60
Ilustración 15 Curva de valores deducidos corregidos.....	62
Ilustración 16: Representación gráfica de las muestras.....	74
Ilustración 17: Ubicación geográfica de muestra 1 en la vía de estudio	74
Ilustración 18: Zona de toma de datos correspondiente a la muestra 1	75
Ilustración 19: Ilustración gráfica del valor deducido para pulimento de agregados.....	76
Ilustración 20: Ilustración gráfica del valor deducido para depresión	77
Ilustración 21: Ilustración gráfica del valor deducido para baches	78
Ilustración 22: Ilustración gráfica del valor deducido para Abultamiento y hundimiento	78

Ilustración 23: Ilustración gráfica del valor deducido para peladura y desprendimiento de agregados.....	79
Ilustración 24 Valor de deducción corregido CDV en el Tramo 1	81
Ilustración 25. Resultado PCI en las 9 unidades de muestra.....	85

INDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1: Promedio de estabilidad	64
Ecuación 2: Porcentaje de cemento asfaltico	65
Ecuación 3: Promedio de porcentaje de cemento asfaltico	66
Ecuación 4: Área de muestra por tramo	71
Ecuación 5: Unidades de muestreo	72
Ecuación 6: Unidades de muestreo a intervenir	72
Ecuación 7: Espaciamiento a tomar	73
Ecuación 8: Numero de fallas a considerar	79
Ecuación 9: Calculo del PCI	82
Ecuación 10: Valor promedio PCI.....	85

TEMA DE INVESTIGACIÓN

Análisis superficial del pavimento de la vía C-22 desde la avenida Panamericana Norte comprendida entre la intersección Panamericana Norte El Guabo – Sitio Santa Cruz en el Guabo.

INTRODUCCIÓN

El pavimento flexible está constituido por varias capas las cuales cumplen funciones importantes, como distribuir las cargas del tránsito de forma correcta, resistir agentes climatológicos, impermeabilizar el pavimento y tener una capa de rodadura cómoda y segura para el tránsito (Oblitas-Gastelo, Medina-Cardozo, & Paredes-Asalde, 2022). En base a esta premisa se dinamiza el desarrollo socioeconómico, ambiental y mejor flujo del tráfico, en ingeniería el diseño en vías de comunicación no solo contempla problemas de tráfico vehicular, la infraestructura vial es muy importante por ser el eje principal de la economía y desarrollo de un país, además de conectar las áreas de producción con las de consumo, es allí donde radica la importancia de que estas se encuentren en buen estado.

Además, para valorar el nivel de mantenimiento a aplicar se debe basar en la información de estudios de la condición del pavimento. (Sleyther Arturo De La Cruz Vega, 2021). En la actualidad se encuentran varios métodos destructivos y no destructivos para poder analizar el pavimento, de los métodos no destructivos transcicionan los aspectos de la carpeta de pavimento en modo practico siendo estos el Índice de serviciabilidad del pavimento (PSI) y el Índice de condición del pavimento (PCI), este último será el método encargado de presentar datos de la carpeta asfáltica para el presente trabajo.

El pavimento experimenta la influencia de cargas vehiculares y factores climáticos, los cuales inciden en su estado, provocando su deterioro de manera progresiva. Las repeticiones de cargas vehiculares producen un desgaste superficial en el caso de pavimentos rígidos, pudiendo incluso originar fisuras. En contraste, en pavimentos flexibles, estas cargas tienen el potencial de generar deflexiones en la subrasante. Además, factores climáticos como la humedad pueden afectar la adherencia y cohesión de los pavimentos flexibles, acelerando la desintegración tanto del ligante asfáltico como del árido. En otras palabras, la combinación de estos elementos desencadena patologías o

fallos en el pavimento, tales como la apariencia de piel de cocodrilo o la formación de ahuellamientos, las cuales son dos de las problemáticas más comunes en pavimentos asfálticos. (Silva-Balaguera, 2019) La conservación de pavimentos se define como las actividades orientadas a mantener y brindar las carreteras en buen estado funcional usando métodos para evaluar el deterioro del pavimento. (Ayala, 2013). Evaluar el pavimento nos direcciona a un mejoramiento y mantenimiento de las carreteras reduciendo el impacto ambiental por la explotación de la naturaleza en la obtención de los recursos naturales, alterando el suelo y aumentando la huella de carbono en el entorno siendo las carreteras un patrimonio nacional importante que requieren conservación para mantenerlas en condiciones satisfactorias para el usuario. (Moreno, 2018).

El trabajo se encuentra conformado en cuatro capítulos, el primer capítulo versa sobre los antecedentes y contextualización de El cantón El Guabo como el espacio donde se realiza el estudio, diagnóstico del objeto de estudio para plantear el problema, justificación y objetivos. La vía C-22 está compuesta en su totalidad de pavimento de tipo flexible.

El segundo capítulo aborda el marco teórico, focalizándose en las definiciones y conceptos de los términos vinculados al tema. Este enfoque facilitará la comprensión de la metodología empleada para la evaluación del pavimento. Además, presenta antecedentes contextuales al hacer referencia a situaciones o estudios análogos relacionados con la problemática, explorando la metodología aplicada en un contexto macro, meso y micro.

El tercer capítulo aborda la metodología, detallando aspectos como el tamaño de la muestra, los materiales empleados, la creación de fichas para la ubicación de los datos, y los métodos aplicados para la evaluación. Este apartado describe de manera exhaustiva el proceso, desde la recopilación de datos en el campo, como las características estructurales de la carpeta asfáltica, la medición de fallas y el registro fotográfico, hasta la realización del cálculo del Índice de Condición del Pavimento (PCI) para determinar el estado superficial de la muestra analizada.

En el cuarto capítulo, se lleva a cabo la implementación de la metodología PCI, que implica el análisis de las unidades de muestra para determinar los valores deducidos y clasificar la condición del pavimento. Se procede a la interpretación de los datos obtenidos durante la evaluación superficial del pavimento, identificando las fallas más

representativas. Además, se desarrollan propuestas fundamentadas en los resultados para el mantenimiento o rehabilitación del pavimento.

Actualidad de la problemática

La Red Rodoviaria es una de las infraestructuras más vitales para un país, desempeñando un papel fundamental en todos los desplazamientos de personas y mercancías. Por lo tanto, su nivel de funcionamiento es esencial para el progreso socioeconómico y la calidad de vida de las comunidades. La tipología de pavimentos más utilizadas e implementadas en nuestro país son los pavimentos flexibles con el 50,2% de las vías y en segundo lugar con 16,6% lo ocupan los pavimentos rígidos de hormigón simple, este último ha sido el más utilizado en los últimos años debido a que son más eficiente para los suelos arcillosos en nuestro país. (Moreira., 2018).

Los planes de mantenimiento estipulados por la Norma Ecuatoriana Vial (NEVI-12) no son aplicados como esta los estipula lo que provoca deterioro precoz de las estructuras de pavimento, a esto se suma la mala costumbre de los transportistas en Ecuador de circular con sus vehículos con excesos de carga lo cual provoca aun un mayor deterioro adelantado en los pavimentos. (Moreira., 2018) Esta circunstancia eleva los costos y la frecuencia de mantenimiento requeridos por nuestras carreteras, lo que conlleva en muchas ocasiones a que la infraestructura vial no pueda simplemente ser reparada y, en su lugar, deba ser completamente reconstruida. Esto resulta en un aumento de los gastos para mantener en óptimas condiciones las estructuras de los pavimentos en la red de carreteras a nivel nacional. (Leiva-Vargas, 2018)

Capítulo I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

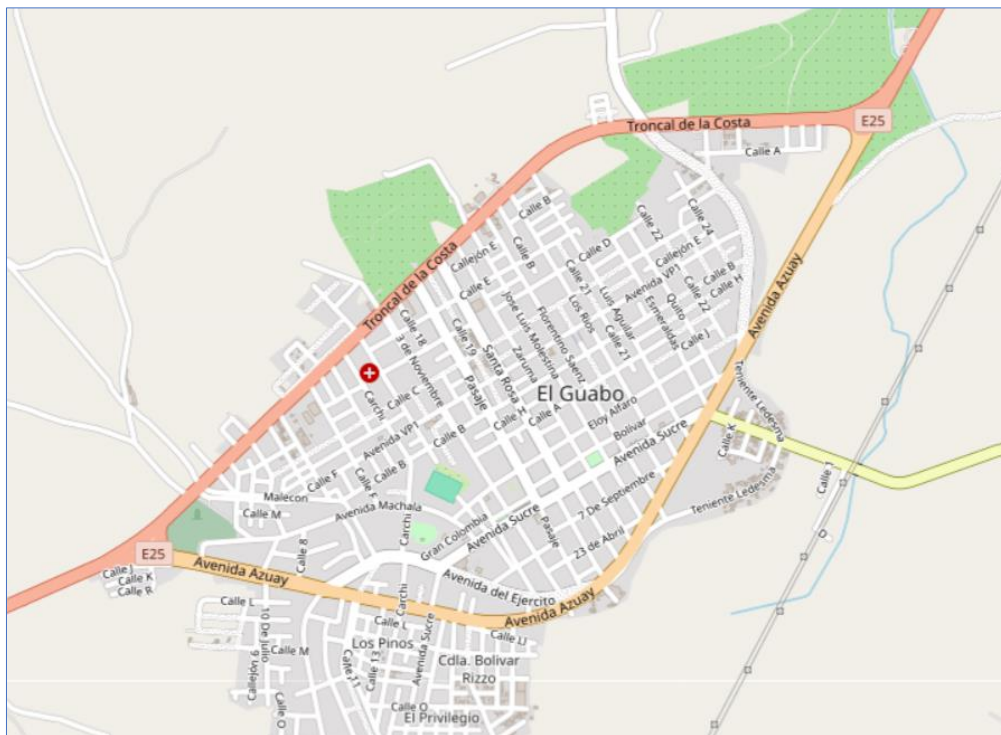
1.1 Línea base del proyecto

1.1.1 Caracterización territorial de El Guabo.

El cantón El Guabo se encuentra en la región costa forma parte de la provincia de El Oro al sur del Ecuador, En la actualidad cuenta con 59,536 habitantes (INEC, 2022) en un área

de 603 kilómetros cuadrados. (Alcaldía El Guabo-2020, 2020-2030) En el PDOT (Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial) el cantón cuenta con 4 parroquias rurales: Barbones, Tendales, La Iberia y Río Bonito. El área a intervenir parte de El Guabo hacia el sitio Santa Cruz perteneciente a la parroquia rural Barbones, la vía C22 interfiere directamente en el 22.49% del área total del cantón mencionando además el beneficio a 27.042 habitantes de forma directa y a más de 33.579 habitantes de forma indirecta según los datos estadísticos del último censo poblacional 2022. Para representar su área territorial en la Ilustración 1 a continuación:

Ilustración 1: Territorio perteneciente a El Guabo



Fuente: Software ArcGIS -Open Street Map.

Tomando en cuenta la ilustración 1 se puede observar que el cantón se encuentra al norte de la provincia de El Oro rodeada por varias áreas productivas según la geografía del lugar como son: bananeras, cacaoteras, camaroneras y en la playa Bajoalto rodeada por manglares que ocupan 77.778 km².

En la siguiente tabla se muestra el espacio que ocupa cada zona existente en el cantón El Guabo, el área que ocupan y su porcentaje en relación a la superficie total del cantón.

Tabla 1: Superficies ocupadas del cantón El Guabo, según componente geográfico

Cobertura	Superficie aproximada (ha)	Porcentaje
Cultivo	23429	38,79%
Bosque nativo	12575	20,82%
Pastizal	9764	16,17%
Infraestructura antrópica	8144	13,48%
Vegetación arbustiva	3519	5,83%
Zonas sin información	1170	1,94%
Área poblada	624	1,03%
Vegetación herbácea	539	0,89%
Cuerpo de agua	463	0,77%
Plantación forestal	140	0,23%
Erial	34	0,06%
Total	60401	100,00%

Fuente: PDOT EL GUABO 2020

1.1.2 Población

El Cantón El Guabo, referenciando al Censo de Población y Vivienda del año 2010 cuenta con una población de 50.009 habitantes de los cuales 26.386 son hombres y 23.623 mujeres. Según las proyecciones realizadas por el INEC se registró al 2022, 59.536 habitantes divididos en 30.814 hombres y 29.351 mujeres, para alcanzar una proyección de 59.536 habitantes en el 2022.

Tabla 2: Proyección de población Nacional, Provincial y Cantonal 2022.

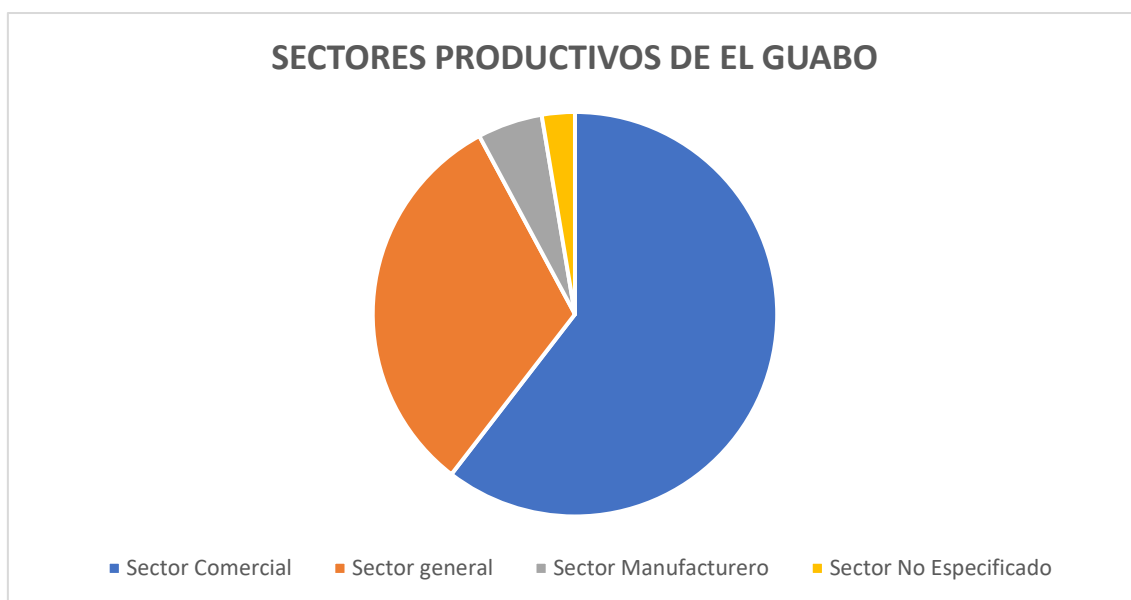
Población Ecuador 2022			
Nivel	Hombres	Mujeres	Total
Nacional	8'252.523	8'686.463	16'938.986
Provincial (EL ORO)	353.211	361.381	714.592
Población del cantón El Guabo 2022			
Nivel	Hombres	Mujeres	Total
Cabecera Cantonal	17.764	17.703	35.567
Parroquia Barbones	3.817	3.547	7.364
Parroquia Tendaes	2.850	2.538	5.388
Parroquia Rio Bonito	3.538	3.346	6.884
Parroquia La Iberia	2.212	2.221	4.433
Total	30.181	29.355	59.536

Fuente: INEC. 2022 SNI.

1.1.3 Sector Productivo de El Guabo

Es indispensable destacar que la actividad comercial se concentra en la cabecera cantonal del cantón El Guabo y en sus respectivas cabeceras parroquiales; de acuerdo a estadísticas del INEC se conoce que el 60,45 % de la población se vincula al sector comercial y el 31,69% de la población se vincula a los servicios en general. Un porcentaje menor se dedica a la actividad de manufactura.

Ilustración 2: Sectores productivos de El Guabo



Fuente: INEC-2020

1.1.4 Cobertura de servicios básicos

1.1.4.1 Agua Potable

Según datos proporcionados por el INEC 2017 el servicio de suministro público de agua potable para el consumo humano alcanza una cobertura del 67.84%, y el 19.64% obtienen agua a través de pozo; el 8.02% se abastecen a través de recursos hídricos y el 4% restante por otros medios.

Tabla 3: Agua recibida por procedencia

Procedencia principal de agua recibida	Casos	Porcentaje (%)
De red pública	13.436	67.84%
De pozo	3.890	19.64%
De río	1.588	8.02%
De carro repartidor	652	3.29%
Otro (Agua lluvia/albarrada)	240	1.21%
Total	19805	100%

Fuente: INEC-2022.

1.1.4.2 Alcantarillado

La cobertura del sistema de alcantarillado del cantón El Guabo cuenta con un déficit de cobertura en la red de alcantarillado del 49.20%, como se puede apreciar en la siguiente Tabla IV, siguiente las conexiones a pozo séptico 29.61% y un 7.20% no tenían conexión.

Tabla 4: Cobertura de alcantarillado según tipo de servicio

Tipo de servicio higiénico o escusado	Casos	Acumulado (%)
Conectado a red pública de alcantarillado	9.918	50.08%
Conectado a pozo séptico	5.864	29.62%
Conectado a pozo ciego	1.778	8.98%
Con descarga directa al mar, río, lago o quebrada	432	2.18%
Letrina	386	1.95%
No tiene	1426	7.20%
Total	19.805	100%

Fuente: INEC-2022.

1.1.4.3 Electricidad

Con la información INEC 2017 se aprecia un 98% a 100% de las viviendas reciben el servicio eléctrico por parte de la Empresa Eléctrica CNEL Regional El Oro.

Tabla 5: Acceso al servicio eléctrico.

Procedencia de luz eléctrica	Casos	Porcentaje (%)
Red de empresa eléctrica de servicio público	12.612	96.17%
Panel Solar	4	0.03%
Generador de luz (Planta eléctrica)	62	0.47%
Otro	34	0.26%
No tiene	402	3.07%
Total	13.114	100%

Fuente: INEC-2022.

1.1.4.4 Servicio de Salud

En concordancia con los datos (INEC 2017) El Guabo cuenta con 5 casas de salud pública y 3 privadas, 4 se encuentran en el casco urbano y otras 3 en las parroquias rurales.

Tabla 6: Tipos de centros de atención de Salud

Tipo de Centro	Publico	Privado
Subcentro de Salud	4	0
Clínicas	2	0
Centros médicos privados	1	0
Hospital Básico	1	0
Total	8	0

Fuente: INEC-2022 MSP 2021.

1.1.4.5 Situación de la vivienda: oferta, demanda y calidad

En datos del INEC 2020 el porcentaje de vivienda que conforman el cantón El Guabo marca una tendencia a crecimiento horizontal de sus habitantes.

Tabla 7: Tipos de viviendas

Tipo de Vivienda	Habitantes	Porcentaje (%)
Casa-Villa	4680	69.98
Departamento en casa o edificio	379	5.54
Cuarto(s) en casa de inquilinato	985	14.79
Mediagua	267	4.01
Rancho	284	4.26
Covacha	46	0.69
Choza	6	0.09
Otra vivienda particular	35	0.53
Convento o institución religiosa	1	0.02
Otra vivienda colectiva	4	0.06
Sin Vivienda	2	0.03
Total	6.689	100

Fuente: INEC-2022

1.1.5 Geomorfología del cantón EL Guabo.

De acuerdo a la información IGM 2020 a continuación se muestran las geoformas de El Guabo y el porcentaje en relación a su superficie total.

Tabla 8: Geomorfología de El Guabo

GEOMORFOLOGIA	AREA (HA)	Porcentaje
Abruptos de Conos de deyección	375,54	0,65
Camaroneras	6971,25	12,08
Colinas altas	53,45	0,09
Colinas medianas	2219,39	3,85
Conos de deyección y esparcimiento	5485,88	9,51
Conos de deyección disectados	1562,55	2,71
Cordones litorales	283,03	0,49
Laderas coluviales	762,82	1,32
Llanuras aluviales de depositación	11175,71	19,37
Manglar	7777,97	13,48
Relieve escarpado	8779,02	15,21
Relieve montañoso	8185,74	14,19
Terraza alta	3800,65	65 6,59
Terraza baja	182,52	0,32
Vertientes irregulares	91,17	0,16

Fuente: PDOT EL GUABO 2020-IGM 2010.

1.1.6 Uso y cobertura del Suelo

En la próxima tabla se representa las áreas agropecuarias y su vegetación, así también la producción camaronera, cacaotera y bananeras también así la zona urbana.

Tabla 9: Uso de Suelo del cantón El Guabo

Cobertura	Superficie aproximada	Porcentaje
Cultivo	23429	38,79%
Bosque nativo	12575	20,82%
Pastizal	9764	16,17%
Infr. Antrópica	8144	13,48%
Vegetación arbustiva	3519	5,83%
Zonas sin información	1170	1,94%
Área poblada	624	1,03%
Vegetación herbácea	539	0,89%
Cuerpo de agua	463	0,77%
Plantación forestal	140	0,23%
Erial	34	0,06%
Total	60401	100,00%

Fuente: PDOT EL GUABO 2020-IGM 2010.

1.1.7 Amenaza asociadas

Por características propias de la naturaleza del cantón se enmarcan amenazas por sismo, amenazas asociadas a sistemas hídricos, amenazas por deslizamientos y amenazas antrópicas, a más de las anteriormente citadas se encuentra en su geografía una pendiente de 0 hasta 5% y la amenaza no anual evidenciadas por el fenómeno de El Niño.

1.2. Identificación Descripción y Diagnostico del Problema

1.2.1 Formulación del problema

Los conductores del cantón El Guabo perciben un inadecuado servicio de vialidad en la Vía El Guabo- Santa Cruz desde la Avenida Clorinda Carrasco intersección con Panamericana Norte hasta el Sitio Santa Cruz.

1.2.2 Contextualización Macro

Las vías son esenciales para actividades humanas, el pavimento flexible por décadas ha sido utilizado en vías, su funcionalidad permite la distribución de cargas del tráfico de forma efectiva cumpliendo con la vialidad y comunicación de la población de igual manera impulsan una dinamización económica y el progreso social. No obstante, se necesita contar con un pavimento correctamente permeabilizado y contar con una capa de rodadura cómoda y segura para el tránsito. (Boris Enrique Oblitas-Gastelo1, 2022). En Colombia las mayores cargas de tránsito, cambios de temperatura y deficiencias en el proceso de elaboración de pavimentos generan que la vida útil se vea afectada y por consiguiente disminuya sus niveles de serviciabilidad, generando diversos problemas siendo recomendable un seguimiento continuo del pavimento, para que de forma oportuna pueda tener una intervención adecuada y evitar un deterioro acelerado (Boris Enrique Oblitas-Gastelo1, 2022).

En Perú todavía se encuentran en desarrollo debido a la falta de una adecuada gestión de procesos y planificación, sumando a esto la falta de inversión privada y el déficit en la infraestructura vial, generando restricciones para el desarrollo de la economía peruana. Fallas en el pavimento flexible son producidas por el uso perenne y el clima, siendo así los usuarios se han visto afectados en su calidad de vida (Castro-Muñoz, 2021) El desarrollo económico de ciertos sectores industriales hace de gran importancia la conexión vial, ubicándose el nuevo motor industrial del país en Lurín. Pese al gran potencial económico de los últimos años. Considerando estas variables es esencial la reparación y mantenimiento del pavimento. (Comunicaciones-Perú, 2019)

La atención oportuna de un sistema de carreteras es un aspecto fundamental en la labor de gestión de un sistema de pavimentos, pues el hecho de atender deterioros que están en una etapa prematura, como grietas y baches pequeños, permite evitar un deterioro acelerado de la estructura de pavimentos, y como consecuencia la necesidad de realizar una mayor inversión para restablecer la condición inicial de la carretera. El sistema de carreteras representa uno de los activos más importantes con los cuales puede contar un Estado, y se constituye como un actor clave para el progreso, al permitir el traslado de bienes, personas y la oferta servicios en beneficio del desarrollo socioeconómico de una región. En Costa Rica, el sistema de carreteras, más conocido como red vial nacional, permite conectar a las regiones más alejadas del país con las principales ciudades, siendo la red vial costarricense una de las más densas de América. (Loría Salazar, 2014).

1.2.3 Contextualización Meso

En Ecuador la red vial rural es esencial para la conectividad de las comunidades rurales y la economía local. En la gran mayoría de países en vías de desarrollo se han detectado falencias en el estado de las redes viales que permiten la movilidad terrestre por zonas de difícil acceso. (Bladimiro & Estuardo, 2023). El escaso mantenimiento y restauración que se realiza sobre estas carreteras para garantizar la conservación vial, considerando la gran extensión de territorios rurales, que, por su actividad agropecuaria, agronomía y de economía dinamizada requieren de vías de alto tráfico para el tránsito de vehículos para carga pesada. (Mera, 2017). En este caso el pavimento es parte relevante de la

infraestructura vial, la evaluación de la calidad del pavimento debe garantizar la seguridad y la eficiencia del tráfico rodado en las zonas rurales.

El Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador es la institución encargada de garantizar la seguridad vial ya sea en el proceso constructivo y el mantenimiento de su infraestructura, su finalidad es reducir los accidentes de tránsito y una óptima condición de carreteras. En los últimos años ha habido mejoras en las vías con cobertura y validez vial no obstante aún faltan más vías por intervenir y generar y cumplir con los lineamientos adecuados para un óptimo pavimento asfáltico. (Ecuador, 2014).

1.2.4 Contextualización Micro

En la provincia del Guayas el objetivo del diseño de pavimento flexible es proporcionar una vía que reúna las condiciones técnicas adecuadas y estructural para que sirva como elemento de desarrollo para la producción agrícola, ganadera, industrial y del turismo del sector, de esta manera mejorar el tráfico, seguridad y comodidad a los usuarios de la ciudad de Milagro. El análisis ayuda a concientizar que pueda ocurrir accidentes a lo largo del tiempo y es por esto que para realizar las cosas correctas debe obligatoriamente hacerse un estudio de todos los factores que conformaran el diseño. (RÍOS & SANCÁN, 2018).

El crecimiento, desarrollo urbano y comercial de la ciudad de Huaquillas, provincia de El Oro, se ha visto en auge durante los últimos años, y más allá de los factores positivos a arrastrado consigo una problemática de movilidad vial debido a que las calles y avenidas principales se han visto colapsadas, presenciándose fallas como desniveles en el suelo, agrietamientos fisuras y deformaciones en la estructura del pavimento flexible y por el alto flujo vehicular presente en estas zonas. Cuando una vía llega al límite de su capacidad o nivel de servicio es importante modificar sus especificaciones técnicas para adaptarlas a las nuevas condiciones de demanda de tráfico. (Zarate, 2021) Por esta razón, es importante mejorar y mantener la calidad de las vías de un país, puesto que cumplen un rol que va más allá del desplazamiento y movilidad, sino que influyen en el crecimiento urbano e impulso económico. descongestione, mantenga y conserve la regeneración urbana del casco central, que actualmente se encuentra sometida al paso de

buses, cooperativas medianas y transporte de carga pesada que se movilizan los usuarios. (Peter Leonard Reyes Estrella, 2022)

En Naranjal una de las dificultades y mayores problemas que existen en los recintos o comunidades aisladas de las vías principales, son el deterioro y el descuido de las vías de acceso por parte de las autoridades competentes. Estos daños en las vías de acceso son unos de los principales motivos para el bajo crecimiento económico de muchos recintos ya que dificulta la movilización en diferentes ámbitos. El aspecto económico es seriamente afectado por la dificultad en transportar la mercadería, los vehículos se maltratan en el recorrido por las vías en mal estado. (MONTROYA, 2016)

El cantón Machala cuenta con el segundo puerto marítimo más importante del país por ende se genera un flujo vehicular alto junto con alto tráfico en ciertas zonas de la urbe al tener un diseño estructuralmente inadecuado para la vía Circunvalación Norte con bajos niveles de serviciabilidad, el paso de vehículos de carga pesada; camiones, tractocamiones y remolques que presentan un alto flujo vehicular es consecuente en ser una de las causas para el desgaste del pavimento sumándole fenómenos climáticos un inadecuado mantenimiento vial o mal proceso constructivo aportan mayor debilitamiento al pavimento (HENRY, 2023)

En la vía C-22 es una vía interparroquial, conecta a las parroquias rurales de El Guabo con la cabecera cantonal y con la vía Panamericana generando un flujo vehicular alto, la existencia de asentamientos territoriales aledaños y caseríos a más de ser la zona productiva agrícola del cantón provoca un alto tráfico en toda la trayectoria de la vía. Posee un sistema de señalización precario y un diseño estructuralmente inadecuado para este tipo de vía da como fin bajos niveles de serviciabilidad. Debido a su condición geográfica esta vía es la principal vía de comunicación para las parroquias rurales que cruza no obstante sirve de vía alterna para acceder a la parroquia Barbones por ende circulan vehículos pesados como remolques de varios ejes y tractocamiones aportando al desgaste del pavimento.

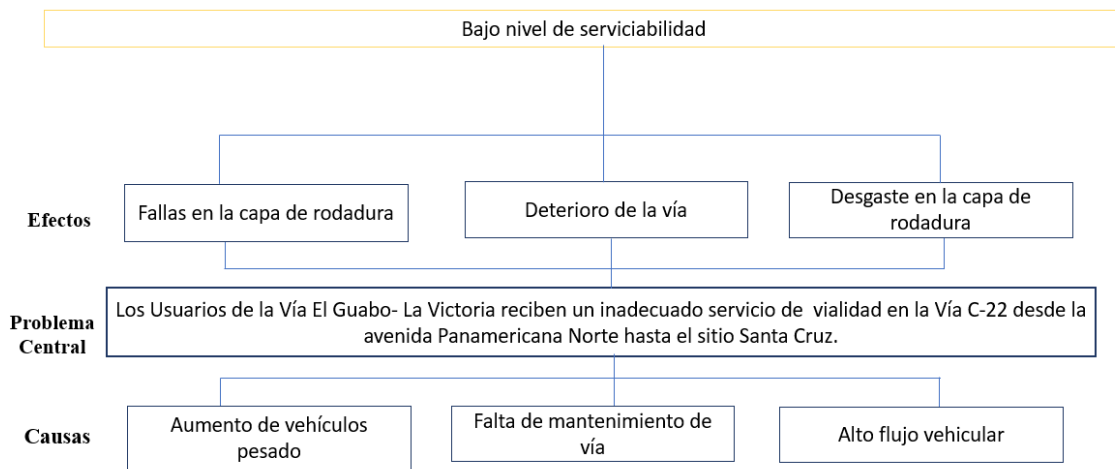
La vía C-22 al ser una vía conectora parroquial circulan vehículos pesados y presenta un alto flujo de vehículos, siendo una de los principales detonantes en el desgaste del pavimento sumando el clima y un inadecuado y nulo mantenimiento a la vía, o en su defecto un mal proceso constructivo debilita más al pavimento (Allen et. Al., 2020)

menciona que todas estas variables erosionan la carpeta asfáltica y ahuellamiento en ciertos puntos de la vía.

1.2.5 Árbol de problemas

En la ilustración 3 se muestra el árbol de problemas con causas y efectos:

Ilustración 3: Árbol de problemas



Fuente: Autor

1.2.6 Delimitación del objeto de estudio

La localización del objeto de estudio se ubica al Noroeste del cantón El Guabo, específicamente en la vía C22 que comprende el tramo de las intersecciones con Panamericana Norte hasta el sitio Santa Cruz. Haciendo uso del software de referencia ArcMap 10.8 y el BaseMap Open Street Map se calculó un área de 3.5 Hectáreas y delimitando la zona de estudio entre La Victoria hasta Santa cruz una longitud de 760m aproximadamente.

1.2.7 Límite de la zona

Norte: Parroquia Barbones

Sur: Cabecera cantonal de El Guabo

Este: Vía E25

Oeste: Parroquia Tíllales

Para mejor comprensión e identificación de la zona revisar la ilustración 4.

Ilustración 4: Ubicación Geográfica del Proyecto



Fuente: Open Street Map.

1.2.8 Coordenadas

Tabla 10: Coordenadas Geográficas de la zona a evaluar

COORDENADAS DE UBICACIÓN		
PUNTO	ESTE	SUR
P0	-3.174690321920861	-79.82157084224968
P1	-3.172516333887614	-79.82554144977026

Fuente: Autor

1.3. Justificación

El Guabo es uno de los principales cantones de la provincia de El Oro, en el ranking de ser el 4to cantón de la provincia con mayor número de habitantes, forma parte del centro administrativo económico financiero y de actividad comercial de la provincia. El desarrollo de la actividad agrícola tiene relevante impacto en la economía no solamente del cantón sino a nivel de provincia siendo el 2do cantón de la provincia con mayor área dedicada a la agricultura siendo estas: banano, cacao, café, etc.

La relación comercial con el cantón Machala es necesario siendo por medio de Puerto Bolívar ubicado en dicho cantón el puerto dedicado a la exportación de productos propios de la región, sin dejar de lado la red comercial con otros cantones del sur y centro del País siendo un ejemplo notable: Naranjal, Babahoyo, Machala, Guayaquil, Durán, Daule, Pasaje, Arenillas etc. En la vía circulan vehículos de usuarios y habitantes de los caseríos y sitios formados en la trayectoria longitudinal de la vía citando los sitios conformados son: 5 de junio, El placer, La Victoria y Santa Cruz. siendo por influencia de factores como: trabajo, familia o como vía alterna para llegar a la parroquia Barbones o en su derivación a la Playa Bajo Alto. Además, el transporte carga pesada no es un factor ausente como lo ya antes mencionado, siendo propio de su relación productiva de la Agricultura, Ganadería y Acuicultura que es transportada por la vía al formar parte de esta área de estudio. También conocida como la vía El Guabo- Santa Cruz por el entorno que se encuentra en la vía se presencia desgaste del pavimento y la formación de fallas del pavimento causando condiciones inapropiadas al conducir y transitar por la carretera.

Estableciendo el área de estudio y el impacto que se produce en la población geográfica en la que se encuentra se enmarca realizar en el trabajo presente la evaluación del pavimento usando la metodología PCI (Pavement Condition Index) elaborado por la ASTM (American Society for Testing and Materials). D6433-03. Iniciando con la inspección en campo para identificar la condición superficial del pavimento, recabando datos de la inspección se desarrollará un esquema con el estado en el que se encuentra el PCI de la vía para plantear una alternativa de mantenimiento con condiciones de calidad requeridas; englobando la seguridad para los usuarios (conductores y transeúntes), pobladores del lugar y el confort de los conductores.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo General

Evaluar la condición superficial del pavimento flexible empleando el método PCI que posibilita el diagnóstico del deterioro de la Vía C22 desde El Guabo Panamericana Norte y Sitio Santa Cruz.

1.4.2 Objetivos Específicos

Evaluar la condición superficial presente del pavimento mediante unidades de muestreo en la Vía C22 desde El Guabo- Santa Cruz.

Determinar el índice de pavimento (PCI) mediante los resultados obtenidos de las muestras con su grado de deterioro del pavimento en la Vía C22 desde El Guabo- Santa Cruz.

Plantear una alternativa de mantenimiento del pavimento que permita un idóneo servicio de vialidad en la Vía 22 El Guabo- Santa Cruz.

Capítulo II CONCEPTOS TEORICOS

2.1 Antecedentes conceptuales

2.1.1 Vía

Una carretera es una vía de comunicación entre provincias, cantones, ciudades y recintos; son un sistema de transporte que permite la circulación de vehículos con continuidad de espacio y tiempo el cual tiene ciertos niveles de seguridad, rapidez y comodidad para los usuarios. (Luis Alfonso Moreno Ponce, 2020) Estos caminos pueden estar conformados por uno o varios carriles y tienen uno o ambos sentidos y se diseñan según el volumen de abastecimiento de tránsito, el tipo de vehículos que va a transitar por el camino y la funcionalidad. (MONTROYA, 2016)

2.1.2 Vía rural

La infraestructura viaria rural desempeña una función de vital importancia en la consolidación de la conectividad entre las comunidades rurales y el fomento de la actividad económica a nivel local. En la considerable mayoría de naciones en desarrollo, se han identificado deficiencias significativas en el estado de las redes viales que facilitan la movilidad terrestre en áreas geográficas de acceso desafiante. (Fuentes, 2020)

2.1.3 Pavimento

Los pavimentos están conformados por varias capas como: la base y la subbase que descansan sobre la subrasante o terreno natural, pudiendo ser pavimento flexible o pavimento rígido, toda esta estructura transmite su carga y distribuye sus esfuerzos al terreno subrasante para evitar deformaciones originados por los vehículos. (Sleyther Arturo De La Cruz Vega, 2021)

2.1.4 Pavimento Flexible

El pavimento flexible está constituido por varias capas (de rodadura, base y sub base), las cuales cumplen funciones importantes, como distribuir las cargas del tránsito de forma correcta, resistir agentes climatológicos, impermeabilizar el pavimento y tener una capa de rodadura cómoda y segura para el tránsito. Sin embargo, las mayores cargas de tránsito, cambios de temperatura y deficiencias en el proceso de elaboración de tales pavimentos generan que la vida útil de estos se vea afectada, y, por consiguiente, que disminuya sus niveles de serviciabilidad, generando diversos problemas. (Guerra-Rojas, 2021) Por lo que es necesario hacer un seguimiento continuo al estado del pavimento, para que de manera oportuna podamos aplicar una intervención adecuada y evitar así su deterioro acelerado, o su pérdida total. (Boris Enrique Oblitas-Gastelo1, 2022)

2.1.5 Desgaste del pavimento flexible

El pavimento flexible sufre de alteraciones en su composición química y su capacidad de esfuerzo deformación a causa de esfuerzos o por el tiempo de utilidad transcurrido son detonantes para la afectación del asfalto. Actualmente, es necesario tomar en cuenta el ciclo de vida de los materiales a la hora de realizar un proyecto para la construcción de

un pavimento. Considerando el inicio desde la extracción de materiales, para posteriormente el cumplimiento de la vida útil de la carretera (Lu, 2019).

Para evaluar el deterioro superficial del pavimento flexible es la aparición de ahuellamiento, pérdida de áridos, deformación transversal y el desgaste a causa de la fricción, el clima entre otras. (Lauro Patricio Cango Mena, 2020). Las fallas súbitas o roturas no comparecen en el pavimento asfáltico más bien, fallas de funcionalidad o estructurales como grietas de borde de gravedad alta mismas que se ocasionan por esfuerzos de cargas móviles (J Staub de Melo, 2019). La constante deformación de servicio y el agrietamiento en su estructura se genera por materiales fatigados siendo así los defectos estructurales más reincidentes en el pavimento flexible (Santiago, 2018)

2.1.6 Variables que producen el deterioro del pavimento.

2.1.6.1 Trafico

El tránsito vehicular es la principal causa de deterioro del asfalto. Los pavimentos soportan las cargas que se aplican, se diseña y trabaja cumpliendo con el soporte de determinada carga de diseño y soporta un numero de repeticiones por eje.

2.1.6.2 Humedad

La presencia de humedad resta la fuerza de adherencia de los materiales, el daño en la carpeta asfáltica las características: mecánicas, físicas y químicas del asfalto reduce la conexión entre los agregados y la mezcla asfáltica causando fallas de adherencia y cohesión.

2.1.6.3 Estabilidad

Es la capacidad de los materiales para soportar desplazamientos y deformaciones por cargas de tránsito sobre la superficie, en las mezclas asfálticas el valor de estabilidad se relaciona con la fricción y cohesión interna que contenga, siendo las partículas del agregado variando según su forma y textura.

2.1.6.4 Valor de estabilidad de Marshall

El valor de estabilidad de Marshall es la cantidad de carga que se aplica en la probeta y cede o falla, en el procedimiento los cabezales superior e inferior se acercan, y la carga de la briqueta van en aumento junto a la lectura del indicador.

2.1.6.5 Porcentaje de pavimento asfáltico.

Se refiere a la proporción o cantidad de pavimento que se encuentra en una mezcla asfáltica, en la construcción de carreteras o superficies con pavimento, se aplican mezclas de asfalto con agregados; arena y grava. Este porcentaje enmarca la cantidad de asfalto en la relación total de la mezcla.

2.1.6.6 Vías de tercer orden

Las vías terciarias conectan cabeceras de parroquias y zonas de producción con los caminos de la Red Vial Nacional y caminos vecinales, de un reducido tráfico, entre las provincias del Ecuador.

2.1.6.7 TPDA de la vía C22

El TPDA, Tráfico Promedio Diario Anual es una herramienta fundamental para la planificación y gestión del tráfico, contribuyendo a un diseño eficiente y seguro de las redes viales. En la vía C22 se indicó un valor dado por la Prefectura de El Oro con un TPDA de 1657 veh/día; con livianos con 635 veh/día, buses con 90 veh/día, camiones con 529 veh/día, motos con 403 veh/día.

2.1.7 Índice de condición de pavimentos (PCI)

El Índice de Condición de Pavimento representa la conversión del estado del pavimento en un valor numérico luego de la evaluación. Esta evaluación se logra mediante la inspección visual y la toma de las dimensiones del área afectada, lo que permite clasificar las fallas en términos de su densidad y severidad. Todos los datos relevantes, incluyendo dimensiones y fotografías descriptivas, se consignan cuidadosamente en una ficha de inspección. (Oblitas-Gastelo, Medina-Cardozo, & Paredes-Asalde, 2022)

Indudablemente, la Metodología del Índice de Condición de Pavimento se rige como una elección altamente relevante en la contemporaneidad para la evaluación y categorización del estado de las superficies pavimentadas. Esta metodología se destaca por su integralidad, gracias a la diversidad de combinaciones y factores de ponderación que emplea para discernir el grado de deterioro del pavimento en correlación con la magnitud, severidad y densidad de los defectos identificados. (Alexis Andrade, 2021)

2.1.8 Tipos de fallas del Índice de condición del pavimento

Los baches o huecos son sin lugar a equivocarse la falla en la funcionalidad más recurrente en el contexto de pavimentos flexibles. Este fenómeno encuentra su origen en la repetición de cargas que, a su vez, provocan peligro en la conducción de vehículos posibilitando un accidente de tránsito por invadir carriles contrarios. Basándose en el trabajo producido por Vásquez Varela 2002 enumera 19 tipos de fallas que se producen en el pavimento flexible. Y en la siguiente tabla se clasifican: (Vásquez, 2002)

Tabla 11: Clasificación de tipos de fallas en el pavimento flexible

Tipos de Fallas					
1	Piel de cocodrilo	m^2	11	Parqueo	m^2
2	Exudación	m^2	12	Pulimento de agregados	m^2
3	Agrietamiento en bloque	m^2	13	Huecos	N°
4	Abultamientos y hundimientos	m	14	Cruce de vía férrea	m^2
5	Corrugación	m^2	15	Ahuellamiento	m^2
6	Depresión	m^2	16	Desplazamiento	m^2
7	Grieta de borde	m	17	Grieta parabólica	m^2
8	Grieta de reflexión de junta	m	18	Hinchamiento	m^2
9	Desnivel carril/espaldón	m	19	Desprendimiento de agregados	m^2
10	Grietas Longitudinal y/o Transversal	m			

Fuente: ASTM 6433

2.1.9 Severidad

La severidad, en el pavimento es el nivel con el que se describe el grado de gravedad que presenta la afectación en la carpeta asfáltica. Esta evaluación se desglosa en tres categorías: "Low" (L), que denota un nivel bajo de afectación, manifestándose mediante ligeras vibraciones; "Medium" (M), que indica un nivel medio de afectación,

caracterizado por vibraciones considerables que requieren una reducción de la velocidad; y "High" (H), que señala un nivel alto de afectación, donde las vibraciones resultan extremadamente intensas, generando un considerable nivel de incomodidad y un alto potencial de daño al vehículo. (Silva-Balaguera A. L., 2018)

Tabla 12: Clasificación de la severidad

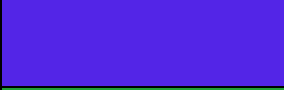






Ingles	Español	Siglas
Low	Bajo	L
Medium	Medio	M
High	Alto	H

Fuente: ASTM D6433

2.1.10 Clasificación de PCI

Como información referencial la escala de graduación PCI es la siguiente, la cual oscila de 0 a 10 como Fallado, 41 a 55 como Regular y de 86 a 100 calificado como Excelente. (ASTM D6433, 2003)

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 D6433-03

2.2 Antecedentes referenciales

En Reino Unido la evaluación del asfalto está respaldado por organizaciones como Highways England, que es responsable de las autopistas y carreteras principales en Inglaterra, y las autoridades locales en Escocia, Gales e Irlanda del Norte. Estas organizaciones proporcionan pautas y estándares para la implementación de características propias del pavimento, así como también llevan a cabo investigaciones y desarrollos para mejorar el método de evaluación.

En Rusia, la valoración de pavimentos es una actividad crucial dada la vasta extensión del país y la importancia de sus sistemas de carreteras, se lleva a cabo de acuerdo con estándares y regulaciones nacionales establecidos por organizaciones, como el Ministerio de Transporte de la Federación Rusa.

En Estados Unidos, el PCI se utiliza ampliamente en la gestión de activos de carreteras a nivel estatal y local. Los datos recolectados a través de las evaluaciones PCI se utilizan

para priorizar proyectos de mantenimiento y rehabilitación, asignar fondos de manera eficiente y planificar a largo plazo para la gestión de la red vial.

En México la evaluación de pavimentos en México se rige por normas y regulaciones establecidas por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT) y otras instituciones gubernamentales. Estas normas establecen los procedimientos de evaluación, los criterios de calificación y los niveles de servicio para diferentes tipos de pavimentos.

En Canadá la evaluación de pavimentos ha permitido a las autoridades viales canadienses tener una comprensión más clara del estado de la red vial en todo el país. Esta información se utiliza para priorizar proyectos de mantenimiento, rehabilitación y reconstrucción de carreteras dirigiéndose por el Ministerio de transporte (TRANSPORT CANADA).

En la red vial rural de Portoviejo se realizó un análisis exhaustivo del nivel de deterioro de los pavimentos flexibles mediante normativa ASTM y se logró catalogar las principales fallas que afectan la red rural y en base a la información recabada proceden a realizar la restauración del pavimento flexible. (FLORES DE VARGAS, 2023)

2.3 Antecedentes contextuales

2.3.1 Macro

Colombia es el país de vías de desarrollo vecino y en su análisis de pavimentos se evalúan por medio del método PCI (Pavement Condition Index). Los métodos citados anteriormente indican el grado de deterioro que sufre el pavimento ya sea de dbc concreto; pavimento rígido o de material bituminoso; pavimento flexible que con combinación de nuevos métodos y tecnologías para diseño de medición y valoración permiten resolver las fallas comunes y una vida útil idónea, por consecuente determinar un debido mantenimiento según sean los requerimientos. (Castro Chuyo, 2021)

El Índice de Condición de Pavimento se destaca como una de las metodologías con mayor aplicabilidad en el ámbito de la infraestructura vial, gracias a su capacidad para llevar a cabo una minuciosa clasificación del estado de los pavimentos, tanto flexibles como rígidos, a través de un proceso de evaluación sistemática. Los parámetros esenciales que

contribuyen a la determinación del deterioro del pavimento comprenden la categorización de los tipos de daño presentes, la evaluación de la severidad de dichos daños y la consideración de su densidad en la superficie. No obstante, es importante señalar que esta metodología requiere de la valoración subjetiva de un individuo, lo cual puede introducir cierto grado de subjetividad en el proceso de evaluación. (Vásquez, 2002)

2.3.2 Meso

De manera análoga a lo observado en Colombia con el Instituto Nacional de Vías, en Ecuador, de acuerdo con la normativa establecida por la Norma Ecuatoriana de Vialidad NEVI-12, se postula que cualquier programa destinado al mantenimiento de la red vial requiere la realización de estudios empleando enfoques metodológicos como VIZIR y el Índice de Condición de Pavimento. En aras de lograr una rehabilitación efectiva del pavimento, se hace imperativo fundamentar dicho proceso en una comprensión sólida de los distintos tipos de fallas que aquejan al pavimento y sus causas subyacentes. En este contexto, se ilustra el caso específico en el cual se aplicó el método PCI para llevar a cabo un diagnóstico exhaustivo del estado superficial del pavimento flexible en la carretera que conecta el puerto con el aeropuerto de Manta, ubicada en la Provincia de Manabí. (Simón Baque-Solis, 2020). Las fallas en pavimentos son 19 como lo presenta la anterior tabla XI, siendo el agrietamiento en bloque, deformaciones transversales y longitudinales, fisuras y baches los más reincidentes en el Ecuador concernientemente el índice de deterioro es evaluado acorde las fallas. (Vásquez, 2002)

2.3.3 Micro

Correspondientemente a una investigación previa a las evaluaciones de pavimento flexible en la vía Circunvalación Norte entre la Avenida las Palmeras hasta la vía la primavera, vía que tiene características parecidas en naturaleza y zona de estudio, se redactó que las fallas significativas son: Piel de cocodrilo con un 22.5% Abultamiento y hundimiento, agrietamiento en bloque y parcheo 19.3% y 14.5%. El valor promedio PCI es de 36 ubicándose en el parámetro de 26 a 40 según (ASTM D6433, 2003) por ende es una vía de condición MALA tomando la evaluación como parámetro.

Capítulo III: METODOLOGÍA

3.1 Modalidad básica de la investigación

La modalidad del presente proyecto es aplicada, conformada con una base de índole de cuantificadora dado que se basa en la aplicación de conocimientos, toma y sistematización de información y a través de un análisis e interpretación permiten una presentación descriptiva.

3.2 Tipo de investigación

El correspondiente trabajo se encuentra en aplicación en el cual se evalúa el pavimento, con el objetivo de identificar cuáles son las características que posee a más del índice de condición del pavimento. Se presentan datos cualitativos y cuantitativos, siendo por la identificación de particularidades del pavimento a través del análisis de resultados obtenidos en pruebas de laboratorio.

3.3 Objeto de estudio

El pavimento de la vía C-22 desde el Sitio La Victoria hasta el sitio Santa Cruz.

3.4 Descripción de la población y muestra

3.4.1 Población referencial

La población total que se contrasta en el proyecto dentro del área de influencia de la vía C-22 desde la avenida Panamericana Norte hasta el sitio Santa Cruz, que corresponde al sitio Santa Cruz es de 2193 habitantes aproximadamente, quienes serán beneficiarios con el proyecto. El número de habitantes se estimó por medio de la densidad poblacional de El Guabo por la cantidad de área estimada comprendida en el sitio Santa Cruz.

3.4.2 Tamaño de muestra

Con el tamaño mínimo de la muestra para el estudio del pavimento del tramo de la vía C-22 desde la avenida Panamericana Norte hasta el sitio Santa Cruz, se utilizó el criterio de las normas ASTM correspondientes a ensayos de pavimento asfáltico, en el inciso 2.1.7, mediante el cálculo que se mostrara más adelante se determinó una muestra de longitud unitaria de 46m de longitud.

3.5 Materiales y métodos

3.5.1 Descripción del Procedimiento

La carpeta asfáltica será analizada en su composición mediante la extracción de núcleos para su valoración mediante ensayos de laboratorio concernientes a la normativa ASTM, para el resultado PCI es dividida por tramos que forman parte de secciones para tomar las unidades de muestra. La falla y tipo de severidad será identificada con la visita de campo a el área a tratar. Las muestras de asfalto puestas a prueba mediante ensayos y las fallas X1 y proporción en el asfalto se anexa en el Apéndice X2. El PCI de la sección a evaluar se tomará basándose en el PCI de las unidades de muestreo.

3.5.2 Ensayo Estabilidad Marshall - Norma ASTM D6927

El ensayo de Marshall es un ensayo comúnmente utilizado para diseñar y evaluar la estabilidad de pavimentos asfálticos, especialmente en carreteras. Estabilidad se refiere a la capacidad del pavimento para soportar las cargas del tráfico y resistir las deformaciones permanentes. El ensayo puede aplicarse a mezclas asfálticas que fueron fabricadas en caliente, para este ensayo se emplean muestras de 63,5mm de altura y 101,6mm de diámetro dimensiones que presenta el pavimento de estudio para realizar el análisis de rotura a compresión.

3.5.2.1 Materiales e instrumentos

Equipo de compactación, placa de base plana, collar y molde de diámetro interno de 4 pulgadas, martillo de compactación eléctrico, baño de agua de 150mm de profundidad, termómetro metálico, balanza extractor de mezclas asfálticas, prensa mecánica, deformímetro de lectura final, prensa mecánica, medidor de estabilidad, computador, bandejas metálicas guantes de acero, espátula y crayón.

3.5.2.2 Calentamiento de muestras

Se calientan las muestras extraídas de la carpeta asfáltica en análisis a 60°C por un lapso de tiempo de 30 – 40 minutos

3.5.2.3 Limpieza de Equipo

Se debe asear las mordazas y engrasar las barras guía que se deslizan en el engranaje, encerar el deformímetro y el medidor de la estabilidad.

3.5.2.4 Ejecución del ensayo

Se extrae las muestras del calentamiento previo en agua a 60°C y se seca cuidadosamente en la superficie con un paño. Se la coloca en el centro de la mordaza inferior, se ajustan la mordaza superior y se coloca el conjunto en el centro de la máquina y colocando el medidor de deformación.

Se compacta la muestra a una velocidad de deformación de 50,8mm por minuto hasta generarse la rotura en el molde. El punto de rotura viene definido por la carga máxima que fue obtenida. Los kilos necesarios para crear la rotura de la muestra es el valor de la estabilidad Marshall.

3.5.3 Ensayo de extracción de materiales bituminosos- Norma ASTM-D2172

Este método sirve para la determinación cuantitativa del contenido de asfalto en mezclas asfálticas en caliente, así como en muestras de pavimentos, constituye un área crucial en la ingeniería de materiales y la evaluación de la calidad de infraestructuras viales. La implementación de tales métodos es esencial para obtener agregados que, una vez sometidos a dichos procedimientos. Este enfoque analítico no solo contribuye a la cuantificación precisa del asfalto presente en las composiciones mencionadas, sino que también sienta las bases para una comprensión exhaustiva de las propiedades y características fundamentales de dichos materiales, permitiendo así una evaluación integral de su idoneidad para aplicaciones específicas en el ámbito de la ingeniería civil y vial.

3.5.3.1 Materiales e instrumentos

Estufa, recipiente para colocar las muestras, balanza o bascula, probetas de boca pequeña de 1000 o 2000ml de capacidad, gasolina, centrifuga.

3.5.3.2 Procedimiento

Para comenzar se pesa una muestra de pavimento asfaltico de 500gr a 2500gr la cual se calienta previamente en agua a 60°C por una hora después se coloca dentro del platillo de muestras de la maquina centrifuga. Se cubre con 600ml de gasolina la muestra, se cierran los seguros y se enciende la centrifuga por un lapso de 10 min por cada ciclo de giro se deben realizar no menos de 3 ciclos de giro de la máquina de tal forma que el extracto no sea de tonalidad de color más oscuro que el color ligero de paja.

Luego de haber realizado el centrifugado se retira el extracto y se coloca en un recipiente metálico, se limpia el material mineral adherido a la superficie y se procede a poner a

secar el restante del solvente en el horno a $110\pm 5^{\circ}\text{C}$. El peso del agregado extraído W3 es el peso del agregado en la cacerola más el peso que experimentan los anillos filtrantes

3.5.4 Método ASTM D6433-03 a aplicar

Para evaluar la condición actual de la carpeta asfáltica se utiliza el método PCI mediante este estudio se obtiene una base objetiva y racional para la toma de decisiones en indagar la necesidad de conservación y reparación según el impacto que haya sufrido por los factores que lo desgastan. El PCI es la metodología a aplicar para la evaluación del estado actual en el que se encuentra el pavimento de la vía C-22 desde la avenida Panamericana Norte hasta el sitio Santa Cruz. Proporciona una medida de la condición determina un índice numérico que va de 0 a 100, cabe recalcar que no mide la capacidad estructural, se organiza desde un pavimento fallado hasta un pavimento en excelentes condiciones según sea.

3.5.4.1 Materiales e instrumentos

Para la elaboración de la evaluación PCI de la carpeta asfáltica se utilizará la hoja de datos donde se ingresará la información de la inspección de campo con datos como: Ubicación de estudio, Fecha, Abcisa, Tipos de fallas, Nivel de severidad, Nro. De Tramo, quien realiza la investigación. Como materiales técnicos se encuentran: Flexómetro, Cinta de 30m, Pintura en Aerosol, Celular con cámara para registro de fallas.

3.5.5 Procedimiento de la evaluación del pavimento asfáltico haciendo uso del método de Índice de Condición del Pavimento PCI

3.5.5.1 Trabajo de investigación de campo.

Es la visita al área de estudio a intervenir para direccionar la evaluación del pavimento, además se debe conocer los antecedentes de la vía y el contexto dinamizando de mejor manera la evaluación del pavimento y poder identificar las áreas con mayor afectación.

3.5.5.2 Inspección visual

Es un paso muy importante para la identificación de fallas existentes en el pavimento del tramo intervenido, la precisión en la medición y reconocimiento de fallas accionara el resultado, se tendrán que comparar las fallas existentes con las categorizadas en el manual de fallas y tienen que ser registradas todas las fallas observables junto con el registro de imágenes de cada una de las fallas identificadas.

3.5.5.3 Unidades de muestreo.

La porción de la vía designada para el estudio se fragmenta en unidades de muestreo, cuyas dimensiones se determinan en función del tipo de pavimento, el ancho de la calzada y considerando ciertas restricciones. Conforme a la norma ASTM D6433-03, específicamente en su apartado 2.1.7, se establece que el área de muestreo debe ser de 225 ± 90 m², es decir, con un máximo de 315 m² y un mínimo de 135 m². Esta normativa proporciona parámetros fundamentales para la relación entre el ancho de la calzada y la longitud de la unidad de muestra, específicamente para pavimentos asfálticos, como se detalla en la Tabla 14.

3.5.5.4 Índice de condición del pavimento (PCI)

Es el valor numérico en el que se halla el estado del pavimento y su grado de condición puede oscilar de Fallado a Excelente.

3.5.5.5 Longitud de muestreo

Para la toma del tramo de vía de las unidades de muestreo se relaciona el ancho de la calzada con longitud de la unidad de muestreo y el área que conforman debe encontrarse en la relación 225 ± 90 m².

Tabla 14: Longitudes de muestreo de la carpeta 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

3.5.5.6 Determinación de las Unidades de Muestreo

La cantidad total de unidades de muestreo tiene relacionamiento entre la longitud del segmento de vía y la longitud de muestra cómo se detalla en la Ecuación a utilizar.

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

Es necesario tener en cuenta que, al evaluar una vía, la obtención de un gran número de unidades de muestreo podría implicar un considerable consumo de tiempo y recursos para su análisis. No obstante, es factible llevar a cabo la evaluación con un número mínimo de unidades de muestreo, citando a la norma ASTM D6433-03 y dicha cantidad se determina mediante la aplicación de la Ecuación.

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

En donde:

N: Es el número total de unidades de muestreo

σ : Desviación estándar PCI

e: Error admisible en el estimativo PCI

n: Es la cantidad mínima de unidades de muestreo a evaluar

Conforme a las directrices establecidas por la norma ASTM D6433, en su apartado 7.5.2 relativo al Pavimento Asfáltico, se asigna una desviación estándar de diez, $\sigma=10$, y se establece un margen de error aceptable de cinco, $e=5$. En situaciones donde el número mínimo de unidades de muestreo sea inferior a cinco $n<5$, se requiere evaluar la totalidad de las unidades disponibles.

3.5.5.7 Selección de unidades de muestreo para inspección

Las unidades de muestra deben espaciarse equitativamente a lo largo del segmento de la vía, siendo la primera seleccionada de manera aleatoria. El intervalo de espaciamiento se define como la parte entera de la relación entre el número total de muestras y el número mínimo de unidades de muestra, tal como se expone en la Ecuación.

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

Siendo:

i= Unidades de muestreo

n= número de unidades de muestra a ser evaluadas.

La primera unidad a ser inspeccionada se toma al azar desde las unidades de muestra 1 hasta i. Las unidades después de la primera unidad que fue evaluada también serán inspeccionadas

3.5.5.8 Evaluación de la condición

Para llevar a cabo la inspección de las unidades de muestreo llevar a cabo, es imperativo llevar a cabo una secuencia de pasos. En primer lugar, se procede con la identificación de la falla mediante la comparación de las características del itinerario de fallas existentes

en el manual correspondiente. Seguidamente, se realiza la medición de la falla de acuerdo con su unidad de medida específica. Finalmente, basándose en las dimensiones obtenidas, se determina la severidad de la falla. Todos los datos recopilados en este proceso deben ser registrados meticulosamente en una ficha, siguiendo un formato como el presentado en la Tabla 15.

Tabla 15: Ficha de registro de fallas observadas

Inventario de fallas existentes						
Falla	U	Severidad	Largo (m)	Ancho (m)	Profundidad(m)	Total

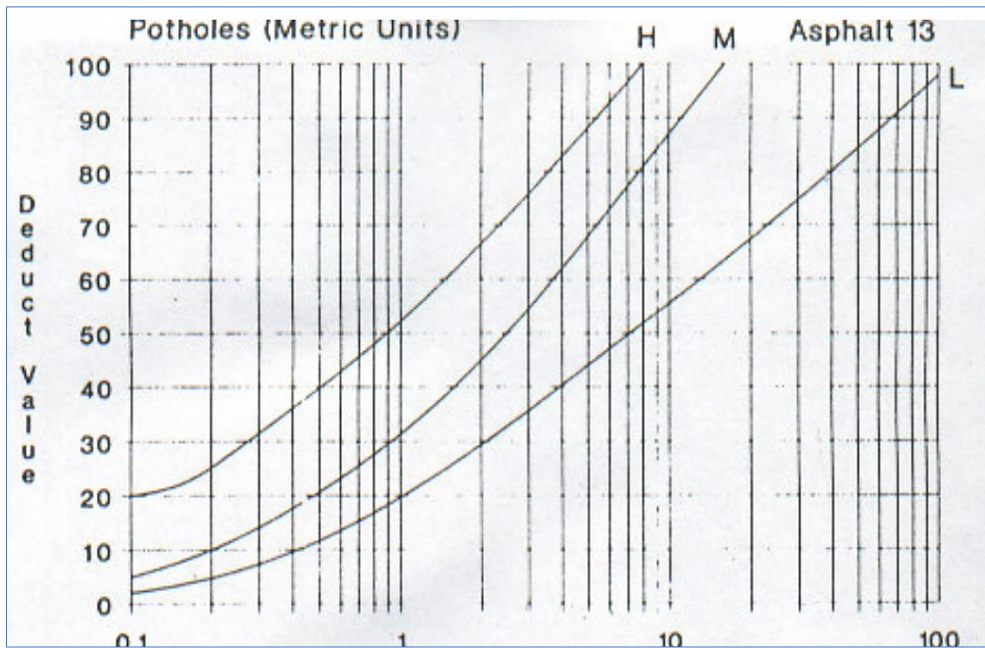
Fuente: Autor

3.5.5.9 Calculo de Valores Deducidos (VD)

1. Totalizar las deficiencias identificadas clasificadas por su tipo y nivel de severidad. Este registro detallado se realiza en la Tabla 16.
2. Calcular el porcentaje de cada tipo de deficiencia con respecto al área total de la unidad de muestreo. Este cálculo se documenta en la Tabla 16.
3. Calcular el Valor Deducido de cada deficiencia, tomando en consideración su tipo y nivel de severidad. Esta determinación se realiza mediante las curvas denominadas Valor Deducido del Daño. Cabe destacar que las gráficas presentadas a continuación fueron elaboradas por el autor para mejorar la visualización, ya que las incluidas en el Manual de Varela y en el ASTM-D6433-03 no permiten una apreciación óptima.

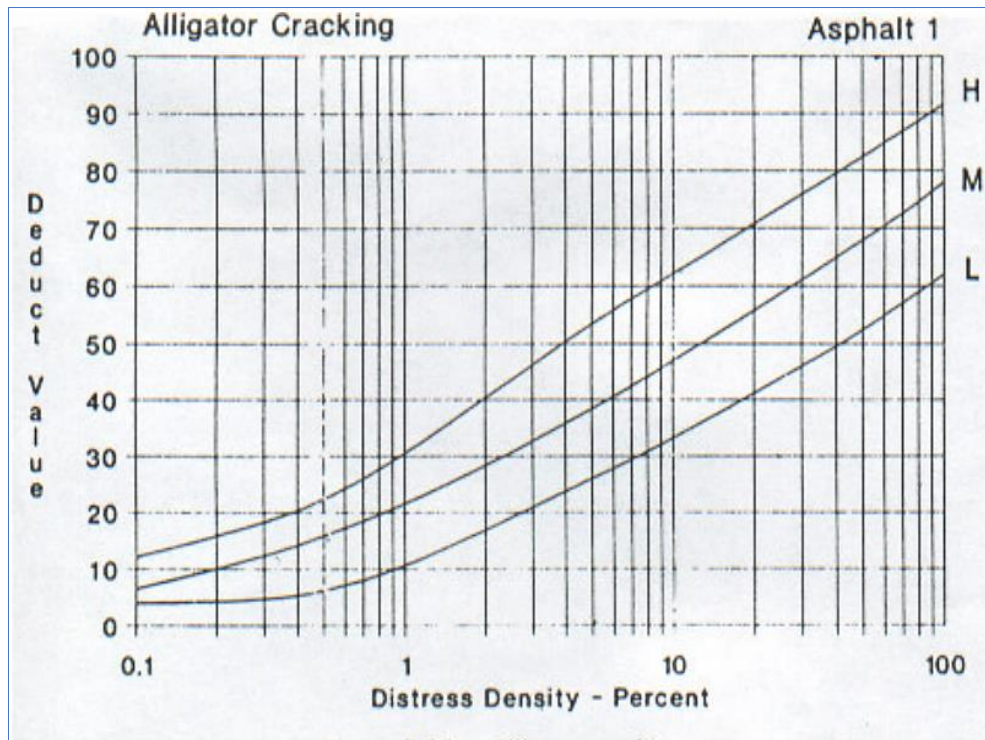
3.5.6.0 Curvas de valores deducidos según cada tipo de falla

Ilustración 5: Curva de Valor deducido Baches



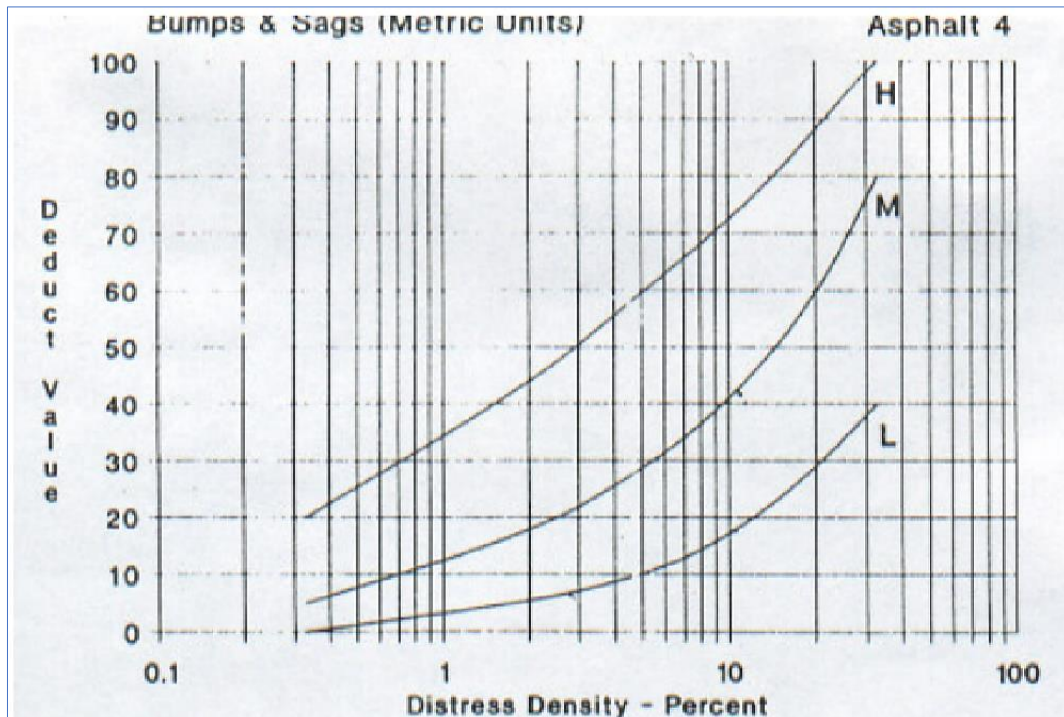
Fuente: ASTM D6433-03

Ilustración 6: Curva de Valor deducido para piel de cocodrilo



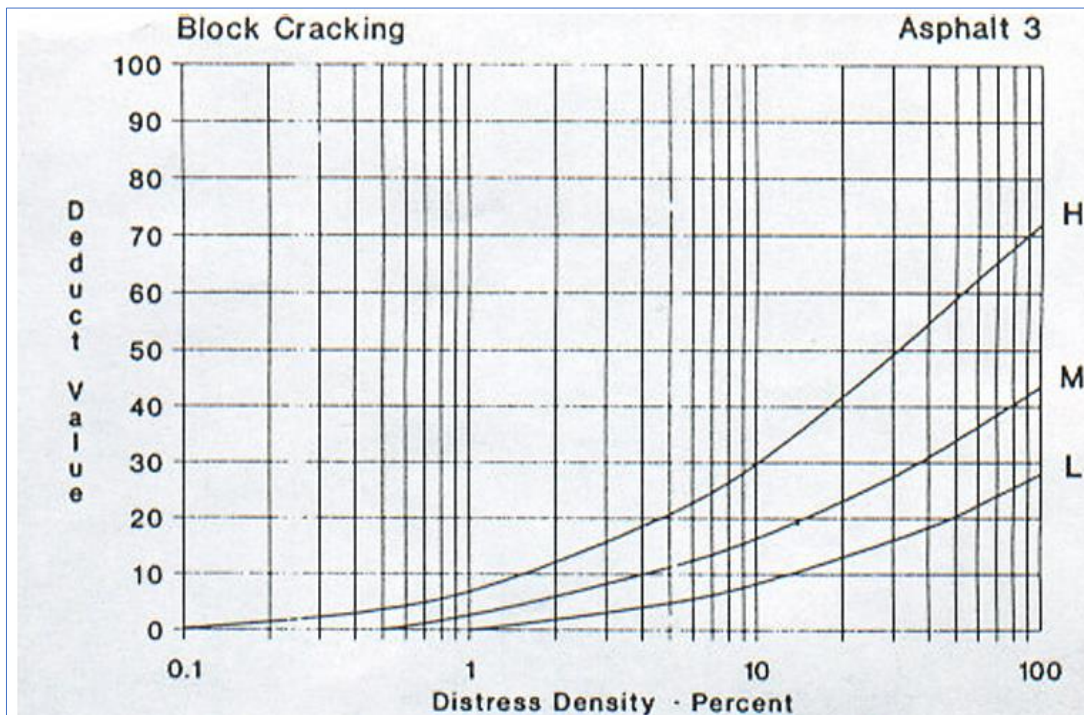
Fuente: ASTM D6433-03

Ilustración 7: Curva de Valor deducido de abultamiento y hundimiento



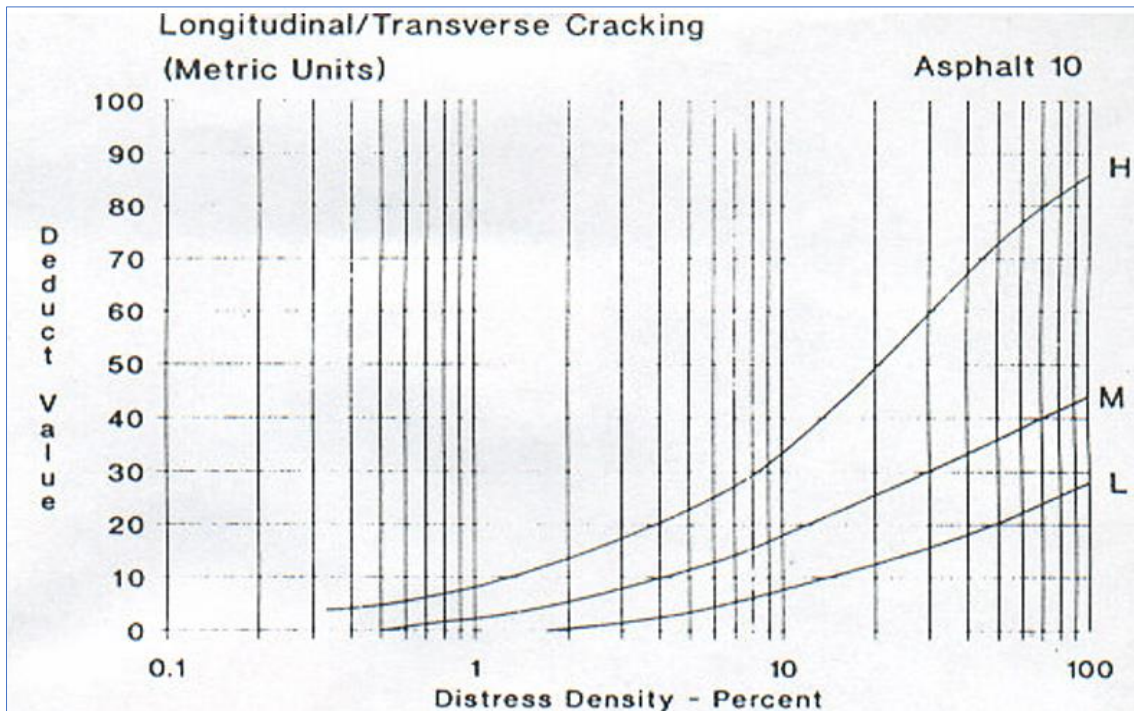
Fuente: ASTM D6433-03

Ilustración 8: Curva de Valor deducido para agrietamiento en bloque



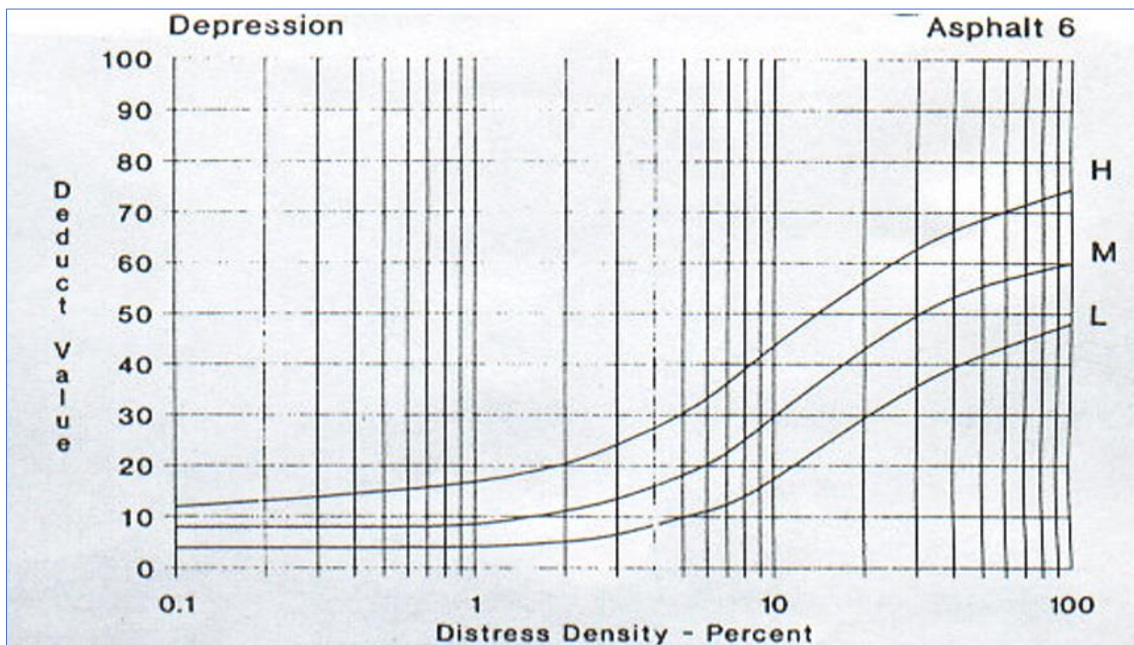
Fuente: ASTM D6433-03

Ilustración 9: Curva de Valor deducido para grieta longitudinal y transversal



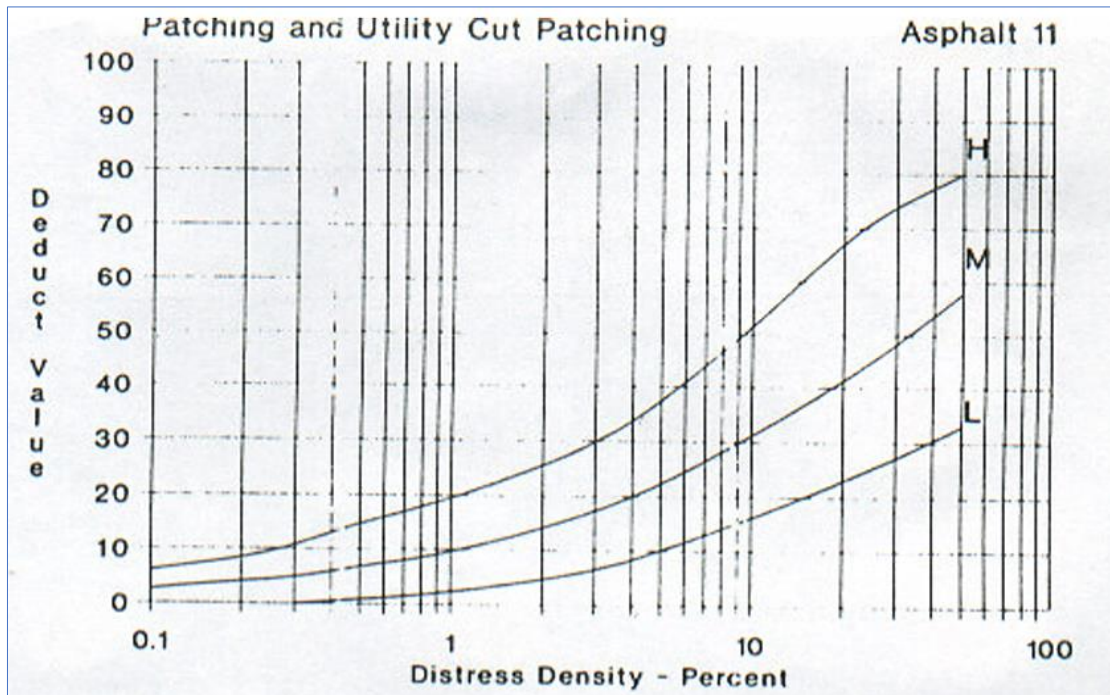
Fuente: ASTM D6433-03

Ilustración 10: Curva de Valor deducido para depresión



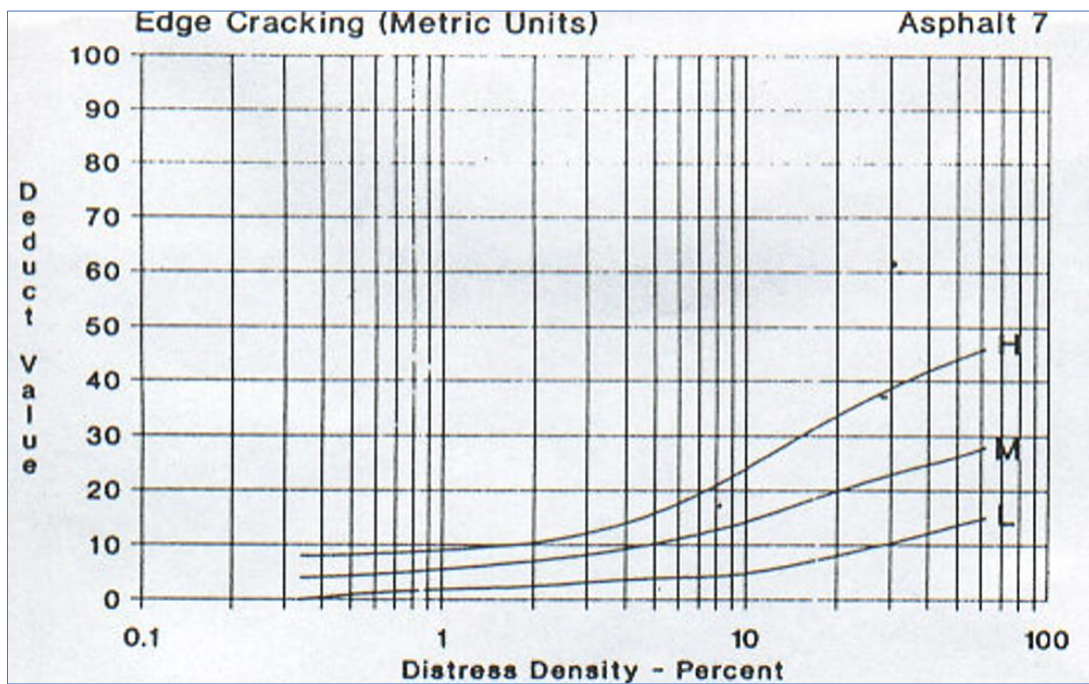
Fuente: ASTM D6433-03

Ilustración 11: Curva de Valor deducido para parcheo



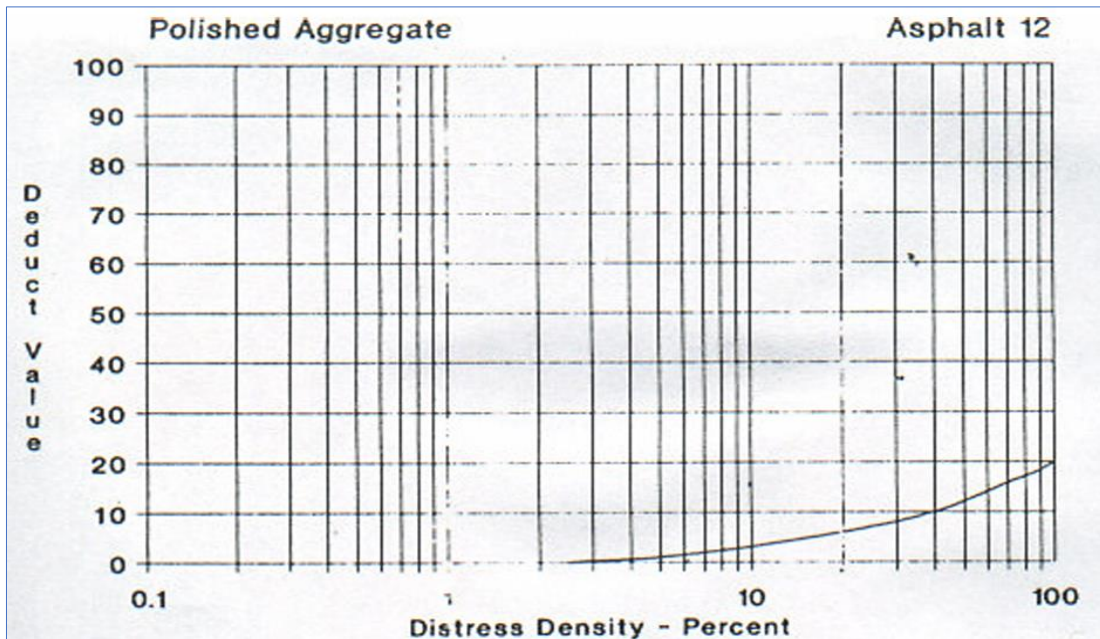
Fuente: ASTM D6433-03

Ilustración 12: Curva de Valor deducido para grieta de borde



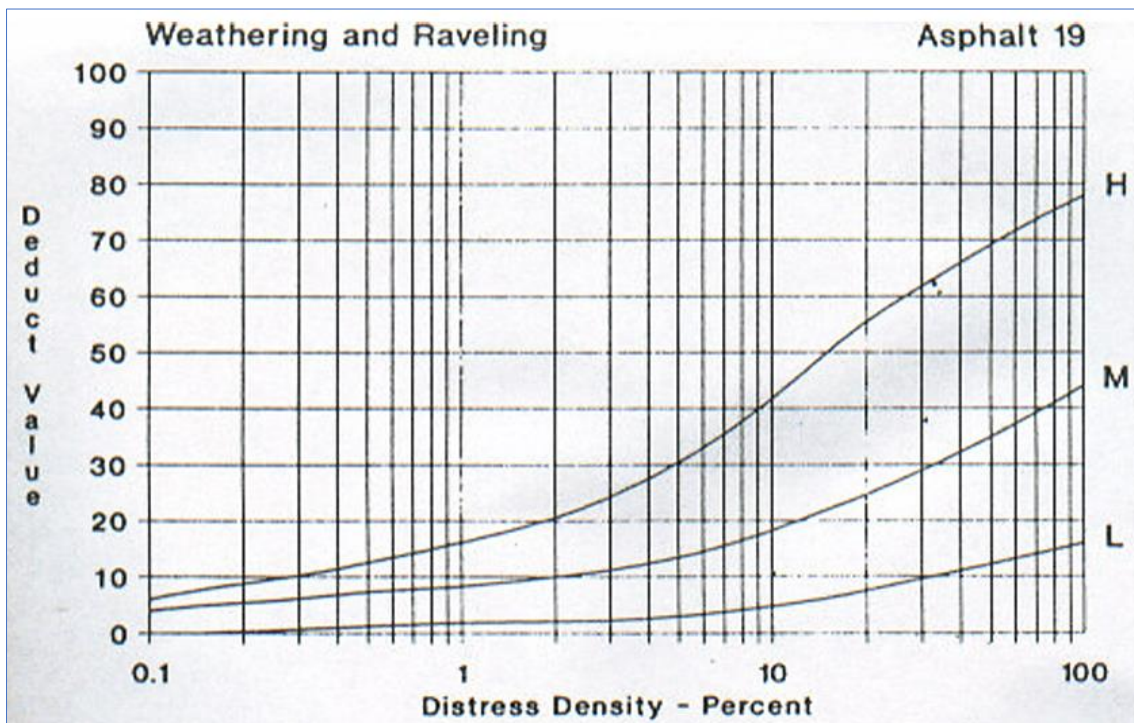
Fuente: ASTM D6433-03

Ilustración 13: Curva de Valor deducido para pulimento de agregados



Fuente: ASTM D6433-03

Ilustración 14: Curva de Valor deducido para peladura y desprendimiento de agregados



Fuente: ASTM D6433-03

3.5.6.1 Cálculo del número máximo admisible de valores deducidos

a) Se procede al cálculo del Valor Deducido total, sumando todas las deducciones parciales obtenidas. Este resultado se consigna en la Tabla 16.

b) Mediante la aplicación de la Ecuación, se determina el Número Máximo Admisible de Valores Deducidos.

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

Siendo:

m: Número máximo admisible de "Valores deducidos", incluyendo la fracción.

VDmax: El valor deducido individual más alto de la unidad de muestreo en análisis.

c) Es importante tener en cuenta que, si el conjunto de valores deducidos es menor que *m*, se emplearán todos los valores disponibles. En caso contrario, se selecciona la cantidad de valores deducidos individuales de acuerdo con la parte entera de *m*, y se ajusta el último valor deducido considerando la parte fraccionaria de *m*.

d) La casilla *q* en la Tabla 16 se completa con el número de valores deducidos para ser utilizados, siguiendo las pautas descritas en el párrafo anterior.

Tabla 16: Registro de valores deducidos

Valores deducidos de fallas existentes							
Falla	U	Severidad	Total	Densidad (d%)	VD	VDT	Q
						m	

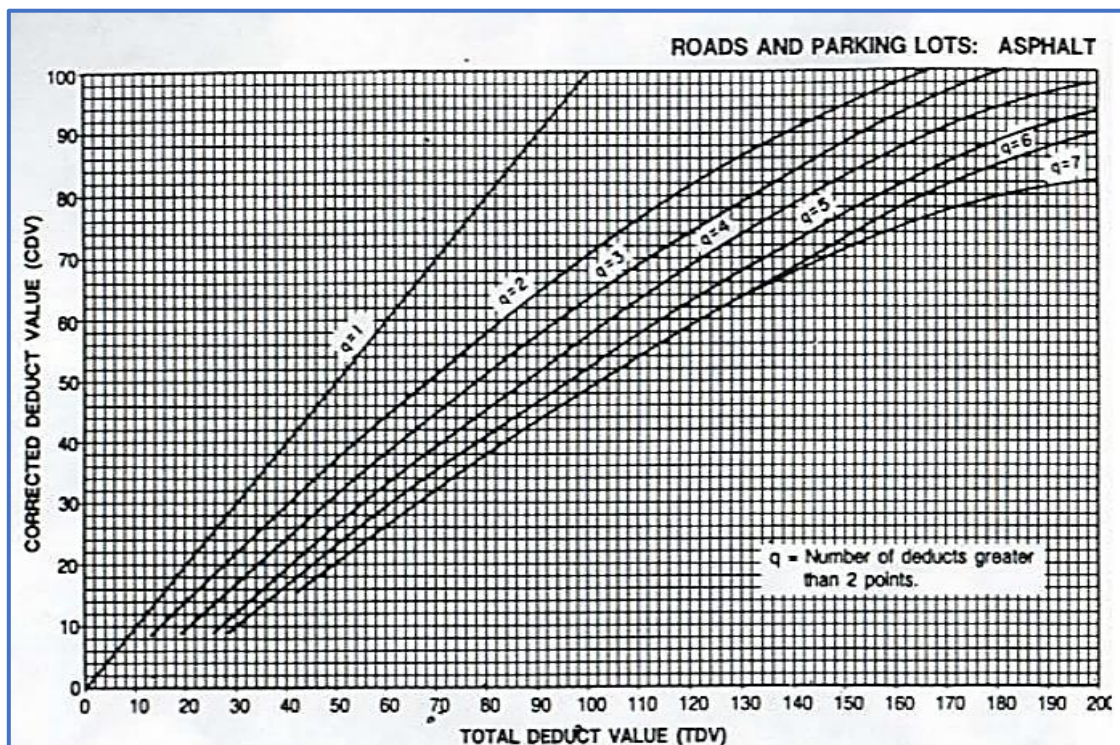
Fuente: Autor

3.5.6.2 Cálculo del máximo valor deducido corregido (CDV)

- Calcular el número de valores deducidos, q , que son mayores que 2.
- Colocar los valores deducidos individuales en orden descendente de izquierda a derecha en una fila, repitiendo esta disposición según el número de valores deducidos q .
- Reducir el último valor deducido individual a 2 después de la primera fila, continuando este proceso hasta que quede un solo valor deducido individual.
- Sumar todos los valores deducidos individuales (TDV).
- Utilizar el TDV y q para determinar el CDV mediante el ábaco en la Ilustración 6.
- El CDV máximo representa el mayor de los CDV obtenidos durante el cálculo del PCI de la unidad de muestra.

Todos los resultados y valores se consignan en la Tabla 17.

Ilustración 15 Curva de valores deducidos corregidos



Fuente: Vásquez Varela 2002.

Tabla 17: Máxima valor deducido corregido

Valores deducidos														TDV	q	CDV	
															CDV máx.		
															PCI		
															Clasificación		

Fuente: Autor

3.5.6.3 Calculo de PCI de la muestra

a) Se establece el PCI del muestreo por unidad utilizando la Ecuación.

$$PCI = 100 - CDV \text{ máx}$$

b) En base del PCI obtenido se clasifica la condición de la muestra por medio de la tabla 13

Capítulo IV: ANALISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1 Determinación de resultados de Ensayo de estabilidad de Marshall

En el desarrollo del ensayo Marshall se utilizaron 3 núcleos de asfalto extraídos mediante la máquina de extracción de núcleos de una placa previamente sustraída de la vía de estudio. Las muestras tienen forma cilíndrica y poseen un diámetro de 10cm y una altura de 2.5 pulgadas.

Parámetros obtenidos por medio del equipo Marshall se aprecian en la siguiente Tabla 18

Tabla 18: Valores obtenidos en el ensayo de estabilidad Marshall

Parámetro	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
Flow (mm)	0.273	0.285	0.284
Factor de Corrección	0.039	0.040	0.039
Carga máxima (kN)	3.91	3.82	3.74
Estabilidad (kN)	3.89	3.77	3.69
Densidad Aparente (g/cm³)	0.122	0.122	0.122
Tangente de flujo (mm)	0.0	0.0	0.0
Cociente Marshall (kN/mm)	0.150	0.152	0.152
Estabilidad media (kN)	3.78		

Fuente: Autor

Como resultados obtenidos tenemos que la primera muestra mostro un valor de 3.91 kN equivalente a 879 lbf, la segunda muestra un valor de 3.82 kN equivalente a 859 lbf y la tercera muestra un valor de 3.74 kN equivalente a 841 lbf. Para hallar la media de la estabilidad se aplicará la ecuación 1

Ecuación 1: Promedio de estabilidad

$$\text{Estabilidad promedio: } \frac{\text{Estabilidad 1} + \text{Estabilidad 2} + \text{Estabilidad 3}}{3}$$

$$\text{Estabilidad promedio: } 3.78$$

4.2 Determinación de resultados de Ensayo extracción de contenido asfáltico

Los cálculos de porcentaje de cemento asfáltico en las muestras son las siguientes:

Ecuación 2: Porcentaje de cemento asfáltico

$$\% \text{ de cemento asfáltico} = \frac{W1 - W2 - (W3 - W4)}{W1} * 100$$

Muestra 1

Peso de la muestra antes del ensayo W1: 584,1 gr

Peso de la muestra después del ensayo W2: 562,74 gr

Papel Filtro

Peso del papel filtro antes del ensayo W3: 14,90 gr

Peso del papel filtro después del ensayo W4: 17,78 gr

$$\% \text{ de cemento asfáltico} = \frac{584,1 - 562,74 - (14,90 - 17,78)}{584,1} * 100$$

$$\% \text{ de cemento asfáltico} = 4.15\%$$

Muestra 2

Peso de la muestra antes del ensayo W1: 584,65 gr

Peso de la muestra después del ensayo W2: 563,42 gr

Papel Filtro

Peso del papel filtro antes del ensayo W3: 14.86 gr

Peso del papel filtro después del ensayo W4: 17,56 gr

$$\% \text{ de cemento asfáltico} = \frac{584,65 - 563,42 - (14,86 - 17,56)}{584,65} * 100$$

$$\% \text{ de cemento asfáltico} = 4.04\%$$

Muestra 3

Peso de la muestra antes del ensayo W1: 584,19 gr

Peso de la muestra después del ensayo W2: 563,75 gr

Papel Filtro

Peso del papel filtro antes del ensayo W3: 14,90 gr

Peso del papel filtro después del ensayo W4: 17,78 gr

$$\% \text{ de cemento asfáltico} = \frac{584,19 - 563,75 - (21,89 - 17,78)}{584,19} * 100$$

$$\% \text{ de cemento asfáltico} = 3.99\%$$

Porcentaje Promedio de cemento asfáltico:

Ecuación 3: Promedio de porcentaje de cemento asfáltico

$$\% \text{ Promedio: } \frac{\% \text{ de cemento asfáltico 1} + \% \text{ de cemento asfáltico 2} + \% \text{ de cemento asfáltico 3}}{3}$$

$$\% \text{ Promedio de cemento asfáltico: } 4.06\%$$

4.3 Análisis granulométrico mezcla asfáltica

La clasificación del material granulométrico obtenido a partir de las muestras de asfalto se puede observar a detalle en la Tabla 19

Tabla 19: Granulometría de Muestra 1.

Nº DE MALLA	ABERTURA DE MALLA (mm)	PESO RETENIDO	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
1"	25.40		0	0	100
¾"	19.05		0	0	100
½"	12.70	60.32	10.77	10.77	89.23
3/8"	9.5	56.88	10.15	20.92	79.08

N°4		130.34	23.27	44.18	55.82
N°8		95.39	17.03	61.21	38.79
N°14		48.52	8.66	69.87	30.12
N°16		9.37	1.67	71.54	28.46
N°20		21.48	3.83	75.38	24.62
N°30		48.9	8.73	84.11	15.89
N°50		39.21	7.00	91.11	8.89
N°100		36.92	6.59	97.70	2.30
N°200		11.23	2.00	99.70	0.30
FONDO		1.68	0.30	100	0
TOTAL		560.24	100%		

Fuente: Autor

Tabla 20: Granulometría de Muestra 2.

N° DE MALLA	ABERTURA DE MALLA (mm)	PESO RETENIDO	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
1"	25.40		0	0	100
¾"	19.05		0	0	100
½"	12.70	57.32	10.17	10.17	89.83
3/8"	9.5	55.31	9.82	19.99	80.0

Nº4		127.84	22.70	42.68	57.32
Nº8		93.58	16.61	59.29	40.71
Nº14		51.29	9.10	68.39	31.61
Nº16		11.3	2.01	70.40	29.60
Nº20		22.34	3.97	74.37	25.64
Nº30		53.24	9.44	83.81	16.19
Nº50		42.13	7.48	91.29	8.71
Nº100		34.94	6.20	97.49	2.51
Nº200		12.59	2.23	99.73	0.2733
FONDO		1.54	0.27	100	0
TOTAL		563.42	100%		

Fuente: Autor

Tabla 21: Granulometría de Muestra 3.

N° DE MALLA	ABERTURA DE MALLA (mm)	PESO RETENIDO	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
1"	25.40		0	0	100
¾"	19.05		0	0	100
½"	12.70	54.31	9.63	9.63	90.36
3/8"	9.5	52.94	9.39	19.02	80.97
N°4		125.97	22.34	41.36	58.63
N°8		91.21	16.17	57.54	42.45
N°14		49.83	8.83	66.38	33.61
N°16		12.76	2.26	68.65	31.34
N°20		29.21	5.18	73.83	26.16
N°30		54.36	9.64	83.47	16.52
N°50		43.83	7.77	91.24	8.75
N°100		35.01	6.21	97.45	2.54
N°200		12.59	2.23	99.69	0.30
FONDO		1.73	0.30	100	0
TOTAL		563.75	100%		

Fuente: Autor

4.4 Determinación del índice del estado del pavimento

A continuación, se procederá a ilustrar la aplicación de la metodología en cada unidad de muestreo, utilizando los datos obtenidos durante la inspección visual de las fallas en el tramo de la Vía C-22. La actividad de inspección visual y recopilación de datos contó con la colaboración de dos personas adicionales, quienes desempeñaron funciones específicas: una encargada de registrar la información y tomar fotografías, mientras que la otra se dedicó a colaborar con las mediciones. Las imágenes que documentan las fallas identificadas en cada unidad de muestreo se encuentran disponibles en el anexo fotográfico.

La evaluación se llevó a cabo desde la intersección con el sitio La Victoria y el sitio Santa Cruz, considerando este punto como la abscisa 0+000 y culminando en la intersección con el Sitio Santa Cruz, marcada como abscisa 0+760. Este proceso de evaluación demandó dos días para su realización debido a ciertos inconvenientes experimentados al tomar las mediciones. Ambos días, la evaluación se inició a las 1 pm y concluyó a las 4 pm, de manera estratégica para evitar las horas de mayor tráfico; sin embargo, a pesar de esta planificación. Cabe destacar que, según Salviatto y Barbosa Fontanele (2021), La realización de cálculos y la recopilación de información para llevar a cabo una evaluación generalmente conllevan desafíos, constituyendo un proceso que no se caracteriza por su simplicidad ni rapidez. La toma y evaluación de los datos de campo se dividen por tramos considerando esto todo un proceso técnico – metodológico.

4.4.1. Longitud de unidad de muestra

La relación del ancho de la vía y la longitud de muestra se considera según la Norma ASTM D6433-03 y en esta vía de estudio posee un ancho de vía de 5m según la Tabla 14. Le corresponde un valor de longitud de la unidad de muestra de 46m en relación a su ancho de 5m.

Tabla 14: Longitudes de muestreo de la carpeta 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

De acuerdo con la ASTM D6433-03 la longitud de muestreo es 46m, realizando la comprobación se alcanza un área de $230m^2$ por consiguiente cumple con el intervalo de $225 \pm 90 m^2$.

Donde:

Ancho de calzada: **A**

Long. de la unidad de muestreo: **L**

A= 5 m

L= 46 m

Área de muestreo: **Área**

Ecuación 4: Área de muestra por tramo

$$\text{Área} = A * L = 5 * 46 = 230 m^2$$

4.4.1.1 Unidades de muestreo

El tramo de vía bajo investigación abarca una extensión de 760 metros. En consecuencia, la cantidad total de muestras se obtiene dividiendo la longitud a intervenir sobre la longitud de la unidad de muestra, la expresión se aprecia en la siguiente Ecuación 1.

Ecuación 5: Unidades de muestreo

Donde:

Longitud de la vía a evaluar: Long. de vía

Longitud de la unidad de muestreo: Long. de muestra

N: unidades de muestreo a evaluar

$$LONG_{DE VÍA} = 760 \text{ m}$$

$$LONG_{de la unidad de muestreo} = 46 \text{ m}$$

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

$$N = \frac{760 \text{ m}}{46 \text{ m}} = 17$$

Como resultado se alcanza 17 unidades de muestreo contrastando las dimensiones establecidas previamente, cabe denotar que llevar a cabo la evaluación de todas las unidades de muestra implicaría un significativo gasto de tiempo y recursos. En consecuencia, con respaldo a la norma ASTM D6433-03 determina la alternativa a fijar un número mínimo de unidades de muestra mediante la aplicación de la Ecuación 2 y los valores recomendados según el apartado 7.5.2 de ASTM D6433-03 concerniente a pavimento asfáltico.

Ecuación 6: Unidades de muestreo a intervenir

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

En donde:

N: Es el número total de unidades de muestreo= 17

σ : Desviación estándar PCI= 10^2

e: Error admisible en el estimativo PCI=5

n: Es la cantidad mínima de unidades de muestreo a evaluar

$$n = \frac{17 * 10^2}{\frac{5^2}{4} * (17 - 1) + 10^2} = 9$$

4.4.1.2 Selección de las unidades a aplicar el muestreo.

Definiendo la cantidad de unidades de muestra a realizar se continua a la cantidad de espaciamientos a tomar, se utiliza la ecuación 3, en el caso de obtener un numero decimal no entero se procederá al redondeo del inmediato superior como se describe en la siguiente ecuación:

Ecuación 7: Espaciamiento a tomar

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

Siendo:

i= Valor de espaciamiento a utilizar

N: Unidades de muestreo iniciales=17

n= número de unidades de muestra a ser evaluadas=9

La primera unidad a ser inspeccionada se toma al azar desde las unidades de muestra 1 hasta i. Las unidades después de la primera unidad que fue evaluada también serán inspeccionadas

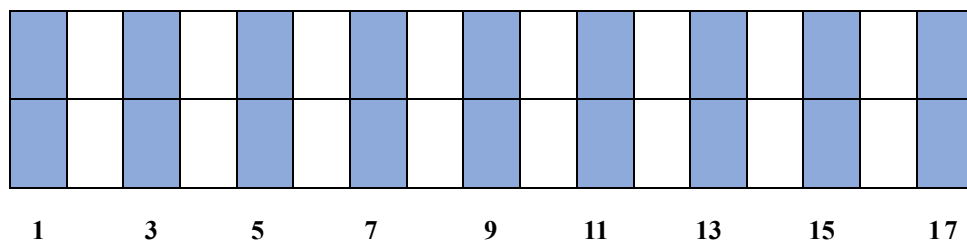
$$i = \frac{17}{9} = 2$$

El valor de espaciamento a utilizar será:

$$i=2$$

Se parte con la muestra N°1 a partir del tramo 1, dando como calculo 9 unidades de muestreo. Se procede con 9 unidades.

Ilustración 16: Representación gráfica de las muestras



Fuente: Autor

4.4.1.3 Resultados de la unidad de muestra 1

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

Ilustración 17: Ubicación geográfica de muestra 1 en la vía de estudio



Fuente: Google Earth

Ilustración 18: Zona de toma de datos correspondiente a la muestra 1



Fuente: Autor

4.4.1.4 Registro de fallas de la unidad de muestra 1

En la Tabla 22 se describen las fallas identificadas en la unidad de muestra 1 con sus respectivas dimensiones y severidad.

Tabla 22: Registro de fallas observadas en el tramo 1

LISTADO DE FALLAS ENCONTRADAS						
Falla	U	Severidad	Largo m	Ancho m	Prof. m	Total
Pulimento de Agregados	m2		6.50	2.60		16.9
Depresión	m2	H	1.20	1.30		1.56
Baches	m2	H				6
Depresión	m2	M	0.9	0.9		0.81
Pulimento de Agregados	m2		7.3	3.1		22.63

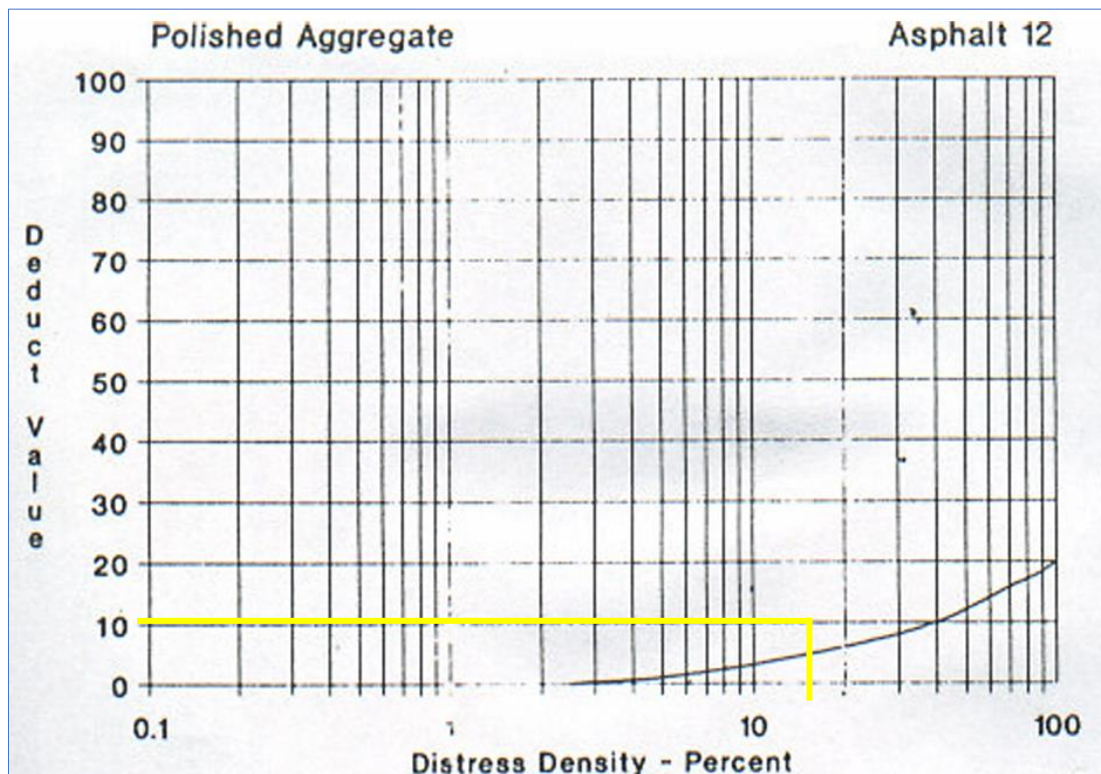
Baches	m2	M				3
Abultamiento y Hundimiento	m	H	1.2			1.2
Meteorización de agregados	m2	H	5.8	2.7		15.66

Fuente: Autor

4.4.1.5 Cálculo de Valores Deducidos

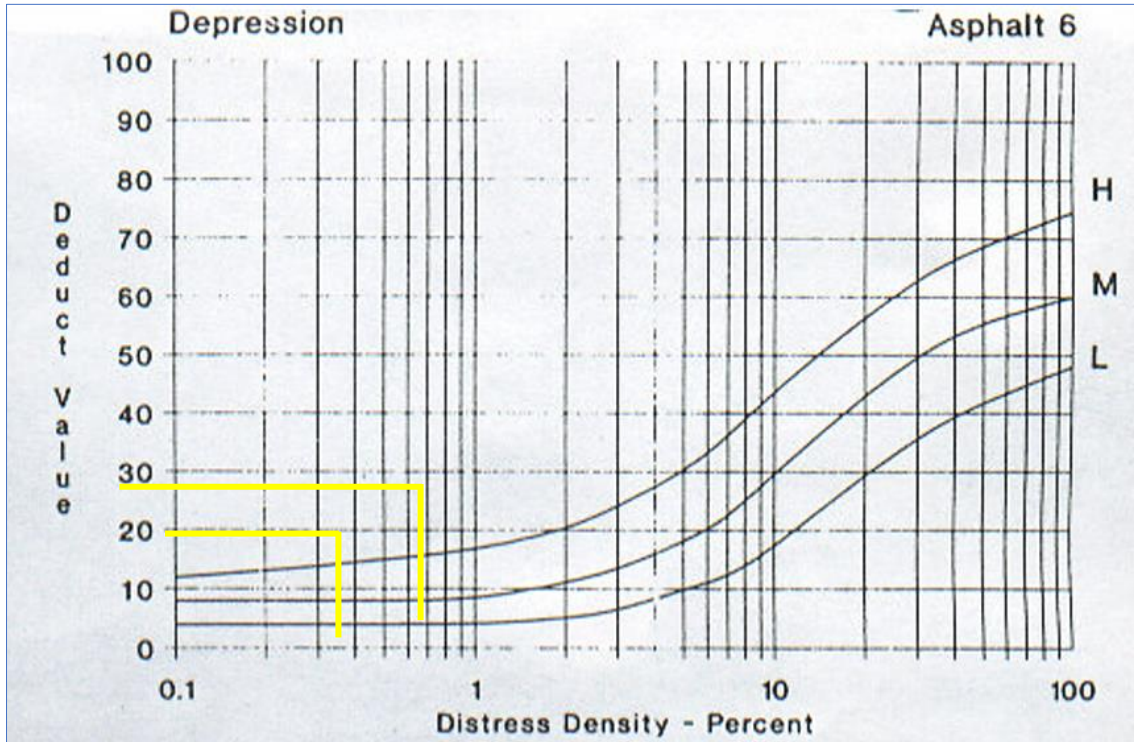
Después de recopilar el total de fallas junto con su respectivo tipo y nivel de severidad, se lleva a cabo el cálculo de los valores deducidos para cada falla, los cuales se representan en los gráficos correspondientes. Estos valores deducidos se determinan considerando la densidad y severidad de cada falla, siendo esta relación representada mediante una curva.

Ilustración 19: Ilustración gráfica del valor deducido para pulimento de agregados



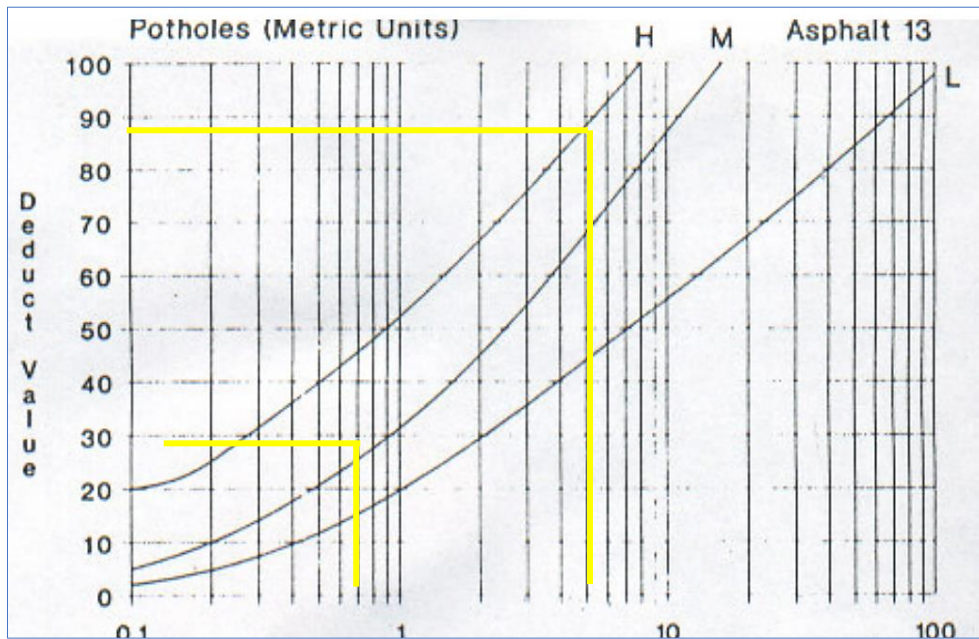
En el tramo 1, la falla de pulimento de agregados presenta una densidad del 17.19% Se clasifica con un valor deducido de 6.

Ilustración 20: Ilustración gráfica del valor deducido para depresión



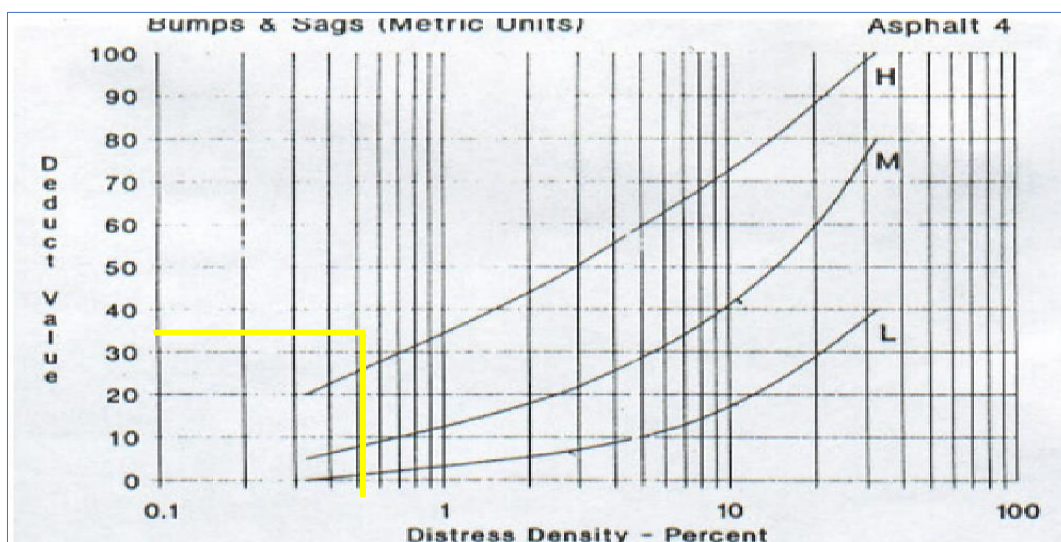
En el tramo 1, la falla de depresión presenta una densidad del 0.68% una severidad High y se clasifica con un valor deducido de 17 y una densidad con severidad Medium de 0.35% y se clasifica con un valor deducido de 8.

Ilustración 21: Ilustración gráfica del valor deducido para baches



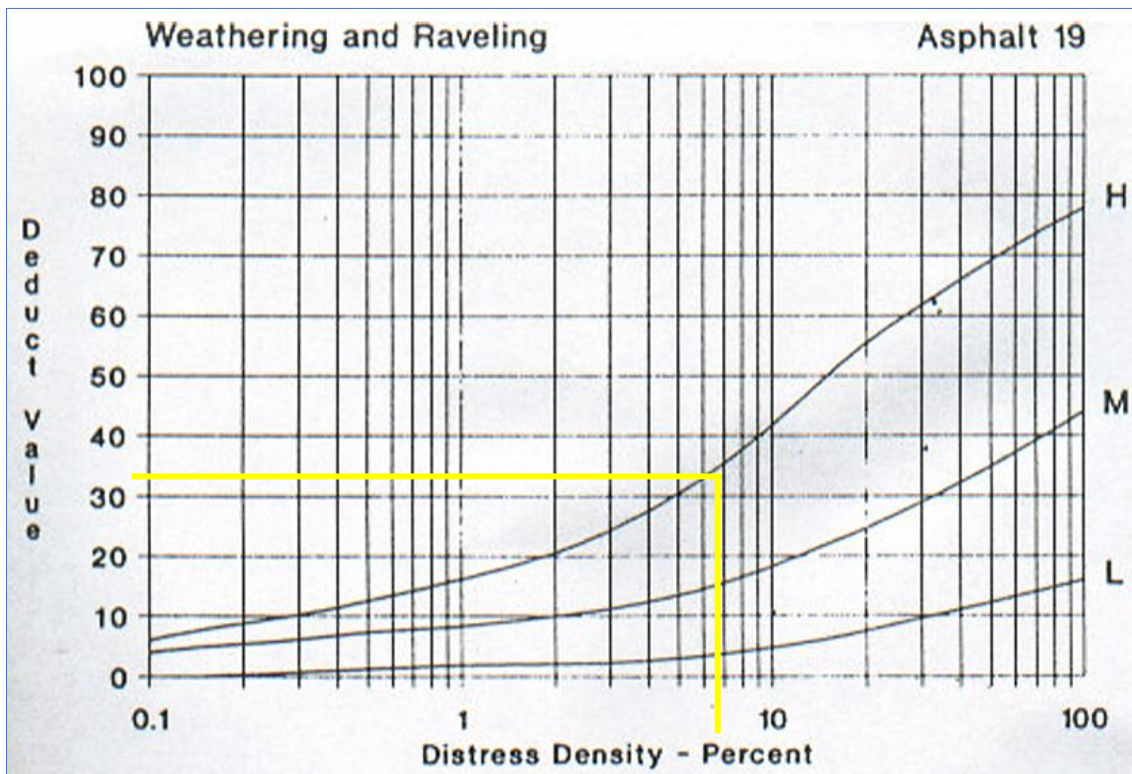
En el tramo 1, la falla de baches presenta una densidad del 3.25% severidad categoría High y se clasifica con un valor deducido de 79 y una densidad con severidad Medium de 0.46% y se clasifica con un valor deducido de 20.

Ilustración 22: Ilustración gráfica del valor deducido para Abultamiento y hundimiento



La falla abultamiento y hundimiento en el tramo 1 cuenta con una densidad de 0.52% con severidad High y un valor deducido de 28.

Ilustración 23: Ilustración gráfica del valor deducido para peladura y desprendimiento de agregados



Como ultima falla registrada en el tramo 1 se encuentra el peladura y desprendimiento de agregados con una densidad de 6.81% y una categoría de severidad High con un valor deducido de 36.

Habiendo realizado los valores deducidos de cada falla se calcula el valor deducido total, que para este ejemplo es VDT=194. 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 8 donde Vd_{max} es 79.

Ecuación 8: Numero de fallas a considerar

$$q = 1 + \frac{9}{98} * (100 - 79)$$

$$q = 3$$

El valor 7.24 indica que se deben tener en cuenta al menos 3 fallas representativas de las fechas en que fueron registradas o datadas.

Tabla 23: Cálculo de valores deducidos en el Tramo 1

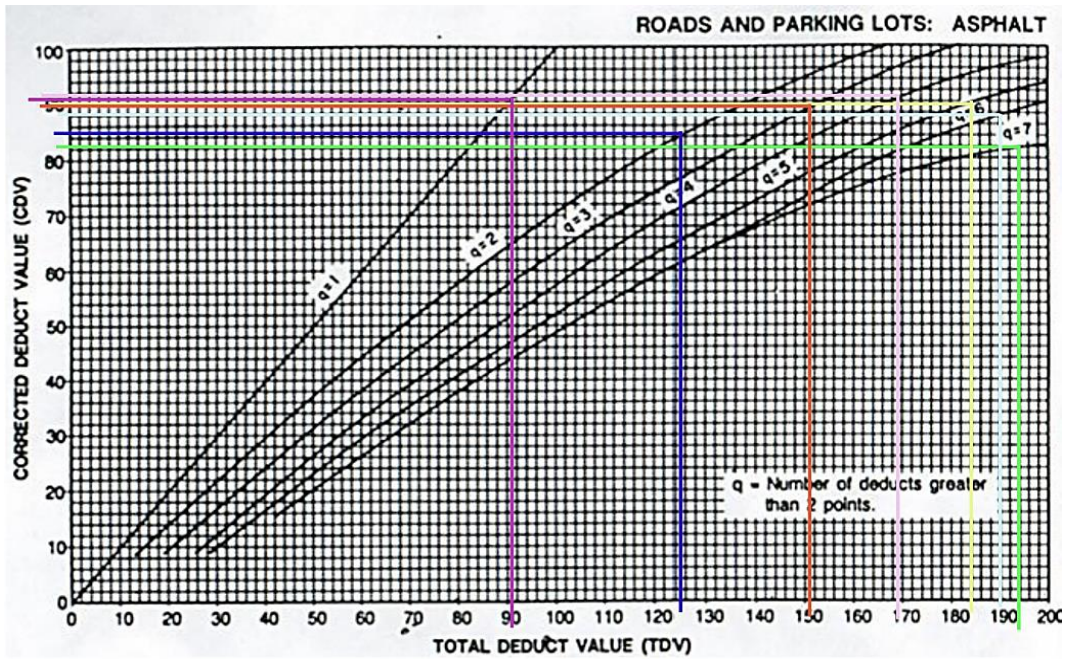
VALORES DEDUCIDOS DE FALLAS ENCONTRADAS							
Tipo de Falla	U	Severidad	Total	Densidad	VD	VDT	Q
Pulimento de Agregados	m2		39.53	17.19	6	194	7
Depresión	m2	H	1.56	0.68	17		
Baches	m2	H	6	3.25	79		
Depresión	m2	M	0.81	0.35	8		
Baches	m2	M	3	0.46	20		
Abultamiento y Hundimiento	m	H	1.2	0.52	28		
Meteorización y desprendimiento de agregados	m2	H	15.66	6.81	36	m	3

Fuente: Autor

4.4.1.6 Cálculo del valor PCI de la unidad de muestra 1

Para el cálculo se suman los valores deducidos y se utiliza este valor para hallar los valores máximos corregidos, mayor detalle en la ilustración 24.

Ilustración 24 Valor de deducción corregido CDV en el Tramo 1



Fuente: ASTM D6433-03

Mediante la gráfica de valores deducidos corregidos se obtienen los CDV de 83, 88, 90, 92, 89, 85, 91. Los cuales se colocan en el siguiente registro con relación al valor de la curva q, revisar la Tabla 24.

Tabla 24: Resultado de los valores corregidos CDV y CDV Max en el Tramo 1

VALORES DEDUCIDOS														TDV	q	CDV
79	36	28	20	17	8	6								194	7	83
79	36	28	20	17	8	2								190	6	88
79	36	28	20	17	2	2								184	5	90
79	36	28	20	2	2	2								169	4	92
79	36	28	2	2	2	2								151	3	89
79	36	2	2	2	2	2								125	2	85

79	2	2	2	2	2	2														91	1	91	
																					CDV MAX		92
																					PCI		8
																					Clasificación		
																					FALLADO		

Fuente: Autor

Con el CDV máximo, se inicia el cálculo del PCI, para la que se hará uso de la ecuación 9 donde CDVmax es 92.

Ecuación 9: Calculo del PCI

$$PCI = 100 - 92$$

$$PCI = 8$$

Habiendo calculado el valor, se estima el estado del tramo para lo que se considera la Tabla 13 de rangos propuesta por la norma ASTM-D6433-03. EL valor PCI es 8 se encuentra entre los valores de 0 a 10 y tiene de categoría FALLADO.

El proceso se repite en cada una de las muestras el cual se encuentra en anexos y de igual forma su registro de fallas, los demás cálculos de las otras unidades de muestras se encuentran en el Apéndice de fallas existentes.

4.5 Análisis de resultados e interpretación de datos.

4.5.1 Determinación del PCI promedio

Habiendo culminado con la determinación del PCI se puede contemplar el resumen de las fallas existentes y el PCI de las 9 unidades de muestras en la Tabla 25 y en la ilustración 25.

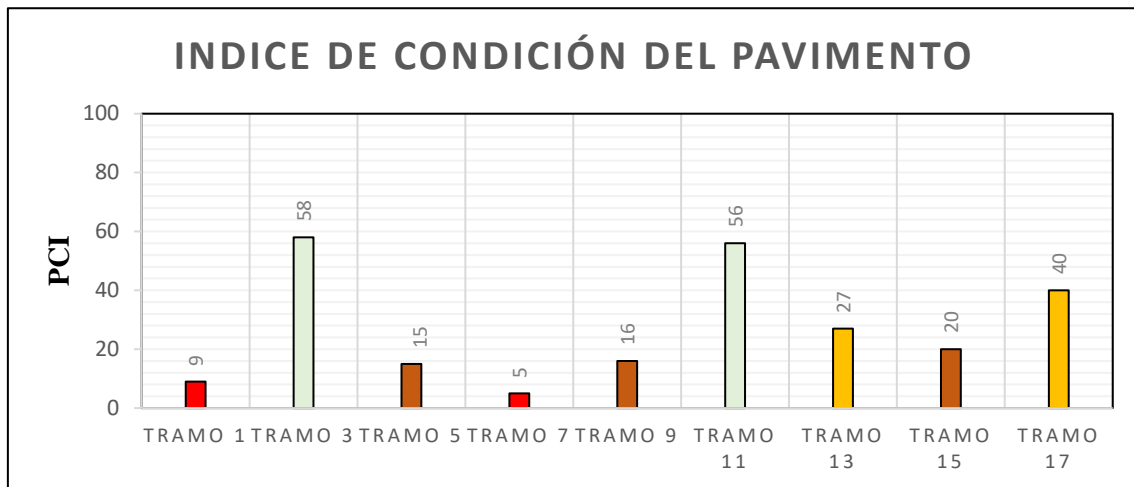
Tabla 25: Resumen de PCI 9 unidades de muestras

TRAMO	ABSCISA INICIAL	ABSCISA FINAL	AREA DE TRAMO (m2)	FALLAS EXISTENTES	PCI	CALIFICACION	SIMBOLOGIA
1	0+000	0+046	230	Pulimento de agregados - Baches - Abultamiento y hundimiento - Depresión – Meteorización y desprendimiento de agregados	9	FALLADO	
3	0+092	0+138	230	Pulimento de agregados - Depresión - Baches – Grieta Transversal	58	BUENO	
5	0+184	0+230	230	Meteorización y desprendimiento de agregados - Baches - Pulimento de agregados – Grieta Longitudinal	15	MUY MALO	
7	0+276	0+322	230	Meteorización y desprendimiento de agregados -	5	FALLADO	

				Baches - Depresión			
9	0+368	0+414	230	Meteorización y desprendimiento de agregados - Baches - Depresión - Pulimento de agregados	16	MUY MALO	
11	0+460	0+506	230	Baches - Grieta Longitudinal - Depresión - Parcheo	56	BUENO	
13	0+552	0+598	230	Baches - Meteorización y desprendimiento de agregados - Parcheo	27	MALO	
15	0+644	0+690	230	Baches - Meteorización y desprendimiento de agregados - Depresión - Grieta Longitudinal	20	MUY MALO	
17	0+736	0+760	120	Baches - Parcheo	40	MALO	

Fuente: Autor

Ilustración 25. Resultado PCI en las 9 unidades de muestra.



Fuente: Autor

Una vez encontrado los valores PCI por cada tramo de estudio se obtendrá un promedio de los resultados conseguidos.

Ecuación 10: Valor promedio PCI

$$PCI_{promedio} = \frac{\text{Suma total de PCI}}{\text{Número de muestras}} = \frac{313}{9} = 35$$

El promedio de PCI es 35 por ende se determina que la carpeta asfáltica de la vía C22 en el tramo de Sitio La Victoria hasta el Sitio Santa Cruz se encuentra en un valor PCI de categorización MALO según los resultados de la evaluación. Además, considerando los PCI de los tramos oscilan con valores a partir de 5 a 58 se refleja un 22.22% se encuentra como categoría FALLADO seguidamente con indica que el 33.33% de los tramos está en categoría MUY MALO, agregando un 22.22% en con categoría MALO y un 22.22% se encuentra en categoría BUENO.

4.5.2 Fallas representativas

Como obtención de la condición del pavimento del tramo de vía intervenida se observa que tiene una condición buena ha fallado, esta evaluación nos enmarca un estado del pavimento con daños superficiales de magnitud considerable provocando malestar y

afectando el confort al concurrir en este sitio. Se presenta en la Tabla 26 un esquema de las fallas identificadas por cada tramo.

Tabla 26: Fallas encontradas por cada tramo

Fallas	Abultamiento y hundimiento	Depresión	Grieta longitudinal y/o transversal	Baches	Parqueo	Pulimento de Ag.	Meteorización de Ag.
Tramo 1	x	x		x		x	x
Tramo 3		x	x	x		x	
Tramo 5			x	x		x	x
Tramo 7		x		x			x
Tramo 9		x		x		x	x
Tramo 11		x	x	x	x		
Tramo 13				x	x		x
Tramo 15		x	x	x			x
Tramo 17				x	x		
TOTAL	1	6	4	9	3	4	6
%	3.03	18.18	12.12	27.27	9.09	12.12	18.18

Fuente: Autor

Habiendo enumerado y adicionado el total de fallas existentes en el segmento de la vía de intervención el resultado 33 fallas este valor lo utilizo para determinar los porcentajes parciales por falla. Se identifica que las principales fallas son Baches con 27.27%, Depresión 18.18% y 18.18% de Meteorización de agregados. De acuerdo a la norma

ASTM D6433 03, las fallas existentes contabilizadas en este estudio correspondiente a el tramo de vía se describen son producto de posiblemente las siguientes razones referidas en la Tabla 27.

Tabla 27: Causas y definiciones de las fallas

FALLA	DEFINICIÓN	ORIGEN
Bache	Hondonadas en la superficie con diámetros inferiores a 90 cm, adoptando una configuración similar a la de un tazón.	El tráfico desprende fragmentos pequeños de la superficie del pavimento.
Depresión	Bajos niveles en el pavimento. Principio del formulario	Hundimiento de la subrasante o deficiencias en el proceso de construcción.
Abultamiento	Desplazamientos leves hacia arriba en la superficie del pavimento	Infiltración y elevación de los elementos en una grieta, asociados con la carga de tránsito.
Grieta longitudinal y/o transversal	Ubicadas paralelas o transversales al eje de la vía.	Contracción de la superficie del concreto asfáltico debida a variaciones de temperatura.
Parcheo	Área sustituida con nuevo asfalto.	Identificados como imperfecciones o fallos.
Meteorización de agregados	Ablandamiento de la superficie y la perdida de los agregados.	Pérdida del ligante elástico y de las partículas sueltas del agregado.
Hundimiento	Leves desplazamientos hacia la parte inferior en la superficie del pavimento.	Grandes áreas de depresión y pavimentos no estables

Pulimento de agregados	El agregado se expande sobre la superficie y la superficie es suave al tacto.	Es un daño provocado por constantes repeticiones de carga de tránsito.
-------------------------------	---	--

Fuente: Vásquez Varela 2002

4.5.3 Operación de mantenimiento

En base a lo establecido por (Lauro Patricio Cango Mena, 2020) La rehabilitación es una actividad esencial que busca aumentar o mejorar la capacidad de funcionalidad o composición del pavimento para su uso por parte de los usuarios. (RÍOS & SANCÁN, 2018) Pone en evidencia la necesidad de llevar a cabo una rehabilitación del pavimento con el propósito de mejorar su función de servicio ante la presencia de alguna variable que ocasione o genere de las descritas a continuación:

- Alta incidencia de fallas superficiales.
- Disminución del confort durante la conducción.
- Necesidad de mantenimiento rutinario excesivo.
- Baja adherencia entre los neumáticos y la carpeta asfáltica.
- Insuficiencia en la capacidad estructural.

Se presenta una alternativa de intervención que se realiza junto a el mantenimiento de las vías asfálticas se contrasta con (Moreno, 2018) nos evidencia que cuando se interviene una vía se debe haber definido las fallas que se encuentran presentes, el nivel de severidad y posibles alternativas de rehabilitación. El mantenimiento a tiempo y con carácter correctivo del pavimento asegura la accesibilidad en la movilidad y un soporte con estructuras viales. Habiendo mencionado lo anterior los autores (Bladimiro & Estuardo, 2023) (RÍOS & SANCÁN, 2018) mencionan la importancia del mantenimiento desde el análisis y pruebas en su estructura una vez contando con los resultados se plantea el plan de conservación para impedir sobre costos operativos y un desgaste acelerado no justificado. Como resultado de la evaluación del pavimento obtuvo un PCI de 35 por esa razón se establece ser una vía con estado MALO, debido a lo cual dispone nivel de servicio con categoría E y demanda procesos considerables de rehabilitación según

(BASIL, 2005). La siguiente tabla 28 propone la escala PCI y actividad de mantenimiento.



Tabla 28: Nivel de servicio e intervención


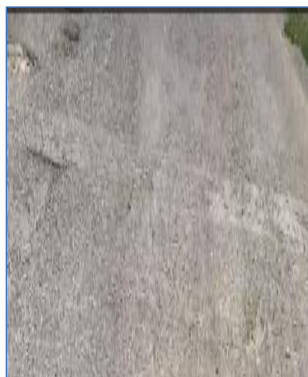

Rango		Escala PCI	Nivel de servicio	Actividad de mantenimiento
86	100	Excelente	A	Mantenimiento rutinario
71	85	Muy bueno	B	Mantenimiento preventivo
56	70	Bueno	C	Procesos leves de rehabilitación
41	55	Regular	D	Procesos considerables de rehabilitación
26	40	Malo	E	Procesos considerables de rehabilitación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

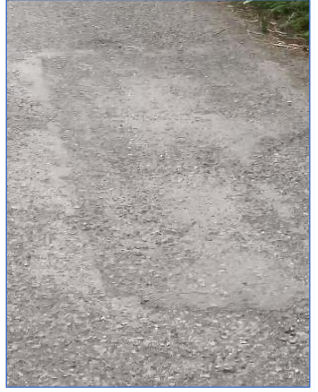

Fuente: Varela - BASIL 2005

La rehabilitación de pavimentos flexibles de tramos continuos en el desarrollo de rehabilitación vial se tiene como beneficio vial, con el ambiente y supervisión técnica a comparación de la rehabilitación por tramos aleatorios, el tránsito vehicular es el principal detonante del desgaste y destrucción del pavimento. (Hernández, 2022). El autor (Vásquez, 2002) en base a los estudios realizados en pavimento flexible recomienda intervenir para el mantenimiento según la severidad que tenga cada falla, de forma personalizada. Como alternativas para reparación de las 7 fallas se aprecian en la tabla 29.

Tabla 29: Alternativa N°1. Estrategias de mitigación para Fallas existentes.

N°	Fallas	Sev.	Operación de reparación	Observación	Ilustración referencial
1	Abultamiento y hundimiento	L	No se interviene		
		M	Reciclado en frío. Parcheo parcial o profundo	Realizar la intervención correspondiente a la falla principal	
		H	Reciclado(fresado) en frío. Parcheo parcial o profundo. Sobrecarpeta		
2	Meteorización de agregados	L	No se interviene. Sellado superficial. Tratamiento superficial.	Se debe realizar una intervención superficial de la vía	
		M	Sellado de grietas. Reciclado superficial.	Sellado superficial. Sobrecarpeta	
		H	Sellado de grietas, reciclado superficial. Escarificado en caliente y sobrecarpeta.	Tratamiento superficial. Sobrecarpeta. Evaluación estructural previa	

3	Pulimento de agregados		No se encuentra establecido nivel de severidad.	No se interviene	
				Tratamiento superficial	
				Fresado y Sobrecarpeta	
4	Grieta longitudinal y transversal	L	Sellado e grietas en ancho mayores a 3mm	Evaluación estructural previa	
		M	Sellado de grietas	Intervenir según la falla principal	
		H	Parqueo Parcial. Sellado en grietas		
5	Depresión	L	No se interviene		
		M	Parqueo parcial, superficial o profundo		
		H	Parqueo parcial, superficial o profundo	Evaluación estructural previa	
6	Parqueo	L	No se interviene		
		M	Sustituir el parqueo		

					
		H	Sustituir el parche	Evaluación estructural previa	
7	Bache	L	Parqueo parcial		
		M	Parqueo profundo o parcial		
		H	Parqueo profundo	Evaluación estructural previa	

Fuente: Autor

Del temario de fallas se encontró en este estudio la reincidencia y presencia de solo unos tipos de falla, algunas de estas fallas como baches o la presencia de grietas, se presentan por una falta de mantenimiento vial, con severidades alta y media se recomienda realizar una evaluación estructural por posible falla subsecuente. Habiéndose hallado también fallas de alta severidad en meteorización, pulimento de agregados se recomienda una sobrecarpeta, reciclaje.

Los valores de PCI en cada tramo son variables y su severidad oscila de igual forma recabando información entre los trabajos investigativos revisados (Guevara, 2016) señala en su análisis alternativas para dar mantenimiento vial para la superficie del pavimento flexible. El mantenimiento vial se encuentra mencionado en el capítulo IV del (Ecuador, 2014). La intervención vial ante fallas en el asfalto se encuentra enmarcado en las obras de mantenimiento y reparación así se ajustan a las fallas del tramo de la vía C22 entre Sitio La Victoria y Sitio Santa Cruz.

Tabla 30: Alternativa N°2. Estrategias de mitigación para Fallas.

Tratamientos	Descripción
Sobrecapa de asfalto	Aplicación de una nueva capa de asfalto sobre la capa de rodadura existente de una carretera o pavimento. Este enfoque se utiliza para renovar y mejorar la superficie de la carretera, proporcionando beneficios tales como la restauración de la rugosidad, el mejoramiento de la resistencia al deslizamiento y la prolongación de la vida útil del pavimento.
Tratamiento superficial	Emplear materiales específicos sobre la superficie de una carretera o pavimento existente con el objetivo de mejorar sus propiedades y prolongar su vida útil. Este enfoque se utiliza para prevenir el deterioro prematuro, mejorar la adherencia, proporcionar resistencia al deslizamiento, y renovar la apariencia estética de la superficie.
Reconstrucción	Remoción completa o parcial del pavimento existente y la posterior construcción de una nueva infraestructura carretera. Este procedimiento se lleva a cabo cuando las condiciones del pavimento actual son tan deficientes que la reparación localizada o el reciclado no son viables para restaurar su funcionalidad y durabilidad.
Reciclado de pavimento asfálticos	Implica técnicas como el reciclado en frío o en caliente, que varían en función de las condiciones ambientales y los requerimientos de la obra. Implica la remoción y pulverización del pavimento deteriorado, la mezcla del material resultante con nuevos agregados y, en algunos casos, la adición de ligantes bituminosos.
Parcheo en superficie de rodadura asfáltica	Técnica de mantenimiento vial que repara manualmente a áreas pequeñas deterioradas, con mezcla caliente o en frío. Este procedimiento se lleva a cabo con el propósito de corregir daños menores,

Sellado de arena	Un material sellador, posiblemente a base de asfalto o polímeros, sobre la capa de rodadura. La inclusión de arena en este sellador puede tener como objetivo mejorar la adherencia y proporcionar una textura superficial adecuada para mejorar la seguridad vial y el comportamiento del pavimento.
Fresado	Proceso mecánico mediante el cual se remueve una capa superficial de un pavimento existente. Este procedimiento utiliza una fresadora, una máquina especializada equipada con cuchillas o brocas rotativas, para cortar y eliminar el material de la superficie del pavimento.

Fuente: (Ecuador, 2014)

4.5.4 Alternativa de intervención a pavimento flexible.

Facilita la eliminación sistemática de estratos deteriorados, constituyendo una fase primordial en la preparación previa a la implementación de capas asfálticas frescas o tratamientos superficiales. La medida y extensión del fresado se ajustan de manera personalizada conforme a los requisitos particulares del proyecto en cuestión. En tema de costos el fresado variara su valor según la extensión de la superficie a fresar, la tecnología empleada, y las condiciones específicas de la carretera, a más de requerir una evaluación estructural.

4.5.5 Aplicación del Fresado

El procedimiento fundamental que implica la remoción controlada de la capa superficial de un pavimento existente. Este proceso se realiza mediante el uso de una fresadora, una maquinaria especializada equipada con cuchillas rotativas, que corta y retira selectivamente el material deteriorado o desgastado de la superficie de la carretera, debe minimizarse las pasadas de la maquinaria. Para su desarrollo previo se considera el

Reglamento de seguridad para la construcción y Obras públicas y la NTE Norma Técnica Ecuatoriana 2266. Se emplea la remoción de asfalto infectado con surcos, huecos, baches y elevaciones, etc.

4.5.6 Colocación de nueva carpeta asfáltica

La colocación de una nueva carpeta de asfalto sobre la vía fresada es un proceso fundamental en el mantenimiento y la mejora de la infraestructura vial. Este proceso se desarrolla siguiendo una secuencia cuidadosamente planificada y ejecutada, que garantiza la calidad y durabilidad del pavimento resultante.

Inicialmente, se realiza la preparación del sitio y el desvío del tráfico para garantizar un entorno seguro para los trabajadores y los usuarios de la vía. Posteriormente, se lleva a cabo una exhaustiva limpieza y barrido de la superficie fresada, eliminando cualquier residuo suelto o material no deseado que pueda afectar la adherencia de la nueva capa de asfalto. Una vez completada la limpieza, se procede a la inspección de la base fresada para verificar su nivelación y la ausencia de defectos significativos que puedan comprometer la integridad de la nueva capa de asfalto. En caso necesario, se aplica una capa delgada de imprimación para mejorar la adherencia entre la base existente y el nuevo pavimento.

5. CONCLUSIONES

Incuestionablemente la evaluación superficial en el pavimento flexible de la Vía C22 desde Avenida Panamericana Norte hasta el sitio Santa Cruz demostró el mal estado en el que se encuentra el pavimento asfáltico, los resultados obtenidos en los ensayos realizados infieren un requerimiento de intervención en la carpeta asfáltica su condición en estructura y fallas presentes enlazan su notable deterioro y siendo agente de un inadecuado servicio de vialidad.

Mediante el análisis realizado se logró constatar que el valor de estabilidad de Marshall promedio del pavimento asfáltico es 850 lbf comparando con el criterio de diseño sugerido por el ministerio de obras públicas para el ensayo Marshall acorde al tráfico medio para el cual fue diseñado; el valor hallado es inferior al valor mínimo de diseño para tráfico liviano siendo 1200 lbf, el porcentaje de asfalto medio obtenido es de 4.06%

no cumple con lo establecido en la Ministerio de transporte y obras públicas en donde especifica que el valor mínimo es de 5.5%.

El valor PCI alcanzado en el análisis tiene un valor de 35 como condición MALO, sería poco práctico considerar que todos los tramos de esta evaluación PCI estaban en mismas condiciones mencionando que se evidenciaron; 2 tramos de estado BUENO, 2 en estado MALO, 3 en estado de MUY MALO y 2 en estado FALLADO, los tipos de falla por PCI de tramos no se enmarca sugerir un tratamiento de categoría única en todo la trayectoria de la vía, al ser el tramo analizado el 12% de la longitud de la vía total, es imprescindible acotar que la zona de estudio es vulnerable a los fallos en su diseño y forma por cargas de tránsito. En la realización de la evaluación se contrasto 7 fallas representativas y reincidentes a lo largo de los tramos de vía y 3 de ellas conforman las principales mencionándolas son: Baches con 27.27%, Depresión 18.18% y 18.18% de Meteorización de agregados.

El fresado es la alternativa de mantenimiento propuesta secuencialmente seguido de la colocación de una carpeta asfáltica nueva, teniendo cuenta que, la incidencia de los defectos encontrados en el tramo de estudio. Analíticamente se conviene que la evaluación realizada enmarco el 12% de la longitud total mediante inspección general de toda la trayectoria vial son las mismas fallas las que se repiten una y otra vez; da cabida a realizar una intervención del 100% de longitud de vía, con una previa evaluación estructural considerándose si se direcciona la vía a un tráfico mayor; que dicho sea de paso al contar con problemas de la estructura de todo el pavimento los gastos se elevarían aún más con metodología del Ministerio de Transporte y Obras públicas. Con relación a lo anterior, las intervenciones planteadas son acorde al mantenimiento de tipo menor y mayor mencionando que ninguna falla contaba con valores mayores a los 100m² por tramo de estudio.

6. RECOMENDACIONES

En virtud de los resultados alcanzados mediante la evaluación superficial se determinó que en los ensayos ejecutados a través de los resultados se afirma que la superficie no cumple con los estándares correspondientes al pavimento asfáltico, no cumple ni en el valor de estabilidad requerido ni el porcentaje de asfalto necesario.

Los resultados PCI dan una categoría de MALO a costo de tener múltiples fallas en relación de densidad de fallas en la carpeta asfáltica y su severidad de media-alta. Al conocer la naturaleza del estado vial los Huecos, Grietas y Depresiones son el defecto más recurrente acotando los Parches presentes en la vía evidencian un tratamiento previo en fallas anteriores. La aplicación de alternativas a la rehabilitación en base al PCI obtenido acota a una necesidad de rehabilitación se debe considerar las condiciones de fallas y los tipos de falla más recurrentes.

Contrastando la condición del pavimento mediante el estudio realizado; la cantidad de defectos presentes en el asfalto y su intervención de rehabilitación infiere que cabe la posibilidad de exponer que la capa de rodadura en condiciones actuales no cumple con la demanda de esfuerzos que se generan en este punto geográfico en el cual presenta caseríos. Cabe mencionar que la intervención recomendada de colocación de una nueva carpeta asfáltica va a subsanar el problema existente en la vía, pero no es suficiente en caso de haber un tránsito de vehículos para el que no fue diseñado este pavimento flexible. Desde la intervención técnica precisa elaborar los estudios de suelo correspondiente a las capas que conforman la estructura del pavimento para que pueda ser funcional ante posibles cargas de tráfico pesada o extra pesada que pudiesen ocurrir en eventualidades no comunes en el tráfico. Abordar la problemática superficial carecería de utilidad si la raíz del inconveniente reside en las deficiencias estructurales de la infraestructura del pavimento.

Referencias

- Alcaldía El Guabo-2020. (2020-2030). Actualización del Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial y diagnóstico base de uso y gestión del suelo del cantón E Guabo. *Municipalidad de El Guabo*.
- Alexis Andrade, G. C. (2021). Efectos de la variabilidad de los datos iniciales en el índice de condición del pavimento y predicción de su deterioro. *Scielo*.
- Ayala. (2013). Evaluación no destructiva de pavimentos mediante el georadar (Espesores de estructura) con aplicación en las vías urbanas de Quito. *Scielo*.
- BASIL. (2005). *Pavement Condition Index Method*.
- Bladimiro, F.-D. V., & Estuardo, M.-C. (2023). EVALUACIÓN FUNCIONAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE EN LA RED VIAL RURAL DE PORTOVIEJO, ECUADOR. *Revista Multidisciplinaria YACHASUNI*.
- Boris Enrique Oblitas-Gastelo¹, I. M. (2022). Índice de regularidad internacional e índice de condición de pavimento para definir niveles de serviciabilidad de pavimentos. *Scielo*.
- Castro Chuyo, I. d. (2021). Tecnologías empleadas en la evaluación de. *Llamkasun*.
- Castro-Muñoz. (2021). *Tecnologías empleadas en la evaluación de pavimentos e impacto que han generado*. Llamkasun.
- Comunicaciones-Perú, M. d. (2019). Estado de la red vial nacional. *PVN*.
- Ecuador, M. d. (2014).
- Guerra-Rojas, R. A. (2021). Análisis del comportamiento de tensiones máximas inducidas en pavimentos rígidos debido al reemplazo parcial de losas. *Scielo*.
- Guevara, L. V. (2016). *Tipos de Tratamientos Superficiales para Mantenimiento Vial para Pavimento Flexible*.
- HENRY, P. C. (2023). ANÁLISIS DEL PAVIMENTO DE LA AVENIDA CIRCUNVALACIÓN.
- Hernández, A. L. (2022). *Rehabilitación vial con pavimento flexible reciclado*. CD MX. : UNAM DEPARTAMENTO DE ESPECIALIDADES.

- J Staub de Melo, I. T. (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. *Scielo*.
- Lauro Patricio Cango Mena, B. A. (2020). Evaluación del desgaste de pavimento flexible mediante el uso de fotogrametría de corto alcance. *Dialnet*.
- Leiva, F., Perez, E., & Aguiar, J. y. (2017). Modelo de deformación permanente para la evaluación de la condición del pavimento. *Scielo*.
- Leiva-Vargas. (2018). *Permanent deformation and deflection relationship from pavement condition assessment*. ScienceDirect.
- Loría Salazar, G. B. (2014). Vigésimoprimer informe de estado de la nación en desarrollo humano sostenible: Implicaciones en infraestructura y transporte. *Informe a la Nación-Costa Rica*.
- Lu, G. W. (2019). The environmental impact evaluation on the application of permeable pavement based on life cycle analysis. *International Journal of Transportation Science and Technology*, 8(4), 351-357.
- Luis Alfonso Moreno Ponce, E. E. (2020). Sistema para la recomendación del mantenimiento vial a partir de las condiciones del pavimento.
- Mera, W. V. (2017). Ecuador earthquake of moment magnitude mw7. 8: Overview and damage report. In *Key Engineering Materials*. Vol. 747, pagina 662-669.
- MONTOYA, M. A. (2016). DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DESDE EL CRUCE LA INDIANA HASTA EL RECINTO "LUZ DE AMÉRICA" EN EL CANTON NARANJAL, PROVINCIA DEL GUAYAS. . *UG*.
- Moreira., J. J. (2018). Consecuencias de Cargas Excesivas Para los Pavimentos de la Red Rodoviaria de Ecuador. *Incoline*.
- Moreno, L. P. (2018). Mantenimiento y conservación de carreteras: . *Tomo II. Alicante, España: 3Ciencias Editorial Área de Innovación y Desarrollo, S.L.*

- Oblitas-Gastelo, B. E., Medina-Cardozo, I. I., & Paredes-Asalde, C. R. (2022). Índice de regularidad internacional e índice de condición de pavimento para definir niveles de serviciabilidad de pavimentos. *Scielo*.
- Peter Leonard Reyes Estrella, E. J. (2022). Diseño Y Trazado Geométrico De La Calle Benalcázar En La Ciudad De Huaquillas. *Cujae*.
- RÍOS, E. E., & SANCÁN, C. A. (2018). EVALUACION ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA CALLE EL ORO ENTRE LA AVENIDA LOS CHIRIJOS Y VICTOR EMILIO ESTRADA DE LA CIUDAD DE MILAGRO, PROVINCIA DEL GUAYAS. .
- Santiago, L. D. (2018). Determinação do dano em pavimentos asfálticos por meio da combinação do modelo S-VECD com análises elásticas. *TRANSPORTES*, 26(2), 31–43. *Revista Transporte*.
- Silva-Balaguera. (2019). *Gestión de pavimentos basado en sistemas de información geográfica (sig): una revisión* . Ingenieria Solidaria.
- 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. *Dialnet*.
- Sleyther Arturo De La Cruz Vega, G. A. (2021). Diseño de infraestructura vial con pavimento flexible para mejora de transitabilidad de la avenida Industrial, Lurín, Lima. *Revistas UM*.
- Vásquez, V. (2002). Automatización del cálculo del Índice de Condición del Pavimento.
- Zarate, C. (2021). *Evaluación del desgaste de pavimento flexible mediante el uso de fotogrametría de corto alcance*. Revistas Unilibre.



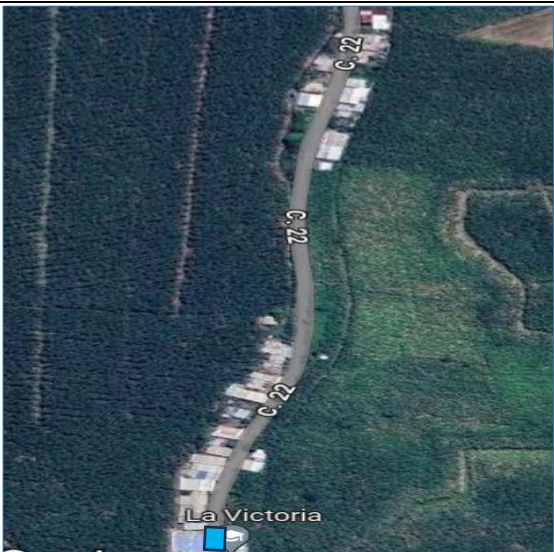

ANEXO X1.-

ANEXOS ENSAYOS REALIZADOS





ANEXO EVALUACIÓN POR TRAMOS

Anexo 1. Valores deducidos en tramo 1.



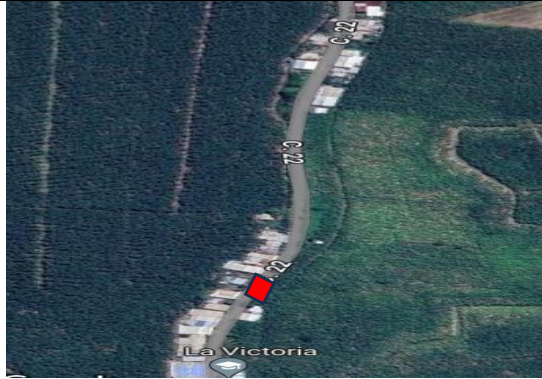

 UNIVERSIDAD TECNICA DE MACHALA 						
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL						
EVALUACIÓN PCI (Pavement Condition Index)						
Evaluado por:	Angel Danilo Ocampo Armijos	Vía/Carretera:	Vía C22 entre Panamericana Norte y Sitio Santa Cruz.			
Fecha:	12/01/2024					
Abcisa inicial:	0+000	Abcisa:	0+046	Tipo de Pavimento: Pavimento Flexible		
Área de tramo (m²):	230.00	N° Tamo:	1			
UBICACIÓN DE LA MUESTRA N°1 TRAMO 1						
						
LISTADO DE FALLAS ENCONTRADAS						
Falla	U	Severidad	Largo m	Ancho m	Prof. m	Total
Pulimento de Agregados	m2		6.50	2.60		16.9
Depresión	m2	H	1.20	1.30		1.56
Baches	m2	H				6
Depresión	m2	M	0.9	0.9		0.81
Pulimento de Agregados	m2		7.3	3.1		22.63
Baches	m2	M				3
Abultamiento y Hundimiento	m	H	1.2			1.2
Meteorización y desprendimiento de agregados	m2	H	5.8	2.7		15.66
VALORES DEDUCIDOS DE FALLAS ENCONTRADAS						

Tipo de Falla		U	Severidad	Total	Densidad	VD	VDT	Q													
Pulimento de Agregados		m2		39.53	17.19	6	194	7													
Depresión		m2	H	1.56	0.68	17															
Baches		m2	H	6	3.25	79															
Depresión		m2	M	0.81	0.35	8															
Baches		m2	M	3	0.46	20															
Abultamiento y Hundimiento		m	H	1.2	0.52	28															
Meteorización y desprendimiento de agregados		m2	H	15.66	6.81	36	m	3													
VALORES DEDUCIDOS							TDV	q	CDV												
79	36	28	20	17	8	6												194	7	83	
79	36	28	20	17	8	2													190	6	88
79	36	28	20	17	2	2													184	5	90
79	36	28	20	2	2	2													169	4	92
79	36	28	2	2	2	2													151	3	89
79	36	2	2	2	2	2													125	2	85
79	2	2	2	2	2	2													91	1	91
																			CDV MAX		92
																			PCI		8
																			Clasificación		
																			FALLADO		





Anexo 2. Valores deducidos en tramo 3.

Evaluado por:		Angel Danilo Ocampo Armijos		Vía/Carretera:		Vía C22 entre Panamericana Norte y Sitio Santa Cruz.												
Fecha:		12/01/2024																
Abcisa inicial:		0+092	Abcisa:		0+138	Tipo de Pavimento:		Pavimento Flexible										
Área de tramo (m ²):		230.00	N° Tamo:		3													
UBICACIÓN DE LA MUESTRA N°2 TRAMO 3																		
																		
LISTADO DE FALLAS ENCONTRADAS																		
Falla	U	Severidad	Largo m	Ancho m	Prof. m	Total												
Pulimento de Agregados	m2		8	3		24												
Depresión	m2	M	0.80	0.2		0.16												
Depresión	m2	M	0.5	0.3		0.15												
Baches	m2	H	1.2	0.7		0.84												
Baches	m2	M	0.7	0.4		0.28												
Baches	m2	M	0.4	0.4		0.16												
Grieta Transversal	m	M	5			5												
VALORES DEDUCIDOS DE FALLAS ENCONTRADAS																		
Tipo de Falla	U	Severidad	Total	Densidad	VD	VDT	Q											
Pulimento de Agregados	m2		24	10.43	4	64	5											
Depresión	m2	M	0.31	0.13	8													
Grieta Transversal	m	M	5	2.17	8													
Baches	m2	H	0.84	0.37	35													
Baches	m2	M	0.44	0.19	9													
						m	6.9											
CALCULO DE PCI																		
VALORES DEDUCIDOS																TDV	q	CDV
35	9	8	8	4												64	5	32
35	9	8	8	2												62	4	34
35	9	8	2	2												56	3	36
35	9	2	2	2												50	2	37
35	2	2	2	2												43	1	42
																CDV MAX		42
																PCI		58
																Clasificación		
																BUENO		





Anexo 3. Valores deducidos en tramo 5.

 									
UNIVERSIDAD TECNICA DE MACHALA									
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL									
EVALUACIÓN PCI (Pavement Condition Index)									
Evaluado por:	Angel Danilo Ocampo Armijos								
Vía/Carretera:	Vía C22 entre Panamericana Norte y Sitio Santa Cruz.								
Fecha:	12/01/2024								
Abcisa inicial:	0+184								
Abcisa:	0+230								
Tipo de Pavimento:	Pavimento Flexible								
Área de tramo (m²):	230.00								
Nº Tamo:	5								
UBICACIÓN DE LA MUESTRA N°3 TRAMO 5									
									
LISTADO DE FALLAS ENCONTRADAS									
Falla	U	Severidad	Largo m	Ancho m	Prof. m	Total			
Meteorización y desprendimientos de Agregados	m2	H	3.3	1.2		3.96			
Baches	m2	H	2.3	0.6		1.38			
Baches	m2	M	2.6	1.2		3.12			
Pulimento de agregados	m2		7	5		35			
Baches	m2	H	3.9	1.7		6.63			
Pulimento de agregados	m2		8	5		40			
Grieta Longitudinal	m	L	4			4			
VALORES DEDUCIDOS DE FALLAS ENCONTRADAS									
Tipo de Falla	U	Severidad	Total	Densidad	VD	VDT	Q		
Meteorización y desprendimientos de Agregados	m2	H	3.96	1.72	19	137	5		
Baches	m2	H	8.1	3.52	78				
Baches	m2	M	3.12	1.36	36				
Pulimento de agregados	m2		75	32.61	2				
Grieta Longitudinal	m	L	4	1.74	2	m			
CALCULO DE PCI									
VALORES DEDUCIDOS							TDV	Q	CDV
78	36	19	2	2			137	5	70
78	36	19	2	2			137	4	76
78	36	19	2	2			137	3	81
78	36	2	2	2			120	2	82
78	2	2	2	2			86	1	85
							CDV MAX		85
							PCI		15
							Clasificación		
							MUY MALO		





Anexo 4. Valores deducidos en tramo 7.

 								
UNIVERSIDAD TECNICA DE MACHALA								
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL								
EVALUACIÓN PCI (Pavement Condition Index)								
Evaluado por:	Angel Danilo Ocampo Armijos							
Vía/Carretera:	Vía C22 entre Panamericana Norte y Sitio Santa Cruz.							
Fecha:	12/01/2024							
Abcisa inicial:	0+276							
Abcisa:	0+322							
Tipo de Pavimento:	Pavimento Flexible							
Área de tramo (m²):	230.00							
N° Tramo:	7							
UBICACIÓN DE LA MUESTRA N°4 TRAMO 7								
								
LISTADO DE FALLAS ENCONTRADAS								
Falla	U	Severidad	Largo m	Ancho m	Prof. m	Total		
Meteorización y desprendimientos de Agregados	m2	H	5	5		25		
Baches	m2	H	1.8	0.8		1.44		
Depresión	m2	M	2.2	2.4		5.28		
Baches	m2	M	3.9	2.1		8.19		
Baches	m2	M	1.8	2.8		5.04		
Depresión	m2	H	2.9	2.5		7.25		
VALORES DEDUCIDOS DE FALLAS ENCONTRADAS								
Tipo de Falla	U	Severidad	Total	Densidad	VD	VDT	Q	
Meteorización y desprendimientos de Agregados	m2	H	25	10.87	42	192	5	
Baches	m2	H	1.44	0.63	43			
Depresión	m2	M	5.28	2.3	11			
Baches	m2	M	13.23	5.75	72			
Depresión	m2	H	7.25	3.15	24			
						m		
CALCULO DE PCI								
VALORES DEDUCIDOS						TDV	q	CDV
72	43	42	24	11		192	5	92
72	43	42	24	2		183	4	95
72	43	42	2	2		161	3	94
72	43	2	2	2		121	2	82
72	2	2	2	2		80	1	79
						CDV MAX		95
						PCI		5
Clasificación FALLADO								


Anexo 5. Valores deducidos en tramo 9.

 															
UNIVERSIDAD TECNICA DE MACHALA															
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL															
EVALUACIÓN PCI (Pavement Condition Index)															
Evaluado por:		Angel Danilo Ocampo Armijos					Vía/Carretera:		Vía C22 entre Panamericana Norte y Sitio Santa Cruz.						
Fecha:		12/01/2024													
Abcisa inicial:		0+368		Abcisa:		0+414		Tipo de Pavimento:		Pavimento Flexible					
Área de tramo (m ²):		230.00		N° Tamo:		9									
UBICACIÓN DE LA MUESTRA N°5 TRAMO 9															
															
LISTADO DE FALLAS ENCONTRADAS															
Falla		U	Severidad	Largo m	Ancho m	Prof. m	Total								
Meteorización y desprendimientos de Agregados		m2	H	12	5		60								
Baches		m2	M	1.6	0.9		1.44								
Depresión		m2	M	1.7	1.1		1.87								
Pulimento de agregados		m2		19	5		95								
Baches		m2	H	1.1	0.8		0.88								
VALORES DEDUCIDOS DE FALLAS ENCONTRADAS															
Tipo de Falla		U	Severidad	Total	Densidad	VD	VDT	Q							
Meteorización y desprendimientos de Agregados		m2	H	60	26.09	58	156	5							
Baches		m2	M	1.44	0.63	43									
Depresión		m2	M	1.87	0.81	8									
Pulimento de agregados		m2		70	41.30	11									
Baches		m2	H	0.88	0.38	36	m								
CALCULO DE PCI															
VALORES DEDUCIDOS												TDV	q	CDV	
58	43	36	11	8									156	5	80
58	43	36	11	2									150	4	84
58	43	36	2	2									141	3	84
58	43	2	2	2									107	2	75
58	2	2	2	2									66	1	65
												CDV MAX		84	
												PCI		16	
												Clasificación			
												MUY MALO			



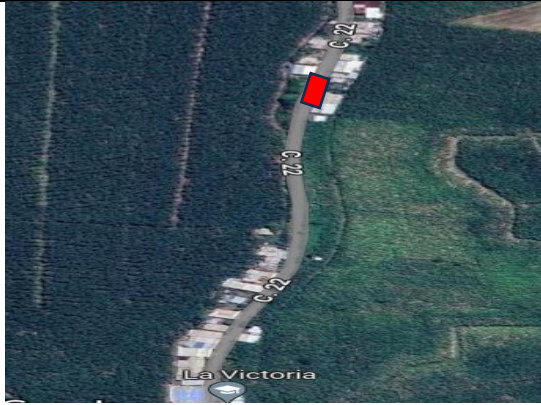

Anexo 6. Valores deducidos en tramo 11.

 								
UNIVERSIDAD TECNICA DE MACHALA								
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL								
EVALUACIÓN PCI (Pavement Condition Index)								
Evaluado por:	Angel Danilo Ocampo Armijos							
Vía/Carretera:	Vía C22 entre Panamericana Norte y Sitio Santa Cruz.							
Fecha:	12/01/2024							
Abcisa inicial:	0+460							
Abcisa:	0+506							
Tipo de Pavimento:	Pavimento Flexible							
Área de tramo (m²):	230.00							
N° Tamo:	11							
UBICACIÓN DE LA MUESTRA N°6 TRAMO 11								
								
LISTADO DE FALLAS ENCONTRADAS								
Falla	U	Severidad	Largo m	Ancho m	Prof. m	Total		
Baches	m2	M	0.7	0.4		0.28		
Grieta Longitudinal	m	H	1.3			1.3		
Depresión	m2	M	1.8	0.6		1.08		
Baches	m2	H	0.6	1.5		0.9		
Parcheo	m2	L	2.7	1.8		4.86		
VALORES DEDUCIDOS DE FALLAS ENCONTRADAS								
Tipo de Falla	U	Severidad	Total	Densidad	VD	VDT	Q	
Baches	m2	M	0.28	0.12	6	62	5	
Grieta Longitudinal	m	H	1.3	0.57	6			
Depresión	m2	M	1.08	0.47	8			
Baches	m2	H	0.9	0.39	36			
Parcheo	m2	L	4.86	2.11	6	m		
CALCULO DE PCI								
VALORES DEDUCIDOS						TDV	q	CDV
36	8	6	6	6		62	5	31
36	8	6	6	2		58	4	32
36	8	6	2	2		54	3	34
36	8	2	2	2		50	2	38
36	2	2	2	2		44	1	44
						CDV MAX		44
						PCI		56
						Clasificación		
						BUENO		



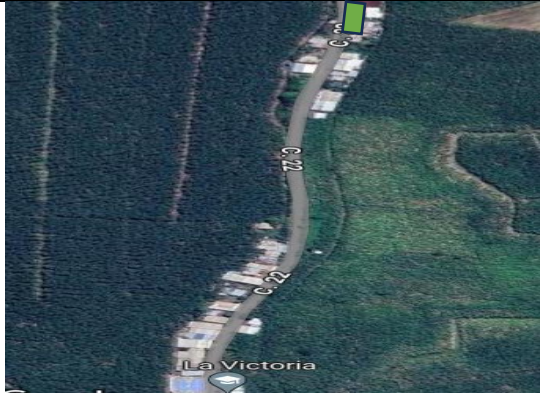

Anexo 7. Valores deducidos en tramo 13.

 															
UNIVERSIDAD TECNICA DE MACHALA															
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL															
EVALUACIÓN PCI (Pavement Condition Index)															
Evaluado por:	Angel Danilo Ocampo Armijos														
Vía/Carretera:	Vía C22 entre Panamericana Norte y Sitio Santa Cruz.														
Fecha:	12/01/2024														
Abcisa inicial:	0+552														
Abcisa:	0+598														
Tipo de Pavimento:	Pavimento Flexible														
Área de tramo (m²):	230.00														
N° Tamo:	13														
UBICACIÓN DE LA MUESTRA N°7 TRAMO 13															
															
LISTADO DE FALLAS ENCONTRADAS															
Falla	U	Severidad	Largo m	Ancho m	Prof. m	Total									
Baches	m2	H	0.5	2.2		1.1									
Meteorización de agregados	m	H	9	2.5		22.5									
Baches	m2	M	0.8	0.7		0.56									
Parqueo	m2	L	2.2	2		4.4									
Baches	m2	H	1.6	1.2		1.92									
Meteorización y desprendimientos de Agregados	m2	M	2.8	5		14									
VALORES DEDUCIDOS DE FALLAS ENCONTRADAS															
Tipo de Falla	U	Severidad	Total	Densidad	VD	VDT	Q								
Baches	m2	H	3.02	1.31	56	127	5								
Meteorización de agregados	m	H	22.5	9.78	41										
Baches	m2	M	0.56	0.24	12										
Parqueo	m2	L	4.4	1.91	4										
Meteorización y desprendimientos de Agregados	m2	M	14	6.09	14	m									
CALCULO DE PCI															
VALORES DEDUCIDOS													TDV	Q	CDV
56	41	14	12	4									127	5	66
56	41	14	12	2									125	4	72
56	41	14	2	2									115	3	73
56	41	2	2	2									103	2	73
56	2	2	2	2									64	1	64
													CDV MAX		73
													PCI		27
Clasificación															
MALO															

Anexo 8. Valores deducidos en tramo 15.











 															
UNIVERSIDAD TECNICA DE MACHALA															
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL															
EVALUACIÓN PCI (Pavement Condition Index)															
Evaluado por:	Angel Danilo Ocampo Armijos														
Vía/Carretera:	Vía C22 entre Panamericana Norte y Sitio Santa Cruz.														
Fecha:	12/01/2024														
Abcisa inicial:	0+644														
Abcisa:	0+690														
Tipo de Pavimento:	Pavimento Flexible														
Área de tramo (m²):	230.00														
N° Tamo:	15														
UBICACIÓN DE LA MUESTRA N8 TRAMO 15															
															
LISTADO DE FALLAS ENCONTRADAS															
Falla	U	Severidad	Largo m	Ancho m	Prof. m	Total									
Baches	m2	M	0.4	0.5		0.2									
Meteorización de agregados	m2	H	16	2.5		40									
Depresión	m2	H	0.7	0.5		0.35									
Baches	m2	M	1.4	0.7		0.98									
Meteorización de agregados	m2	H	5	2.5		12.5									
Baches	m2	H	1.8	1.4		2.52									
Grieta Longitudinal	m	M	1.7			1.7									
VALORES DEDUCIDOS DE FALLAS ENCONTRADAS															
Tipo de Falla	U	Severidad	Total	Densidad	VD	VDT	Q								
Baches	m2	M	1.18	0.51	21	143	5								
Meteorización y desprendimiento de agregados	m2	H	52.5	22.83	55										
Depresión	m2	H	0.35	0.15	13										
Baches	m2	H	2.52	1.1	52	m									
Grieta Longitudinal	m	M	1.7	0.74	2										
CALCULO DE PCI															
VALORES DEDUCIDOS													TDV	Q	CDV
55	52	21	13	2									143	5	74
55	52	21	13	2									143	4	80
55	52	21	2	2									132	3	80
55	52	2	2	2									113	2	78
55	2	2	2	2									63	1	63
													CDV MAX		80
													PCI		20
													Clasificación		
													MUY MALO		

Anexo 9. Valores deducidos en tramo 17.










 															
UNIVERSIDAD TECNICA DE MACHALA															
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL															
EVALUACIÓN PCI (Pavement Condition Index)															
Evaluado por:	Angel Danilo Ocampo Armijos					Vía/Carretera:	Vía C22 entre Panamericana Norte y Sitio Santa Cruz.								
Fecha:	12/01/2024														
Abcisa inicial:	0+736		Abcisa:	0+780		Tipo de Pavimento:	Pavimento Flexible								
Área de tramo (m²):	230.00		N° Tamo:	17											
UBICACIÓN DE LA MUESTRA N8 TRAMO 17															
															
LISTADO DE FALLAS ENCONTRADAS															
Falla	U	Severidad	Largo m	Ancho m	Prof. m	Total									
Baches	m2	H	1.2	1.1		1.32									
Baches	m2	M	1.3	1.2		1.56									
Baches	m2	M	0.9	0.8		0.72									
Baches	m2	M	1.3	0.9		1.17									
Parqueo	m2	M	1.4	1.8		2.52									
VALORES DEDUCIDOS DE FALLAS ENCONTRADAS															
Tipo de Falla	U	Severidad	Total	Densidad	VD	VDT	Q								
Baches	m2	H	1.32	0.57	42	90	3								
Baches	m2	M	3.45	1.5	38										
Parqueo	m2	M	2.52	1.10	10										
						m									
CALCULO DE PCI															
VALORES DEDUCIDOS												TDV	Q	CDV	
42	38	10											90	3	58
42	38	2											82	2	60
42	2	2											48	1	48
													CDV MAX		60
													PCI		40
Clasificación MALO															

2.- Registro de fallas mediante imágenes tomadas in situ.












Anexo 10.- Nomina de registro de fallas en pavimento

 UNIVERSIDAD TECNICA DE MACHALA 						
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL						
EVALUACIÓN PCI (Pavement Condition Index)						
Evaluado por:	Angel Danilo Ocampo Armijos					
Vía/Carretera:	Vía C22 entre Panamericana Norte y Sitio Santa Cruz.					
Fecha:	12/01/2024					
Abcisa inicial:	0+00					
Abcisa:	0+046					
Tipo de Pavimento:	Pavimento Flexible					
Área de tramo (m²):	230.00					
Nº Tamo:	1					
REGISTRO DE FALLAS EN EL PAVIMENTO FLEXIBLE						
Falla	U	Severidad	Largo m	Ancho m	Prof. m	Total
Pulimento de Agregados	m2		6.50	2.60		16.9
Depresión	m2	H	1.20	1.30		1.56
Baches	m2	H				6
Depresión	m2	M	0.9	0.9		0.81
Pulimento de Agregados	m2		7.3	3.1		22.63
Baches	m2	M				3
Abultamiento y Hundimiento	m	H	1.2			1.2
Meteorización y desprendimiento de agregados	m2	H	5.8	2.7		15.66
Inventario de fallas correspondientes del tramo 1.						
						
Pulimento de Agregados	Depresión	Baches				
						
Depresión	Baches	Baches				
						
Abultamiento y Hundimiento	Meteorización de agregados					












Anexo 11.- Nomina de registro de fallas en pavimento correspondiente al tramo 3

 						
UNIVERSIDAD TECNICA DE MACHALA						
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL						
EVALUACIÓN PCI (Pavement Condition Index)						
Evaluado por:	Angel Danilo Ocampo Armijos					
Vía/Carretera:	Vía C22 entre Panamericana Norte y Sitio Santa Cruz.					
Fecha:	12/01/2024					
Abcisa inicial:	0+092					
Abcisa:	0+138					
Tipo de Pavimento:	Pavimento Flexible					
Área de tramo (m²):	230.00					
Nº Tamo:	3					
REGISTRO DE FALLAS EN EL PAVIMENTO FLEXIBLE						
Falla	U	Severidad	Largo m	Ancho m	Prof. m	Total
Pulimento de Agregados	m2		8	3		24
Depresión	m2	M	0.80	0.2		0.16
Depresión	m2	M	0.5	0.3		0.15
Baches	m2	H	1.2	0.7		0.84
Baches	m2	M	0.7	0.4		0.28
Baches	m2	M	0.4	0.4		0.16
Grieta Transversal	m	M	5			5
Inventario de fallas correspondientes del tramo 3.						
  						
<p>Pulimento de Agregados Depresión Depresión</p>						
  						
<p>Baches Baches Baches</p>						
						
<p>Grieta Transversal</p>						















Anexo 12.- Nomina de registro de fallas en pavimento correspondiente al tramo 5

 						
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MACHALA						
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL						
EVALUACIÓN PCI (Pavement Condition Index)						
Evaluado por:	Angel Danilo Ocampo Armijos					
Fecha:	12/01/2024					
Via/Carretera:	Vía C22 entre Panamericana Norte y Sitio Santa Cruz.					
Abcisa inicial:	0+184					
Abcisa:	0+230					
Área de tramo (m²):	230.00					
Nº Tamo:	5					
Tipo de Pavimento:	Pavimento Flexible					
REGISTRO DE FALLAS EN EL PAVIMENTO FLEXIBLE						
Falla	U	Severidad	Largo m	Ancho m	Prof. m	Total
Meteorización y desprendimientos de Agregados	m2	H	3.3	1.2		3.96
Baches	m2	H	2.3	0.6		1.38
Baches	m2	M	2.6	1.2		3.12
Pulimento de agregados	m2		7	5		35
Baches	m2	H	3.9	1.7		6.63
Pulimento de agregados	m2		8	5		40
Grieta Longitudinal	m	L	4			4
Inventario de fallas correspondientes del tramo 5.						
						
Meteorización de Agregados	Baches	Pulimento de Agregados				
						
Baches	Baches	Baches				
						
Baches	Pulimento de agregados	Grieta Longitudinal				



Anexo 13.- Nomina de registro de fallas en pavimento correspondiente al tramo 7

 						
UNIVERSIDAD TECNICA DE MACHALA						
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL						
EVALUACIÓN PCI (Pavement Condition Index)						
Evaluado por:	Angel Danilo Ocampo Armijos					
Vía/Carretera:	Vía C22 entre Panamericana Norte y Sitio Santa Cruz.					
Fecha:	12/01/2024					
Abcisa inicial:	0+276					
Abcisa:	0+322					
Tipo de Pavimento:	Pavimento Flexible					
Área de tramo (m²):	230.00					
Nº Tamo:	7					
REGISTRO DE FALLAS EN EL PAVIMENTO FLEXIBLE						
Falla	U	Severidad	Largo m	Ancho m	Prof. m	Total
Meteorización y desprendimientos de Agregados	m2	H	5	5		25
Baches	m2	H	1.8	0.8		1.44
Depresión	m2	M	2.2	2.4		5.28
Baches	m2	M	3.9	2.1		8.19
Baches	m2	M	1.8	2.8		5.04
Depresión	m2	H	2.9	2.5		7.25
Inventario de fallas correspondientes del tramo 7.						
						
Meteorización de Agregados	Baches	Depresión				
						
Baches	Baches	Baches				
						
Baches	Baches	Depresión				









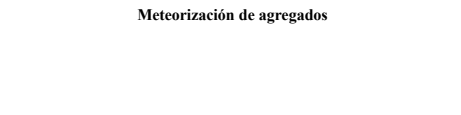
Anexo 14.- Nomina de registro de fallas en pavimento correspondiente al tramo 9

 UNIVERSIDAD TECNICA DE MACHALA 						
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL						
EVALUACIÓN PCI (Pavement Condition Index)						
Evaluado por:	Angel Danilo Ocampo Armijos					
Vía/Carretera:	Vía C22 entre Panamericana Norte y Sitio Santa Cruz.					
Fecha:	12/01/2024					
Abcisa inicial:	0+368					
Abcisa:	0+414					
Tipo de Pavimento:	Pavimento Flexible					
Área de tramo (m²):	230.00					
N° Tamo:	9					
REGISTRO DE FALLAS EN EL PAVIMENTO FLEXIBLE						
Falla	U	Severidad	Largo m	Ancho m	Prof. m	Total
Meteorización y desprendimientos de Agregados	m2	H	12	5		60
Baches	m2	M	1.6	0.9		1.44
Depresión	m2	M	1.7	1.1		1.87
Pulimento de agregados	m2		19	5		95
Baches	m2	H	1.1	0.8		0.88
Inventario de fallas correspondientes del tramo 9.						
<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">  <p>Meteorización de agregados</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>Baches</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>Depresión</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>Baches</p> </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 10px;"> <div style="text-align: center;">  <p>Baches</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>Baches</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>Baches</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>Baches</p> </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 10px;"> <div style="text-align: center;">  <p>Baches</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>Pulimento de agregado</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>Pulimento de agregado</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>Baches</p> </div> </div>						



Anexo 15.- Nomina de registro de fallas en pavimento correspondiente al tramo 11

		UNIVERSIDAD TECNICA DE MACHALA					
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL							
EVALUACIÓN PCI (Pavement Condition Index)							
Evaluated por:	Angel Danilo Ocampo Armijos			Vía/Carretera:	Vía C22 entre Panamericana Norte y Sitio Santa Cruz.		
Fecha:	12/01/2024						
Abcisa inicial:	0+460	Abcisa:	0+505	Tipo de Pavimento:	Pavimento Flexible		
Área de tramo (m²):	230.00	Nº Tamo:	11				
REGISTRO DE FALLAS EN EL PAVIMENTO FLEXIBLE							
Falla	U	Severidad	Largo m	Ancho m	Prof. m	Total	
Baches	m2	M	0.7	0.4		0.28	
Grieta Longitudinal	m	H	1.3			1.3	
Depresión	m2	M	1.8	0.6		1.08	
Baches	m2	H	0.6	1.5		0.9	
Parqueo	m2	L	2.7	1.8		4.86	
Inventario de fallas correspondientes del tramo 11.							
							
Baches		Baches		Baches		Baches	
Grieta Longitudinal		Depresión		Baches		Parqueo	










Anexo 16.- Nomina de registro de fallas en pavimento correspondiente al tramo 13

 						
UNIVERSIDAD TECNICA DE MACHALA						
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL						
EVALUACIÓN PCI (Pavement Condition Index)						
Evaluado por:	Angel Danilo Ocampo Armijos					
Vía/Carretera:	Vía C22 entre Panamericana Norte y Sitio Santa Cruz.					
Fecha:	12/01/2024					
Abcisa inicial:	0+552					
Abcisa:	0+598					
Tipo de Pavimento:	Pavimento Flexible					
Área de tramo (m²):	230.00					
N° Tamo:	13					
REGISTRO DE FALLAS EN EL PAVIMENTO FLEXIBLE						
Falla	U	Severidad	Largo m	Ancho m	Prof. m	Total
Baches	m2	H	0.5	2.2		1.1
Meteorización de agregados	m	H	9	2.5		22.5
Baches	m2	M	0.8	0.7		0.56
Parqueo	m2	L	2.2	2		4.4
Baches	m2	H	1.6	1.2		1.92
Meteorización de Agregados	m2	M	2.8	5		14
Inventario de fallas correspondientes del tramo 13.						
						
Baches		Meteorización de agregados		Baches		
						
Baches		Meteorización de agregados				
						
Parqueo		Meteorización de agregados				

Anexo 17.- Nomina de registro de fallas en pavimento correspondiente al tramo 15

 							
UNIVERSIDAD TECNICA DE MACHALA							
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL							
EVALUACIÓN PCI (Pavement Condition Index)							
Evaluado por:	Angel Danilo Ocampo Armijos						
Vía/Carretera:	Vía C22 entre Panamericana Norte y Sitio Santa Cruz.						
Fecha:	12/01/2024						
Abcisa inicial:	0+644	Abcisa:	0+690	Tipo de Pavimento:	Pavimento Flexible		
Área de tramo (m²):	230.00	N° Tamo:	15				
REGISTRO DE FALLAS EN EL PAVIMENTO FLEXIBLE							
Falla	U	Severidad	Largo m	Ancho m	Prof. m	Total	
Baches	m2	M	0.4	0.5		0.2	
Meteorización de agregados	m2	H	16	2.5		40	
Depresión	m2	H	0.7	0.5		0.35	
Baches	m2	M	1.4	0.7		0.98	
Meteorización de agregados	m2	H	5	2.5		12.5	
Baches	m2	H	1.8	1.4		2.52	
Grieta Longitudinal	m	M	1.7			1.7	
Inventario de fallas correspondientes del tramo 15.							
							
Baches		Meteorización de agregados		Depresión		Baches	
							
Meteorización de agregados		Baches		Baches			
							
Grieta Longitudinal							

Anexo 18.- Nomina de registro de fallas en pavimento correspondiente al tramo 17

 						
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MACHALA						
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL						
EVALUACIÓN PCI (Pavement Condition Index)						
Evaluado por:	Angel Danilo Ocampo Armijos					
Vía/Carretera:	Vía C22 entre Panamericana Norte y Sitio Santa Cruz.					
Fecha:	12/01/2024					
Abcisa inicial:	0+736	Abcisa:	0+780	Tipo de Pavimento:	Pavimento Flexible	
Área de tramo (m²):	230.00	N° Tamo:	17			
REGISTRO DE FALLAS EN EL PAVIMENTO FLEXIBLE						
Falla	U	Severidad	Largo m	Ancho m	Prof. m	Total
Baches	m2	H	1.2	1.1		1.32
Baches	m2	M	1.3	1.2		1.56
Baches	m2	M	0.9	0.8		0.72
Baches	m2	M	1.3	0.9		1.17
Parqueo	m2	M	1.4	1.8		2.52
Inventario de fallas correspondientes del tramo 17						
						
Baches		Baches		Baches		
						
Baches		Baches				
						
Baches		Baches		Parqueo		