



UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK

FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERÍA CIVIL

**Trabajo de Titulación Previo a la Obtención del Título de
Ingeniero Civil**

**Evaluación del Pavimento Flexible de la Vía Simiatug, en el Tramo Cruz de Punebata-
Sanjapamba, por el Método de PAVER.**

Bayron Pihuali Sigcha Ayme

Quito, marzo de 2025

DECLARACIÓN JURAMENTADA

Yo, Bayron Pihuali Sigcha Ayme, con cédula de identidad # 020234357-0, declaro bajo juramento que el trabajo aquí desarrollado es de mi autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración, cedo mis derechos de propiedad intelectual que correspondan relacionados a este trabajo, a la UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su reglamento y por la normativa institucional vigente.

D. M. Quito, marzo de 2025

Bayron Pihuali Sigcha Ayme

Correo electrónico: bpsigcha.civ@uisek.edu.ec

DECLARATORIA

El presente trabajo de investigación titulado:

**“Evaluación del Pavimento Flexible de la Vía Simiatug, en el Tramo Cruz
de Punebata-Sanjapamba, por el Método PAVER”**

Realizado por:

BAYRON PIHUALI SIGCHA AYME

como Requisito para la Obtención del Título de:

INGENIERO CIVIL

ha sido dirigido por el profesor

HUGO MARCELO OTAÑEZ

quien considera que constituye un trabajo original de su autor

FIRMA



Evaluación del Pavimento Flexible de la Vía Simiatug, en el Tramo Cruz de Punebata-Sanjapamba, por el Método PAVER.

Por

Bayron Pihuali Sigcha Ayme

Marzo 2025

Aprobado:

Hugo M. Otañez G., Tutor

Primer Nombre, Inicial, Primer Apellido, Inicial, Presidente del Tribunal

Primer Nombre, Inicial, Primer Apellido, Inicial, Miembro del Tribunal

Primer Nombre, Inicial, Primer Apellido, Inicial, Miembro del Tribunal

Aceptado y Firmado: _____ día, mes, año

Hugo M. Otañez G.

Aceptado y Firmado: _____ día, mes, año

Primer Nombre, Inicial, Primer Apellido, Inicial.

Aceptado y Firmado: _____ día, mes, año

Primer Nombre, Inicial, Primer Apellido, Inicial.

_____ día, mes, año

Primer Nombre, Inicial, Primer Apellido, Inicial.

Presidente(a) del Tribunal

Universidad Internacional SEK

Dedicatoria

A Dios, por guiarme durante mi camino académico y protegerme de todo mal. Para mi Mamá por apoyarme en todo este tiempo, enseñarme a no rendir y ser fuerte. A mi hermosa hija por ser ese angelito que me motiva sobre todo ilumina mi vida llenándome de alegría. Mis hermanos que siempre están pendientes de mis pasos, por ser esos amigos en quien confiar. A mi amada mujer por ser ese parte de mi vida brindándome su ternura y motivándome para triunfar como profesional.

Agradecimiento

A papá Dios guiarme y abandonarme en los momentos difíciles, por darme salud y vida para compartir junto a mi familia cada meta que voy cumpliendo, llenando de bendiciones a mis seres queridos.

A mi mamá, Carmen Ayme por su compañía, su amor y paciencia de guiarnos para ser fuertes ante las adversidades.

Mi padre, desde cielo por cuidarme y derramar sus bendiciones.

Mis hermanos, por ser amigos que puedo contar con ellos en todo momento, en especial a mi hermano Xavier Sigcha, por asumir ese rol de padre y siempre estuvo pendiente de mí, con su apoyo moral y económico.

Mi esposa, quien estuvo conmigo en mis peores momentos, su amor, su apoyo, incondicional me motivaron a cumplir mi sueño.

Mi hermosa hija, por ser mi motivación para superar y ser mejor persona cada día.

Mis profesores de la Universidad, por compartir todos sus conocimientos, que me han ayudado a mi formación profesional.



Este trabajo de tesis fue realizado bajo el Programa de Investigación:

Nombre de Programa

FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERÍA CIVIL

Y con el financiamiento de

(colocar el que aplique)

Proyecto de Investigación de la Dirección de Investigación e Innovación

DII-UISEK-PXXXXXX_X.X

Resumen

Vía a Simiatug está situada en la provincia de Tungurahua sector Cruz de Punebata en el límite entre la provincia de Tungurahua y la provincia de bolívar. La vía en cuestión es importante para la zona centro del país, esta red vial une las provincias de Tungurahua, Bolivar y Cotopaxi, facilitando el desarrollo económico y social para los sectores rurales de la zona. La red de carreteras es una infraestructura que debe ser capaz de ofrecer a los transportistas un trayecto seguro y cómodo hacia sus destinos durante su recorrido. En base a ello, el presente estudio, pretende evaluar el estado actual del Tramo vial Cruz de Punetaba a Sanjapamba de la vía a Simiatug, utilizando principalmente la inspección visual sustentada en la metodología PAVER. A través de este método, se determina el Índice de Condición del Pavimento (PCI) y se analizan las condiciones del pavimento reportando un inventario de fallas que fundamenta el plan de mantenimiento que se propone para la vía en cuestión y que contribuye al fortalecimiento del nivel socioeconómico de la zona.

Palabras claves: Vía, mantenimiento, pavimento flexible, PAVER, evaluación, fallas.

Abstract

The Simiatug Highway is located in the Cruz de Punebata sector of the Tungurahua province, on the border between the provinces of Tungurahua and Bolívar. The highway in question is important for the central region of the country; this road network connects the provinces of Tungurahua, Bolívar, and Cotopaxi, facilitating economic and social development in the rural areas. The road network is an infrastructure that must be able to offer transporters a safe and comfortable journey to their destinations. Based on this, this study aims to evaluate the current condition of the Cruz de Punebata to Sanjapamba road section of the Simiatug Highway, primarily using visual inspection based on the PAVER methodology. Through this method, the Pavement Condition Index (PCI) is determined and pavement conditions are analyzed, reporting a failure inventory that supports the proposed maintenance plan for the highway in question and contributes to strengthening the area's socioeconomic status.

Keywords: Road, maintenance, flexible pavement, PAVER, evaluation, failures.

Tabla de contenido

Lista de Tablas	xii
Lista de Ilustraciones.....	xiii
CAPÍTULO 1: DEFINICIÓN DEL CASO DE ESTUDIO.....	1
Introducción	2
Planteamiento del problema.....	3
Justificación	5
Objetivos	7
Objetivo general	7
Objetivos específicos	7
Alcance del caso de estudio.	8
CAPÍTULO 2: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	9
Antecedentes	9
Fundamentación conceptual.....	11
Pavimentos	11
Definición.....	12
Estructura básica	12
Clasificación.....	15
Pavimento rígido	16
Pavimento semirrígido	17
Pavimento flexible.	18
Origen y tipos de las fallas en los pavimentos flexibles	20
PCI (índice de condición del pavimento).....	25
Método PAVER.	28

Mantenimiento y rehabilitación de pavimento.	31
Definición.....	31
Generalidades e importancia del mantenimiento vial.	32
Tipos de mantenimiento vial.....	34
CAPÍTULO 3: METODOLOGÍA	38
Delimitación del caso de estudio.	39
Determinación del número de muestras.....	40
Selección de muestras	40
Materiales e Instrumento.....	43
Procedimiento	44
CAPÍTULO 4: PROPUESTA DE MANTENIMIENTO VIAL	48
Resultados del PCI Unidad de Muestra.	52
Discusión y análisis.....	65
Descripción de la propuesta de mantenimiento.	67
CAPÍTULO 5: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	68
CONCLUSIONES	68
RECOMENDACIONES.....	69
BIBLIOGRAFÍA	71
Anexo A. Nivel de severidad descriptos en el Manual del PCI.....	79
Anexo B. ficha de registro de fallas y Resultados del PCI para cada Unidad de Muestra.	
Anexo C. Ábacos de valores deducidos para asfaltos flexible.....	97
Anexo D. Ábacos de valores deducidos corregidos para asfaltos flexible.....	107
Anexos E. Informe fotográfico.....	115

Lista de Tablas

Tabla 1. Fallas de pavimentos flexibles según el manual del PCI.	25
Tabla 2. Rango de calificación del PCI.	28
Tabla 3. Criterios a tener en cuenta para subdividir el pavimento en secciones.	29
Tabla 4. Formulas a utilizar.	30
Tabla 5. Unidades de muestra.	41
Tabla 6. Rango y Clasificación según el PCI	43
Tabla 7. Materiales e instrumentos.	43
Tabla 8. Daño y acción de mantenimiento según el PCI.	47
Tabla 9. Secciones de vía por tramo/pendiente.	48
Tabla 10. Intervalo de muestras.	49
Tabla 11. Tipos de fallas/ muestras.....	53
Tabla 12. Resumen de incidencia de falla por muestra.	54
Tabla 13. Incidencia del PCI.....	55
Tabla 14. Resumen de incidencia del PCI.	56
Tabla 15. Acción /PCI.....	57
Tabla 16. Incidencias de actividad preventivas por tramo.....	58
Tabla 17. Resumen de incidencia de actividades.....	58
Tabla 18. Alternativa de reparación.....	65

Lista de Ilustraciones

Ilustración 1. Tramo vial cruz de Punebata – Sanjapamba (vía a Simiatug)	1
Ilustración 2. Estructura básica del pavimento flexible.	13
Ilustración 3. Clasificación de pavimentos.	15
Ilustración 4. Pavimento rígido.....	17
Ilustración 5. Pavimento flexible.	20
Ilustración 6. Estado del pavimento.....	33
Ilustración 7. Estrategias en la condición del pavimento.....	33
Ilustración 8. Principales actividades mantenimiento rutinario y periódico.....	34
Ilustración 9. Mantenimiento preventivo	35
Ilustración 10. Mantenimiento correctivo.....	36
Ilustración 11. Mantenimiento correctivo.....	37
Ilustración 12. Tramo cruz Punebata – Sanjapamba (levantamiento altimétrico).	39
Ilustración 13. Largo de la muestra en función del ancho de la calzada.	40
Ilustración 14. Formato de recolección de datos.	42
Ilustración 15. Abaco para determinar el valor deducido.	45
Ilustración 16. Abaco para determinar el valor deducido final.....	46
Ilustración 17. Señalización e identificación de unidades de muestra.	50
Ilustración 18. Valores deducidos para asfalto.	51
Ilustración 19. Valores deducidos corregidos para asfalto flexible.	51
Ilustración 20. Comportamiento de fallas (%).	54
Ilustración 21. Comportamiento del PCI (%).	56
Ilustración 22. Comportamiento de las actividades (%).	58

CAPÍTULO 1: DEFINICIÓN DEL CASO DE ESTUDIO

En el presente capítulo se presenta una breve descripción del caso de estudio abordando una breve introducción que da paso al planteamiento del problema. Se exponen las pautas que justifican la investigación con los objetivos que se persiguen en la misma. Luego se enmarca el alcance y la importancia que tiene dicha investigación. Aquí queda declarado que el tramo objeto de estudio cuenta con un total de 8,55 km ubicado en la vía de Simiatug, en el tramo Cruz de Punebata-Sanjapamba. (Ilustración 1).

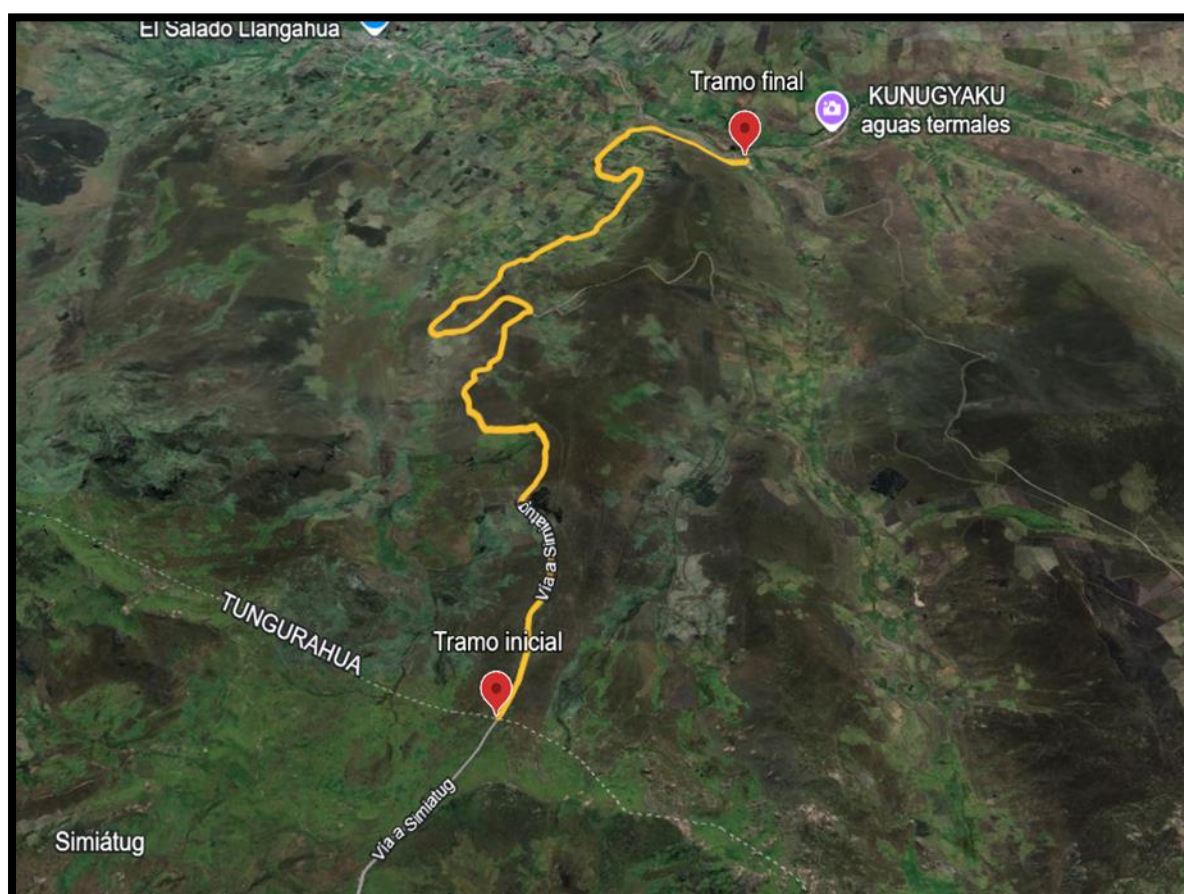


Ilustración 1. Tramo vial cruz de Punebata – Sanjapamba (vía a Simiatug)

Fuente: Elaboración Propia.

Introducción

En cualquier equipamiento o estructura construida las tareas de mantenimiento juegan un papel fundamental para garantizar la durabilidad del o los elementos en cuestión. En el caso específico de la infraestructura vial, este es eficiente para garantizar la seguridad del transportista, al minimizar los riesgos de accidentalidad, y de igual forma favorece el desarrollo económico y social de las comunidades al contribuir a la fluidez del tráfico facilitando el transporte de bienes y servicios.

Tamayo (2024) plantea que un país con una red vial en mal estado afronta situaciones críticas y peligrosas, con gastos extras que no son necesarios para la circulación vehicular, así como también se enfrenta a la necesidad de rehabilitaciones y reconstrucciones que pudieran ser prevenidas. Por esa razón América Latina se esfuerza en gestionar de mejor manera las labores de mantenimiento vial, pues en estas carreteras circulan con frecuencia vehículos de elevado tonelaje, lo cual trae consigo un gran desgaste de la superestructura vial.

Detectar de forma oportuna estos deterioros puede ser una de las formas más viables de enfrentar el problema por ello, la evaluación vial juega un papel preponderante en el mantenimiento adecuado de las vías. Esto implica un análisis exhaustivo del estado actual de las carreteras, considerando variados aspectos como son los deterioros en la calzada. Dicha valoración propicia datos sobre el estado real del pavimento, brindando la posibilidad de asumir medidas oportunas e inmediatas, como mantenimiento, rehabilitación o reconstrucción. Esta evaluación puede ser funcional, relacionada directamente con el confort de los usuarios o estructural, asociada con la capacidad soportante del pavimento (De La Cruz et al., (2022). Es conveniente señalar que estas actividades deben tener un carácter continuo y periódico para estar a tono con los cambios que se producen en los escenarios del tráfico, el clima y prevenir el deterioro prematuro de la vía.

Según apuntes de varios autores las labores requeridas para una gestión más atinada de mantenimiento son procesos que se relacionan entre sí, e implican inicialmente identificar, caracterizar, clasificar y jerarquizar los daños para luego implementar las acciones requeridas. Pudiera decirse que las estrategias a seguir pueden tener un carácter correctivo; o sea, ir reparando los deterioros a medida que aparecen, o un carácter preventivo, ejecutar acciones que retarden o incluso lleguen a impedir la aparición de ciertos daños (Solis, 2024).

En base a ello resulta fácil deducir que un mantenimiento preventivo constituye una de las medidas claves para evitar la presencia de deterioros y daños que pueden ser, entre tantos factores negativos, la causa de accidentes viales.

Planteamiento del problema

En el caso particular de nuestro país Ecuador, aunque se sabe que las tareas de mantenimiento vial son insuficientes si se trabaja de manera sostenida para tratar de brindar los índices de servicio y funcionamiento más altos posibles. Tener una red vial en buen estado es crucial en el logro de un adecuado progreso dentro del territorio. A pesar de ello, tanto en investigaciones de vías urbanas o rurales, se ha obviado el estudio del mantenimiento paulatino, ordenado y planificado dentro de toda la red vial.

Esta situación realmente se ve reflejada en toda la extensión del territorio ecuatoriano, ya sea en mayor o menor medida en dependencia de la importancia que el estado le otorgue a la vía o región en cuestión. Si se realizara una aproximación estimada se podría aseverar que, cerca del 70% de la red vial terciaria y el 75% de la red vial vecinal provincial están en muy mal estado. El Ministerio de Transporte y Obras Públicas (MTOP) de Ecuador señala que las carreteras del país son eficientes, seguras y sostenibles; sin embargo, la realidad apunta a que necesitan mejoras y tratamientos continuos. Precisamente la aplicación de planes de ordenamiento vial, principalmente en aquellas ciudades donde la situación es más crítica, puede

ser una medida que contribuya a mejorar la situación y al mismo tiempo disminuir los gastos (Moya, 2024).

Según informes del Ministerio de Transporte y Obras Públicas (MTOP) de Ecuador, otro tramo de la vía Simiatug fue restaurado la década pasada, con doble tratamiento superficial con carpeta asfáltica y una ampliación de su calzada; beneficiando así a las parroquias de Salinas, Simiatug, Facundo Vela y San Luis de Pambil (MTOP, 2018). Particularmente la vía de Simiatug se ha estudiado en otras oportunidades y se han reconstruidos algunos tramos, debido a la importancia que tiene esta red vial de pavimento flexible para el desarrollo socioeconómico de la zona, sin embargo, los resultados tangibles en el estado de la vía no son los mejores. Por ello la evaluación y el mantenimiento de dicha carretera rural continúan siendo fundamentales para garantizar su operatividad y seguridad.

El efecto de los vehículos sobre el pavimento genera solicitudes que irremediablemente producen fatiga y esto es inevitable, pues la acción repetitiva de las cargas del tráfico incide de manera directa en que el pavimento se deteriore con el paso del tiempo. A pesar de ello, y en función de las solicitudes que produzca la acción del tráfico y los agentes climáticos, el nivel de servicio que presente la vía estará también en manos de las labores de mantenimiento que se ejecuten periódicamente, por esta razón las tareas preventivas que se realizan pueden resultar en extremo oportunas para el adecuado funcionamiento y la minimización de costos.

El sistema de carreteras es fundamental para conectar comunidades, facilitando la comunicación, el comercio y el transporte de productos agrícolas y bienes esenciales, esto ayuda al desarrollo socioeconómico de los habitantes. La carretera Simiatug es una de las rutas principales que conecta las tres provincias centrales del país: Tungurahua, Bolívar y Cotopaxi.

Por esta razón, es crucial que esta vía se mantenga en condiciones óptimas para asegurar un servicio adecuado que favorezca el crecimiento económico del sector.

En particular, el tramo entre Cruz de Punebata - Sanjapamba ha sufrido por la falta de mantenimiento y rehabilitación, lo cual ha generado problemas en la calidad del pavimento. Esto no solo afecta la seguridad de los transportistas, quienes enfrentan daños en sus vehículos, sino que también incrementa el riesgo de accidentes. Hasta el momento, las autoridades provinciales y parroquiales no han llevado a cabo un estudio técnico para evaluar el nivel de desgaste de la vía. Los residentes de las áreas afectadas han tomado la iniciativa de ejecutar pequeñas tareas de mantenimiento y bacheo, sin embargo, no han logrado grandes frutos en su gestión, debido, sobre todo, a que el material que utilizado no es el más apropiado para el trabajo en cuestión ejecutado.

Todo ello refleja una clara contradicción entre la necesidad de perfeccionar la situación de la infraestructura vial y la ausencia de un plan de mantenimiento que posibilite mejorar las condiciones de un tramo de carretera de vital importancia para las provincias centrales del país. Por lo cual pudiera plantearse como problema de investigación que: la no existencia de un plan de mantenimiento vial para la carretera Simiatug, basado en la evaluación exhaustiva del tramo Cruz de Punebata - Sanjapamba, dificulta la gestión adecuada de tareas correctivas que pueden contribuir a extender la vida útil de la vía y con ello mejorar los índices de servicio y funcionamiento en la misma, contribuyendo así a mejorar a economía de la región.

Justificación

Es reconocido que la feria agrícola y ganadera más grande de la provincia Bolívar se realiza precisamente en Simiatug, para llegar a esta parroquia se circula por el tramo de la vía Punebata - Sanjapamba. A ella acuden comerciantes de muchas provincias entre las que destacan Chimborazo, Cotopaxi, y Tungurahua quienes ofertan variados productos, pero

también compran insumos propios de la zona, lo cual fomenta el comercio e impulsa el fortalecimiento de los moradores de la localidad y las vecindades circundantes. Con el adecuado mantenimiento de esta vía se verán beneficiados más de 11246 habitantes de la parroquia y sus comunidades, pues, aunque no es un destino turístico masivo, ofrece oportunidades para el ecoturismo, los turistas pueden deleitar de la gastronomía y los bellos paisajes que ofrece esta parte de la sierra ecuatoriana, y de la cultura local, reflejo de la historia indígena y mestiza de la zona.

Como se ha mencionado el mantenimiento de las vías es primordial para mantener y brindar una adecuada circulación vehicular salvaguardando la integridad de los usuarios que hacen el uso de esta principal red vial, pues el deterioro de los pavimentos flexibles es un problema común en muchas vías de circulación. Antes de dictaminar cualquier medida o acción a ejecutar, primeramente, es preciso, realizar una detallada evaluación de estos pavimentos, con el fin de identificar su estado actual. En el caso de la vía a Simiatug, el tramo que conecta Cruz de Punebata con Sanjapamba no es la excepción. Esta ruta es vital para el desarrollo económico y social del sector al proporcionar una ruta cómoda y viable para trasladar personas y productos propios de la zona. Un acertado mantenimiento garantiza que la vía este siempre condiciones adecuadas, reduciendo el riesgo de accidentes y mejorando la eficiencia del transporte.

El hecho de tener un acertado plan de mantenimiento vial permite optimar los recursos humanos y económicos de la zona, pues al ejecutar intervenciones de manera planificada y anticipada se contribuye también a la preservación del medio ambiente. Al evitar el desgaste de la carretera, se minimiza el impacto negativo en los ecosistemas circundantes y se promueve un tránsito más sostenible. Esto es particularmente importante en áreas donde la biodiversidad es rica y vulnerable. Por lo tanto, invertir en el mantenimiento de la vía Punebata - Sanjapamba

no solo beneficia a los usuarios, sino que también protege el entorno natural que rodea esta importante ruta.

Puede agregarse que un buen estado de la infraestructura vial puede contribuir a fomentar el turismo en esta zona rural y el acceso a servicios básicos, mejorando el estilo de vida de los habitantes. Al garantizar que esta vía esté bien conservada, se abre la puerta a nuevas opciones para el progreso y el desarrollo en la comunidad. De esta forma, resulta fácil señalar que el mantenimiento de la vía en cuestión es un gasto con visión de futuro, que promueve la seguridad, la sostenibilidad y el progreso colectivo de sus habitantes y las parroquias vecinas.

Es válido señalar que la presente investigación se encuentra en concordancia algunos de los postulados que se plantean en la agenda 2030 para el desarrollo sostenible de la región Latinoamericana, más específicamente con el objetivo 9 enfocado hacia la construcción de infraestructuras resilientes. Que entre sus indicadores plantea que es necesario proporcionar a la población rural de una carretera transitable todo el año (Naciones Unidas, 2018).

Objetivos

Objetivo general

Desarrollar un plan de mantenimiento vial para el tramo Cruz de Punebata - Sanjapamba de la vía Simiatug a partir de la evaluación del pavimento flexible mediante el método PAVER.

Objetivos específicos

- Realizar un levantamiento detallado del estado actual de la vía Simiatug mediante la inspección visual para determinar su condición y los tipos de falla.

- Aplicar el método PAVER sobre la base del Índice de Condición del Pavimento (PCI) para analizar los datos recopilados durante la inspección y clasificar el estado del pavimento.
- Elaborar un plan de mantenimiento vial, basado en los resultados del análisis del estado del pavimento, que incluya actividades de conservación y rehabilitación.

Alcance del caso de estudio.

En esta investigación serán objeto de estudio 8,55 km de pavimento flexible pertenecientes al tramo Cruz de Punebata - Sanjapamba que se ubican en la vía Simiatug. En ella se identificarán mediante el método PAVER los deterioros presentes y el nivel de severidad que alcanzan. Sobre la base de estos resultados se pretenden proponer soluciones que contribuyan a minimizar los deterioros que se encuentran en el pavimento y ayuden a mejorar los índices de servicio y funcionamiento a partir de medidas que se basan en la identificación de los factores principales que causan los daños.

Los trabajos no incluyen cronograma ni análisis de costos para implementar las alternativas sugeridas. Tampoco se propone un rediseño de elementos estructurales del pavimento ni diseño de sistemas extra como cunetas, canaletas o alcantarillas. Además, no se realizan estudios de deflexión (FWD), densímetros de núcleo, conos de penetración dinámica, cálculos de flujo inverso, ni pruebas como CBR.

CAPÍTULO 2: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

El presente capítulo expone estudios similares realizados a nivel internacional y nacional que sirven de base de comparación entre los resultados y contribuyen a justificar la metodología utilizada. También se realiza una conceptualización a partir de los criterios y observaciones de diversos autores de los principales conceptos empleados en la investigación como son la definición, clasificación, estructura y tipos de falla en los pavimentos. Se explican algunos métodos empleados para evaluar el estado técnico del pavimento y se abordan generalidades, tipos e importancia del mantenimiento vial.

Antecedentes

En la región ecuatoriana se ha estudiado el tema del estado técnico de las vías, así como alternativas para mejorar su condición, debido a la importancia, demostrada a todos los niveles, que juegan las carreteras para el desarrollo socioeconómico de un país. Sin lugar a dudas estas constituyen un medio de comunicación, de sustento e incluso una fuente de empleo constante debido al gran volumen de trabajo que se encuentra asociadas a ellas.

En un estudio realizado por Rodríguez (2019), en la avenida Leopoldo Carrera Calvo en la provincia de Santa Elena, en el tramo que une los cantones Santa Elena y La Libertad se determina un Índice de Condición del pavimento (PCI) de 50. Sobre la base de la normativa norma ASTM 6433-03 este entra en la categoría de regular. El autor plantea que el uso del método PAVER, permite definir el estado que poseen los pavimentos flexibles, al igual que el tipo de fallas presentes y que además es posible utilizar este método en vías con características de similares. Concluye que el elevado por ciento de fallas que se aprecian en las unidades de muestra analizadas es ocasionado por la acción repetitiva de las cargas vehiculares para las cuales la vía no fue diseñada, donde el valor de capa de rodadura recomendado es de 7.5 cm y solo tiene 5 cm.

En su estudio en la vía Azogues - San Miguel De Porotos – Jatumpamba (Redrovan, 2021) plantea que, desde su construcción, la misma ha sido víctima de un perenne deterioro estructural. Evalúa el tramo utilizando la metodología del PCI registrando deterioros como baches, grietas, hundimientos, piel de cocodrilo, desprendimientos, parches, y agregados pulidos y catalogándolo al final como “Estado regular” (PCI de 41). Plantea como principales causas de estos problemas; las cargas de tráfico repetitivas, las condiciones climáticas, la falta de actividades de mantenimiento y la configuración geológica actual; qué, a consideración del autor de la presente investigación esta debe ser la razón fundamental, quizás evaluada erróneamente desde el diseño de la vía, pues la aparición de deterioros frecuentes y desde los momentos iniciales se encuentra asociado a la geología del trazado, errores de diseño o mala compactación. Finalmente sugiere la rehabilitación brindando una aproximación de los costos relacionados con las soluciones.

Tamayo (2024) evalúa en la parroquia Huachi Grande, a través del PCI y la medición de las deflexiones, las vías Hawai y Alaska. En la primera obtiene un PCI promedio de 64, que revela una condición “buena”, sin embargo, la deflexión característica supera el valor crítico. Por lo que propone la reconstrucción total basado en la presencia de posibles deficiencias estructurales. En la segunda vía, el primer tramo analizado muestra un PCI de condición “muy buena”, pero el segundo ya es de estado “regular”. Es este caso sugiere un mantenimiento periódico para el primer tramo y una rehabilitación para el segundo.

También empleando el PCI según la norma ASTM D6433-07 donde se detalla el proceso de evaluación visual para este método (Vásquez, 2023) evalúa la condición del pavimento en la vía “Mira-El Hato”, tramo San Luis – Santa Isabel en el Cantón Mira. La autora determina que 11 de las 19 fallas que describe el método están presentes en el tramo estudiado y que el estado general es “muy malo” (PCI = 23,52). Concluye que las principales causas que dan origen al deterioro de la vía son el incremento de las cargas actuantes, un drenaje

inadecuado y la falta de mantenimiento. Plantea que el estudio favorece la planificación de esta actividad al identificar las actividades prioritarias para que los órganos estatales establezcan de manera rápida el uso de los recursos y las estrategias de financiamiento.

Zambrano y Villacreses (2023) señalan que Manta, una ciudad ubicada en Manabí, ha experimentado un notable crecimiento en sus aspectos económicos, sociales y productivos. Sin embargo, es crucial que este avance venga acompañado de una gestión vial adecuada, así como de un correcto mantenimiento y restauración de la infraestructura vial. Según un estudio realizado, se ha determinado que el 60,72% de las calles de la ciudad están en condiciones regulares, mientras que un significativo 19,69% se encuentran en mal estado. El procedimiento estuvo dado por tomar información in situ, revisar de las estadísticas del conteo vehicular, diagnosticar del estado vía y proponer estrategias y alternativas para su conservación. Estos hallazgos subrayan la urgencia de establecer estrategias adecuadas para la conservación y el mantenimiento de las vías urbanas, resaltando su relevancia en el marco del desarrollo y crecimiento de la ciudad.

Fundamentación conceptual

Pavimentos

Son estructuras que deben garantizar una superficie segura, cómoda y duradera para el tránsito de vehículos y peatones. Son esenciales en la infraestructura urbana y rural, ya que su diseño y calidad incide como es lógico en la seguridad vial y el confort de los usuarios. Además, un buen pavimento puede influir en la estética de un área, mejorando la calidad de vida de sus pobladores, pues facilitan el transporte y juegan un papel fundamental en el desarrollo sostenible y la planificación urbana.

Definición

El pavimento debe de ser resistente ante a las condiciones medioambientales en todo su ciclo de vida pues está diseñado fundamentalmente para brindar una superficie cómoda para el rodamiento del tráfico en todas las instancias (Rodríguez, 2019). Son parte esencial en la infraestructura vial, pues brindan una superficie segura y resistente para la movilidad de automóviles y peatones y juegan un papel decisivo en el correcto drenaje y la minimización del ruido causado por el tráfico (Cayambe & Santillán, 2015). Poseen características de resistencia asociadas a la parte estructural mientras que las características de confort se vinculan con la parte superficial del pavimento (Navarro et. al, 2021).

Todas estas definiciones se encuentran asociadas a la capacidad funcional de los pavimentos encargada de garantizar la movilidad cómoda y segura de peatones y vehículo. Sin embargo, no debe olvidarse que el pavimento es una estructura compleja en toda su extensión y magnitud que debe resistir el efecto constante de las cargas vehiculares que se incrementan en mayor o menor medida en función del desarrollo socioeconómico que vayan alcanzando las comunidades que se interrelacionan a través de ellas. También deben soportar las variaciones de temperatura, los efectos de la lluvia, los empujes del suelo y las acciones del medioambiente sobre ellas.

Estructura básica

Está compuesto por varias capas de diferentes espesores que van disminuyendo su resistencia desde la superficie hasta el terreno de sustentación conocido como subrasante, la cual es primordial en el diseño de la estructura. Sobre ella se coloca la capa de subbase, aunque en algunos diseños es posible prescindir de esta; le sigue la capa de base y finalmente la capa de rodadura o superficie que varía en su material en dependencia del tipo de pavimento que se esté diseñando. La principal función de cada una de estas es repartir a la capa subyacente las

presiones de las cargas vehiculares garantizando a su vez adecuadas condiciones de drenaje e impermeabilidad. En la ilustración 2 puede apreciarse la estructura de la misma.



Ilustración 2. Estructura básica del pavimento flexible.

Fuente: (Giordani & Leone, s/f)

Al igual que el tráfico vehicular, la subrasante, como se había mencionado, constituye uno de los puntos de partida en los diseños de la estructura del pavimento y debe ser geológicamente muy bien analizada para evitar sobredimensionamientos en el diseño o fallos por capacidad resistente. Esta debe cumplir con un CBR mínimo del 5% pues si tiene valores inferiores debe retirarse toda la capa de tierra con estas características o aplicar técnicas de estabilización. Algunos autores no la consideran como parte de la estructura en sí, pero es imprescindible para que las capas superiores distribuyan las presiones que ejercen sobre el terreno; por lo que su resistencia juega un papel primordial en el momento de definir el espesor total del resto de las capas.

Luego de realizar una adecuada preparación en el terreno o subrasante se procede a colocar la capa de subbase, aunque en aisladas ocasiones esta puede ser innecesaria, si el terreno subyacente es muy bueno. Mientras mejor sea la calidad del material menor será el espesor de la misma. Entre las funciones que debe cumplir se encuentra la protección del material de base, impidiendo que el de la subrasante pase a la base y ocasione descensos o elevaciones al producirse cambios de humedad. Debe eliminar o controlar al máximo los

cambios de plasticidad, elasticidad y volumen que pudiera presentar la subrasante y por consiguiente dañar la estructura. También debe garantizar cierto nivel de impermeabilización al impedir que el agua proveniente de las capas freáticas cercanas suba por ascensión capilar, resguardando así las capas superiores contra los hinchamientos que ocurren, principalmente en épocas de helada.

Sobre esta capa se coloca entonces la capa base, la cual debe tener un material de calidad superior a la subbase y es primordial para garantizar el adecuado funcionamiento de la vía, pues sobre ella se coloca el material de rodadura. Su función principal es resistir y distribuir adecuadamente las presiones transmitidas por el material de superficie, por lo cual la adecuada compactación es crucial para su adecuado funcionamiento y durabilidad. También debe permitir que el agua capaz de infiltrarse por de la capa de rodadura entre en contacto rápidamente a la subbase por lo que normalmente se construye de material granular de granulometría continua que se procesa en plantas capaces de garantizar que se cumplan las especificaciones requeridas en el diseño.

Luego de esta, se coloca la capa de rodadura, que es la que se encuentra en contacto directo con las cargas del tráfico. Entre sus principales funciones destaca la impermeabilización pues debe servir de protección al resto de las capas impidiendo el paso del agua a las capas subyacentes. Al estar en contacto directo con los vehículos debe garantizar una superficie cómoda y segura para los conductores, que minimice los ruidos y mantenga adecuadas condiciones de servicialidad. Su resistencia debe ser superior al material de base pues es la primera capa que recibe las cargas vehiculares, por lo que su espesor debe ser definido de forma tal que se evite que las capas inferiores queden expuestas y se deterioren o desintegren. Esta capa puede ser de adoquines, hormigón, mezclas asfálticas o incluso alguna combinación entre ellos. El tipo de material empleado en la misma será quien defina el tipo de pavimento que se trate en cuestión.

Clasificación

Los pavimentos se clasifican en rígidos, semi-rígidos y flexibles; aunque algunos autores consideran también los pavimentos mixtos como aquellos donde se combina una losa de hormigón con mezclas asfálticas y otros plantean que los pavimentos semi-rígidos o contruidos con adoquín son mixtos también. En la ilustración 3 se muestra un resumen de las características de estos.

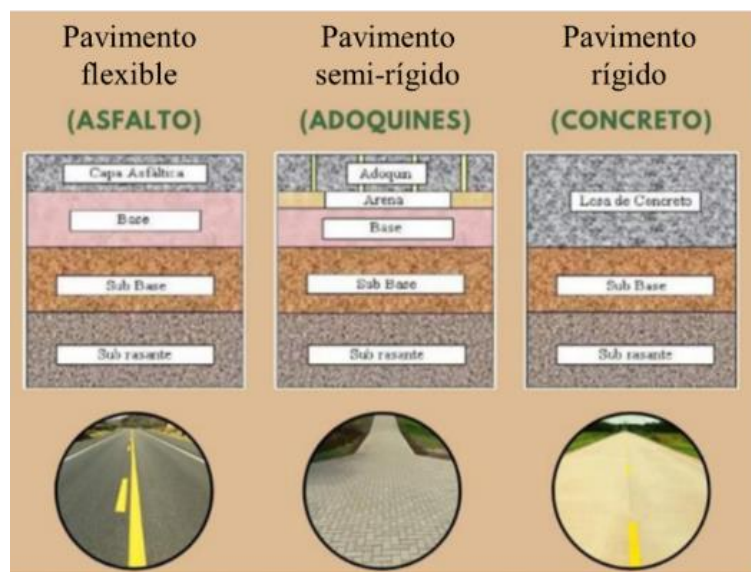


Ilustración 3. Clasificación de pavimentos.

Fuente: (Navarro & Vilela, 2021)

Cada tipo de pavimento tiene sus propias características y ventajas, por lo que es responsabilidad del proyectista elegir el más adecuado según las necesidades específicas de cada proyecto. Si se observa desde el punto de vista de su uso estos pudieran catalogarse como pavimentos urbanos, industriales o rurales y si se habla de los materiales empleados se podrían dividir en asfálticos, de concreto o de adoquines. Sin embargo, desde la visión ingenieril su clasificación más generalizada es pavimentos rígidos o pavimentos flexibles, asociados precisamente al comportamiento estructural de los mismos.

Pavimento rígido

La principal característica del pavimento rígido es que la superficie está constituida por una losa de hormigón por lo cual las deformaciones que se producen en la misma son mínimas. Vásquez (2023) lo describe como un sistema compuesto por el conjunto de losas de hormigón de cemento portland, apoyadas sobre una capa base y/o sub-base formada por grava, que, a su vez, descansa sobre la subrasante. Por la alta rigidez del hormigón, la capacidad portante de este tipo de pavimento se sustenta fundamentalmente en la losa de hormigón y no en la capacidad de la subrasante, por lo que puede ser aplicado en cualquier tipo de subrasante, ya sea altamente resistente o débil. También por su elevada rigidez y el elevado módulo de elasticidad del hormigón, las losas se comportan como placas, permitiendo que las presiones transmitidas a las capas inferiores sean más bajas y que las cargas se distribuyan sobre una mayor área en la subrasante.

Se sabe que su costo inicial es superior al del pavimento flexible, sin embargo, su período de vida útil varía entre los treinta y cuarenta años, demandando mantenimientos menores orientados principalmente al tratamiento de las juntas (Gordillo, 2024). Muchos autores recomiendan su aplicación en regiones frías y lluviosas, donde la carpeta asfáltica se destruiría fácilmente y, con ello, la base y sub-base (Pazmiño et al., (2023).

Este tipo de pavimento puede clasificarse como: hormigón simple con juntas, armado con juntas y armado con refuerzo continuo. Entre sus principales componentes se encuentran las juntas, los pasadores y las barras de unión. Las primeras fijan las dimensiones de las losas, lo cual posibilita controlar la formación de grietas y fisuras. Los segundos son varillas de acero dispuestas en las juntas transversales para transferir cargas entre losas adyacentes, sin restringir el movimiento horizontal de las losas y las barras de unión: Son aquellas que permiten anclar

las juntas longitudinales, garantizando que se transfiera la carga (Vásquez, 2023) En la ilustración 4 se pueden apreciar estos componentes:

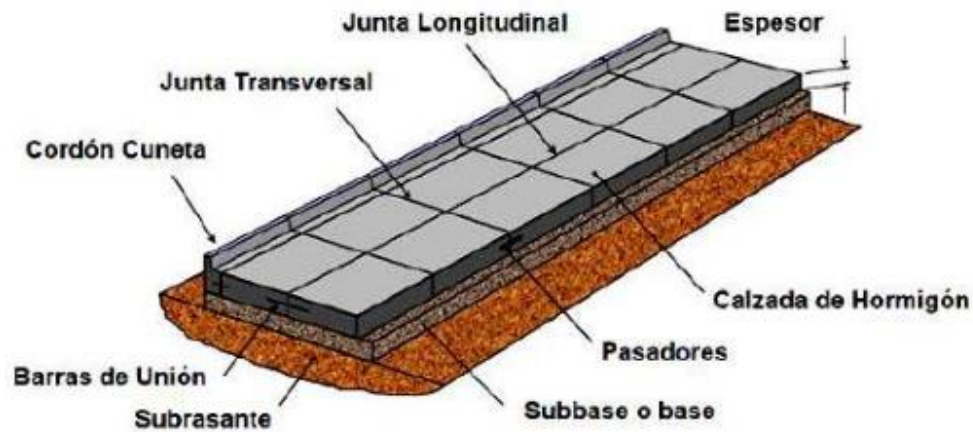


Ilustración 4. Pavimento rígido.

Fuente: (Vásquez A. C., 2023)

Una característica importante que posee este tipo de pavimento es su durabilidad, si bien es conocido que su inversión inicial es costosa, algunos autores refieren que su vida útil llega a ser incluso de hasta 40 años o más. En base a ello argumentan que resultan más factibles desde el punto de vista económico pues porque lo que se gasta en el momento de su construcción se ahorra considerablemente a lo largo de su vida útil minimizando los mantenimientos. En términos económicos otros autores refieren que se ahorran grandes sumas también en cuanto a luminosidad nocturna pues reflejan la luz de manera más eficiente que los pavimentos flexibles, aunque este mismo aspecto es cuestionado por la dificultad al conducir en días soleados.

Pavimento semirrígido

En el caso de los pavimentos semirrígidos hay un amplio espectro de definiciones y características pues algunos autores se refieren al pavimento articulado, constituido como se ve en la imagen por una capa de rodadura de adoquines que puede ser de diversos materiales

ya sea piedras como se usaba en la antigüedad o bloques de concretos denominados también adocretos. También se hace referencia a los pavimentos semirrígidos como aquellos que preservan la estructura esencial de un pavimento flexible, pero tienen una o más capas que han sido rigidizadas de forma artificial con cal, asfalto o cemento. Se asume que este tipo de pavimento tiene un comportamiento mixto, porque los esfuerzos se transmiten al suelo de soporte por disipación y repartición (Vásquez A. C., 2023).

En esta clasificación revisten gran importancia los pavimentos adoquinados por la amplia gama de materiales que puede emplearse en su fabricación. Su uso se encuentra muy diseminado en el continente europeo pues presenta disímiles beneficios asociados fundamentalmente a los costos de ejecución y mantenimiento. Entre sus múltiples ventajas puede mencionarse la premura con la que puede abrirse al público una vez construido; la sencillez, rapidez y minimización de gastos en sus reparaciones; la reducción en de costos en la inversión inicial; la velocidad de construcción sobre todo si se emplean equipos especializados para este fin (Cabrera, 2022). Otros estudios hacen referencia a la reducción de ruidos y al empleo de adoquines pigmentados para disminuir los gastos en señalizaciones horizontales.

Pavimento flexible.

Como su nombre lo indica este tipo de pavimento posee una flexibilidad que le permite adecuarse a las deformaciones generadas por la acción de cargas exteriores, sin generar grandes grietas o fisuras en sus estratos; y, aunque puede ser colocada en subrasante de diversa índole, su aplicación no es sugerida en asientos rocosos, ni lugares fríos y lluviosos (Vásquez A. C., 2023). Mocondino (2020) lo define como una estructura compuesta fundamentalmente por una capa superior de concreto asfáltico o asfalto que se sostiene encima de varias capas de material granular, como arena y grava dispuestas en diversas granulometrías. En contraposición con los

pavimentos rígidos, es capaz de flexionar bajo la acción de tráfico, por lo cual resulta extremadamente versátil en variadas aplicaciones viales.

La importancia del pavimento flexible puede justificarse sobre la base de variados aspectos como la comodidad para los usuarios al brindar una superficie suave que disminuye la fatiga del conductor; tiende a generar menos ruido disminuyendo la contaminación acústica en zonas urbanizadas y posibilitan una construcción más ágil y con menos paralizaciones del tráfico en el tiempo que tarda su ejecución. Su flexibilidad posibilita que se adapten a diversas condiciones de tráfico y climática por lo que son apropiados para una gran gama de aplicaciones, desde pequeñas vías urbanas hasta grandes autopistas de alta velocidad e incluso aeropuertos. Cuando se diseñan y mantienen apropiadamente, su vida útil extensa puede ser larga, pues por su capacidad de flexión son capaces de soportar elevadas y constantes cargas de tráfico sin sufrir grandes daños. En esencia, el pavimento flexible juega un papel primordial en el sistema de transporte al brindar una superficie eficiente, cómoda y segura para el traslado de personas y mercancías. Su durabilidad, versatilidad y capacidad de adaptarse a diversas condiciones climáticas lo convierten en una alternativa frecuente en vías de todo el mundo, favoreciendo el desarrollo económico y la calidad de vida de los pobladores de las zonas aledañas (Alonzo, 2023).

Aunque el periodo para el cual suelen diseñarse los pavimentos flexibles suele ser de 20 años, el tiempo de duración de los mismos oscila entre 10 y 15 años. Sin embargo, estos requieren mantenimiento frecuente, lo cual constituye su desventaja fundamental, pues de manera genérica los estados predestinan muy poco dinero para el mantenimiento de las vías. Su actuación se emprende cuando el daño resulta muy evidente por el nivel alto de deterioros, es ahí el momento en que consideran la reparación lo que se traduce en gastos más elevados pues para ese tiempo los daños no son solo superficiales si no que llegan incluso a niveles estructurales (Rodríguez, 2019).

Muchas veces sucede entonces que las reparaciones se quedan a nivel superficial, sin profundizar a detalle el origen de los deterioros lo cual trae como consecuencia que los daños reaparezcan rápidamente teniendo una mayor repercusión en el índice de gastos necesarios y la correspondiente disminución en el nivel de servicialidad de la vía. Una correcta planificación de mantenimiento con la debida elección de los materiales adecuados puede minimizar el impacto ambiental y gestionar de forma sostenible los recursos y costos que se requieren para su adecuado funcionamiento.

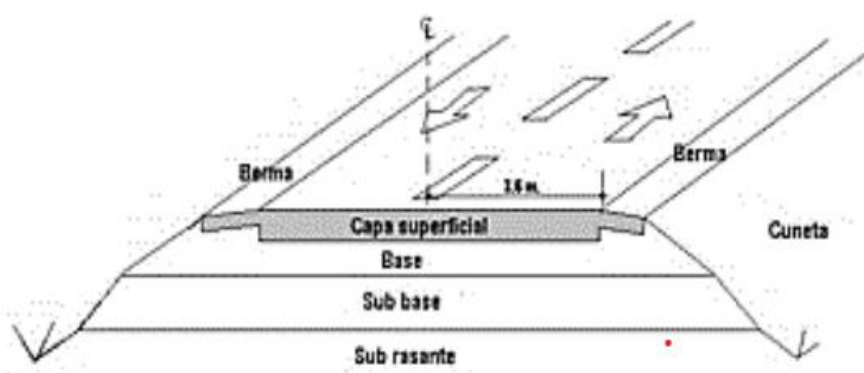


Ilustración 5. Pavimento flexible.

Fuente: (Pérez, 2023)

Origen y tipos de las fallas en los pavimentos flexibles

Como es lógico suponer cada tipo de pavimento presentará deterioros o fallas asociados al material que lo constituyen pues una losa de hormigón puede presentar grietas que no deben aparecer en un pavimento adoquinado. El pavimento flexible también presentará daños típicos atribuidos a sus características y existen diversas bibliografías y métodos que ayudan a diagnosticarlos. La metodología establecida por el Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los Estados Unidos en la década del 70' PCI es una de las más completas reconocidas a nivel internacional. En ella se describen 19 deterioros como los más frecuentes que aparecen en la vialidad, en el anexo B se muestran imágenes que permiten definir el nivel de severidad de los mismos. Saber identificarlos, diferenciarlos y comprobar su nivel de severidad ayuda a definir

el estado en el que se encuentra el pavimento y en base a ello determinar cuáles son las medidas de mantenimiento más apropiadas a tener en cuenta. Según lo establecido por la norma (ASTM D6433-07, 2018) estos deterioros pueden describirse como se muestra en la tabla siguiente:

FALLA N°	NOMBRE DE LA FALLA	DESCRIPCIÓN
1	Piel de cocodrilo (<i>Alligator Cracking</i>)	Red de grietas interrelacionadas que da lugar a polígonos irregulares con ángulos inferior a los 45°, con un diámetro que por lo general no supera los 30 centímetros. Este tipo de fisuración se origina en las capas más profundas del pavimento asfáltico, donde las tensiones y deformaciones por tracción son más intensas. A medida que el fisuramiento avanza hacia la superficie, se manifiesta como un grupo de grietas longitudinales paralelas que, debido a la repetición de las cargas aplicadas, se van uniendo entre sí, creando lo que se conoce como "piel de cocodrilo". Cuando la base y la sub-base de la carretera son inadecuadas, esta "piel de cocodrilo" puede ir acompañada de huellas que eventualmente pueden transformarse en baches.
2	Exudación de asfalto (<i>Bleeding</i>)	Se refiere al afloramiento de bitumen en la superficie de la carretera, creando una capa continua de material ligante. Esto resulta en una superficie suave y brillante que disminuye la fricción entre los neumáticos y el pavimento. Este fenómeno suele suceder cuando hay un alto contenido de asfalto en las mezclas o cuando la cantidad de espacios vacíos es inferior a la necesaria. Durante los días calurosos, el asfalto tiende a salir a la superficie debido a la falta de espacio para expandirse.
3	Grietas de contracción (bloque)	Fisuras interconectadas, no asociadas con las cargas de tráfico, que fraccionan al pavimento en segmentos, aproximadamente rectangulares, debido a variaciones de

FALLA N°	NOMBRE DE LA FALLA	DESCRIPCIÓN
	<i>(Block Cracking)</i>	temperatura y contracciones del concreto asfáltico, que producen ciclos diarios de esfuerzo-deformación unitaria. Por lo general, el deterioro se manifiesta en extensas zonas y no está relacionado con el impacto de los vehículos. Este tipo de daño puede ocurrir en pavimentos que se han edificado sobre bases estabilizadas con cemento, especialmente cuando estas bases experimentan contracciones que difieren de las de la capa de asfalto.
4	Elevaciones- Hundimientos <i>(Bumps and Sags)</i>	Desplazamientos ligeros hacia arriba y hacia abajo pueden ocurrir debido a la flexión o elevación de las losas de concreto en un pavimento rígido que ha sido recubierto con asfalto. Estos movimientos pueden ser causados por la acumulación de material en una grieta (<i>tenting</i>), la presión del tráfico, o incluso por el efecto del congelamiento. Pueden surgir también por capas estructurales que no están bien compactadas o que son inestables, así como por un exceso de ligante en las mezclas utilizadas.
5	Corrugación <i>(Corrugation)</i>	También se conoce como “arqueamiento de tabla de lavado”, debido a que presenta cimas perpendiculares al sentido del tráfico y depresiones en intervalos regulares (menores a 3m). Generalmente, su causa son la inestabilidad de la base o la carpeta, combinada con la acción del tráfico.
6	Depresión <i>(Depression)</i>	Son áreas con una elevación ligeramente menor a la superficie que las rodea, siendo muchas veces imperceptible hasta después de la caída de lluvia, cuando el agua se empoza en estas zonas, pudiendo generar hidroplaneo si son muy profundas. Puede ser causada por errores en el proceso constructivo o por asentamientos en la sub-rasante.

FALLA N°	NOMBRE DE LA FALLA	DESCRIPCIÓN
7	Grietas de borde (<i>Edge Cracking</i>)	Son fisuras paralelas, frecuentemente ubicadas a 0,3 o 0,5 metros del borde externo del pavimento, que se generan por la acción de tráfico y el debilitamiento de la subrasante o la base.
8	Grietas de reflexión de juntas (<i>Joint Reflection Cracking</i>)	Es una falla que solo ocurre en pavimentos rígidos que han sido cubiertos con carpeta asfáltica. Su causa principal son los cambios de humedad y temperatura de las losas de hormigón, y, aunque no se debe a las cargas de tráfico, estas pueden deteriorar la superficie.
9	Desnivel calzada –paseo (<i>Lane-Shoulder Drop Off</i>)	Es la diferencia de nivel fuera de los rangos permisibles entre la berma o paseo y el borde del pavimento, pudiendo generarse por la distribución de nuevas capas sin comprobar el nivel de la berma, su posible erosión o asentamiento.
10	Grietas longitudinales y transversales (<i>Longitudinal and Transverse Cracking</i>)	Fallas paralelas o perpendiculares al eje de la vía. Las fallas paralelas, que se observan sobre las huellas del tráfico, suelen ser el resultado de la fatiga provocada por una debilidad en la estructura. Si estas fallas se presentan en el centro de la vía, a menudo se deben a problemas en la construcción de las juntas longitudinales o a la falta de soporte adecuado. Por otro lado, las fallas transversales pueden ser causadas por el envejecimiento de los materiales, lo que disminuye su flexibilidad, así como por deficiencias en la construcción de las juntas transversales o cambios extremos de temperatura.
11	Parches y parches de cortes utilitarios (<i>Patching and Utility Cut Patching</i>)	Es un área del pavimento que ha sido reparada usando material nuevo, lo que hace que su comportamiento no sea tan bueno como el de la sección original, por lo cual, se considera un defecto del pavimento.
12	Agregados pulidos	Se identifica cuando el agregado de la superficie es muy pequeño y no existe aspereza o partículas angulares que

FALLA N°	NOMBRE DE LA FALLA	DESCRIPCIÓN
	<i>(Polished Aggregate)</i>	proporcionen una resistencia al deslizamiento adecuada, haciendo que la superficie se vuelva suave al tacto. De igual manera, es posible verificar la presencia de este tipo de falla cuando al realizar ensayos de resistencia al deslizamiento se obtengan valores bajos o menores a los registrados en evaluaciones previas.
13	Huecos <i>(Potholes)</i>	Se trata de hundimientos en la superficie del pavimento, que normalmente tienen un diámetro que no excede los 0,75 m. Estos hundimientos presentan bordes afilados y lados verticales. Generalmente, son provocados por la descomposición de la mezcla asfáltica en la superficie, la falta de un ligante adecuado, la presencia de materiales no deseados o el uso de granulometrías inadecuadas para la fabricación de mezclas.
14	Cruce de rieles <i>(Railroad Crossing)</i>	Son abultamientos o depresiones alrededor y/o entre los rieles. En la comunidad europea suelen emplearse adoquines en estas intersecciones para evitar estos deterioros y simplificar su reparación.
15	Ahuellamiento <i>(Rutting)</i>	Es una depresión en las huellas de las ruedas que se debe a la deformación de las capas del pavimento por el movimiento lateral de los materiales o su consolidación por la acción de las cargas vehiculares.
16	Deformaciones por empuje <i>(Shoving)</i>	Es una falla permanente que se genera cuando los vehículos empujan sobre el pavimento y producen un corrimiento en la superficie. De igual manera, puede deberse al empuje de un pavimento rígido, cuando este colinda con uno flexible.
17	Grietas por deslizamiento <i>(Slippage Cracking)</i>	Son fallas transversales a la dirección del tránsito que tienen forma de medialuna y se producen por el cambio de dirección o frenado de las ruedas, lo que genera una deformación o deslizamiento en la superficie.

FALLA N°	NOMBRE DE LA FALLA	DESCRIPCIÓN
		Generalmente, ocurre cuando existe mala adherencia entre la carpeta y la capa subyacente.
18	Hinchamiento <i>(Swell)</i>	Es una onda de más de 3m de longitud en la superficie del pavimento que se genera por la presencia de suelos expansivos o el congelamiento del material de sub-rasante.
19	Disgregación y desintegración (Weathering and Raveling)	Es el desgaste de la superficie del pavimento por la remoción de las partículas del agregado y la pérdida del alquitrán o ligante asfáltico, por endurecimiento o baja calidad de la mezcla, cierto tipo de tráfico o por derrames de aceite de vehículos.

Tabla 1. Fallas de pavimentos flexibles según el manual del PCI.

Fuente: (ASTM D6433-07, 2018)

Entre los rasgos comunes o más frecuentes en los factores que originan los deterioros que aparecen en los pavimentos pudiera decirse que de manera generalizada se encuentran el incremento excesivo del tráfico, las condiciones climáticas adversas, una construcción inadecuada y por supuesto, la no implementación de acertadas estrategias de mantenimiento que permitan prolongar la vida útil del pavimento y a garantizar la seguridad de los usuarios.

El manual del Índice de Condición del Pavimento (PCI) es uno de los métodos que recoge de manera más completa y generalizada los deterioros que aparecen en la vía, y sugiere, al igual que otros métodos, realizar inspecciones periódicas para detectar problemas a tiempo y así evitar deterioros mayores.

PCI (índice de condición del pavimento).

El Índice de Condición de Pavimento (PCI), por sus siglas en inglés *Pavement Condition Index*: es un método creado por los ingenieros Michael I. Darter, Mohamed Y. Shahin y Starr D. Kohn, del Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los Estados Unidos del estado de Ontario, por encargo del Centro de Ingeniería de la Fuerza Aérea, entre 1974 y 1976, para

contar con un sistema de administración del mantenimiento tanto para pavimentos flexibles como rígidos y tiene su base en la norma internacional ASTM D6433-20 (2020) (Vásquez A. C., 2023). Destaca como uno de los más utilizados a nivel internacional para determinar el estado del pavimento, tomándose incluso como base para el desarrollo de softwares que optimizan este proceso de análisis.

Su aplicación es sencilla y para su diagnóstico no necesita herramientas sofisticadas. Es un valor numérico que ronda de 0 a 100, donde cero es condición más desfavorable y 100 la mejor. Su cálculo se sostiene en los resultados de una inspección visual de la condición del pavimento en el cual se determinan: clase, severidad y cantidad de cada deterioro existente. Esta información ofrece una percepción clara de las causas de los daños, así como su relación con las cargas o el clima (Mendoza, 2021). Este método considera un total de 19 fallas que son más recurrentes cuando se va deteriorando el pavimento flexible. Las deformaciones, los afloramientos, fisuras y grietas de las de la superficie, la desintegración del pavimento y otros tipos de fallas se clasifican en cuatro grupos para pavimentos flexibles (Alonzo, 2023).

Este método juega un papel crucial en la evaluación de pavimentos pues simplifica la inspección continua de la condición del pavimento y permite discernir entre qué secciones de la vía necesitan mayor atención y cuáles pueden postergarse. Por ello, ofrece a las autoridades e ingenieros una mejor manera de identificar las zonas que necesitan reparación o rehabilitación para así aplicar las técnicas más adecuadas. También es una inestimable herramienta para evaluar la calidad del trabajo en proyectos de construcción o rehabilitación de pavimentos pues puede aplicarse antes y después de ejecutar las tareas de mejoramiento para así medir su impacto. Una frecuente y regular monitorización del PCI posibilita valorar la evolución del estado técnico de los pavimentos en el transcurso del tiempo, lo cual simplifica la previsión y el anuncio de trabajos futuros de mantenimiento y/o rehabilitación. Es posible aplicarlo como un indicador sencillo y transparente del estado de las vías, anunciando al público y a los

responsables de tomar decisiones cual puede ser la inversión más necesaria en la infraestructura vial (Alonzo, 2023).

Es importante mencionar que el PCI no mide la capacidad estructural del pavimento, ni determina directamente su rugosidad general o el coeficiente de resistencia al deslizamiento del pavimento (ASTM D6433-07, 2008 citado (Vásquez, 2023)).

Sobre la base de la normativa americana Mendoza (2021) resume el procedimiento de trabajo para el método del PCI de la siguiente manera:

1. Definir las unidades de muestreo; que no es más que dividir la vía en secciones que varían sus dimensiones en función del tipo de vía y de la capa de rodadura.
2. Trabajo de campo; donde se detectan los deterioros en base a la clase, severidad y extensión. Luego se registra esta información en los modelos establecidos por el método.
3. Trabajo de gabinete; con la información de los deterioros se calcula el PCI. Este puede ser manual o computarizado y se fundamenta en los “Valores Deducidos” de cada deterioro a partir de la cantidad y severidad encontradas.

En el caso del trabajo de gabinete Alonzo (2023) resume el proceso de cálculo en cuatro etapas: cálculo de los valores deducidos, cálculo del Número Máximo Admisible de Valores Deducidos, determinación del "Valor Máximo Deducible Corregido" (CDV) y encontrar el Índice de Condición del Pavimento (PCI).

Luego se puede proceder entonces a clasificar el estado del pavimento según se muestra en la tabla 2.

Rango	Clasificación.	Tipo de mantenimiento
100-85	Excelente	Mantenimiento Rutinario
85-70	Muy Bueno	
70-55	Bueno	Mantenimiento Periódico
55-40	Regular	
40-25	Malo	Rehabilitación
25-10	Muy Malo	Reconstrucción
10-0	Fallado	

Tabla 2. Rango de calificación del PCI.

Fuente: (ASTM D6433-07, 2018)

Método PAVER.

Son numerosos los autores que plantean acertadamente que el método PAVER parte de la aplicación del PCI. Rodríguez (2019) describe que el Laboratorio de Investigación Ingenieril de Construcción del Cuerpo de Ingenieros de la Fuerza Armada de los E.E.UU. (USACERL), desarrolló un sistema de evaluación y administración de pavimento llamado PAVER para uso militar y civil. Desde su incorporación a inicios de la década del 80, fue asumido de manera muy ágil por variadas entidades militares y civiles en todo el mundo (Smith & Johnson, 2018). Pues constituye un sistema simple que reporta resultados concretos en el análisis del estado de las vías.

Al implementar de manera acertada, el sistema PAVER se tiene un instrumento valioso para la evaluación y gestión del pavimento. La recopilación y actualización de datos es una fase primordial en todo Sistema de Evaluación de Pavimentos, y fundamentalmente en PAVER. (Smith & Johnson, 2018).

Rodríguez (2019) resume que el PCI es un método de división repetible para reconocer la condición existente del pavimento, que brinda el grado de condición funcional-operacional del pavimento, otorgándole, como ya se ha mencionado un valor de “cero” a “cien”. El concepto básico del sistema PAVER se puede resumir en los siguientes pasos:

1. Identificar las unidades de muestra que deben ser inventariadas.
2. Otorgar el tipo de falla de acuerdo al tipo de pavimento.
3. Definir para cada una de las fallas encontradas:
 - i. El tipo de falla (señalando el número que le corresponde)
 - ii. La severidad de la falla señalando si es bajo, mediano y alto
 - iii. La cantidad de la falla (medida o contada) (Rodríguez, 2019).

Es válido destacar que los tramos de carretera suelen reflejar unidades largas en la red vial que en muy pocas ocasiones poseen características uniformes en toda su longitud; por lo que en la metodología PAVER es esencial subdividir estos tramos en secciones con propiedades similares. Algunas de las características a tener en cuenta para esta subdivisión se resumen en la siguiente tabla:

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
Tráfico	La sección debe tener un volumen de tráfico uniforme, tanto en términos de cantidad como de intensidad
Configuración del Pavimento	Tiene en cuenta que la de información estructural que se dispone, la cual puede ser insuficiente, por lo que es conveniente revisar datos de construcción y observar áreas con parches
Construcción	Es conveniente que los componentes de una sección se hayan contruidos simultáneamente, pues los pavimentos hechos durante diferentes períodos poseen características diferentes y deben separarse en secciones
Clasificación Cualitativa del Pavimento	aquí debe observarse que estos pueden ser primarios y secundarios. Si un tramo cambia de categoría o se convierte en una carretera dividida, se deben crear secciones separadas, con una sección para cada dirección de tránsito
Drenaje y Espaldones	Es recomendable que a todo lo largo de la extensión analizada exista el mismo tipo y ancho de espaldones, así como características de drenaje constantes

Tabla 3. Criterios a tener en cuenta para subdividir el pavimento en secciones.

Fuente: (Oblitas-Gastelo et al., (2021).

Si se analiza que una carretera es una obra lineal de gran extensión puede resultar fácil deducir que analizar detenidamente todas las secciones y unidades de muestreo en un tramo puede resultar engorroso. Aunque la ASTM D6433-07 (2008) recomienda analizar todas las unidades, puede que no se disponga de todos los requerimientos técnicos y económicos por lo que la misma norma recomienda determinar el número mínimo de unidades de muestra a ser inspeccionadas, calcular una desviación estándar y definir un intervalo de espaciamiento. Para ello en la tabla siguiente se resumen las fórmulas a emplear:

Cálculo	Fórmula	Descripción
Número mínimo de unidades (n)	$n = Ns^2 / ((e^2/4) (N-1) + s^2)$	e = error admisible en el cálculo del PCI de la sección, comúnmente, +/- 5 puntos del PCI. S = desviación estándar del PCI de una muestra a otra en la misma sección. A realizar la inspección inicial se asume que la desviación estándar es 10 para pavimentos de asfalto. N = número total de unidades de muestra en la sección.
Desviación estándar (S)	$S = (\sum_{i=1}^n (PCI_i - PCI_s)^2 / (n-1))^{1/2}$	PCI_i = valor PCI de las unidades de muestra inspeccionadas i. PCI_s = valor medio del PCI de las unidades de muestra inspeccionadas. n = número total de unidades de muestra inspeccionadas.
Intervalo de espaciamiento (i)	$i = N/n$	N = número total de unidades de muestra en la sección. n = número de unidades de muestra a ser inspeccionadas.

Tabla 4. Formulas a utilizar.

Fuente: (ASTM D6433-07, 2018)

Son variados los autores que han aplicado este método con resultados muy positivos en su investigación pues contribuye a dar una evaluación más específica en el análisis de la calidad vial después de haber categorizado la vía según lo establecido en el PCI. Tomando en consideración esos planteamientos se decide aplicar dicho método en la presente investigación.

Mantenimiento y rehabilitación de pavimento.

Definición.

El mantenimiento vial se refiere a las actividades y procedimientos destinados a preservar y restaurar la calidad y funcionalidad de las infraestructuras de transporte, como carreteras y autopistas. Estas actividades incluyen la reparación de daños, la prevención del deterioro y aumenta su vida (ASSHTO, 2001).

Autores como Arohuilca (2023) asume la definición planteada por Brito (2016) exponiendo que el mantenimiento de una carretera es un trabajo que se ejecuta para mejorar el tránsito vehicular con el propósito de ofrecer un servicio adecuado de transporte cumpliendo con las normativas vigentes. Otros como (Lozano, 2021) coinciden con los planteamientos de, Moreno *et. al.* (2018) al definir las tareas de mantenimiento como aquellas actividades dirigidas a preservar las vías en condiciones de circulación segura, cómoda y fluida, además de reducir significativamente los costos de reparación. El autor plantea también cuando se trata de conservación vial no se requiere realizar el ciclo completo de inversiones pues se habla de obras preventivas o correctivas que se encuentran en la fase de operación y funcionamiento.

A modo general puede decirse que el mantenimiento de carreteras constituye aquel compendio de actividades que minimizan en mayor o menor medida los deterioros en la vía garantizando un mayor nivel de servicialidad a los usuarios.

Generalidades e importancia del mantenimiento vial.

El mantenimiento de las vías requiere una visión a mediano y largo plazo. Por esta razón, es fundamental que las autoridades responsables cuenten con las habilidades necesarias para planificar adecuadamente y prever las inversiones requeridas en proyectos de rehabilitación. La importancia de brindar mantenimiento a las carreteras es considerable, ya que, con el paso del tiempo, la estructura necesita un enfoque más detallado en cuanto a su estabilidad estructural. La necesidad de reparaciones se incrementa por factores clave, como el nivel de tráfico y el desgaste natural que provoca el tiempo, lleva a que las vías se conviertan en caminos más vulnerables y menos resistentes.

El estado del pavimento con frecuencia presenta un comportamiento tal como se muestra en la Ilustración 6. En la curva puede verse que, luego de diseñar y construir el pavimento para el periodo de diseño o tiempo de vida útil, este soporta las cargas de tránsito y la acción de los agentes climatológicos, por lo que el nivel de servicialidad que entrega al usuario disminuye. Esto significa que con el transcurso del tiempo, la vía disminuye considerablemente su calidad. En la Ilustración 6 se pueden apreciar dos estados asociados con el nivel de servicio: primero un estado inicial clasificado como "muy bueno" y una condición final clasificado como "inaceptable", (CAF, 2010). En la misma puede apreciarse como transcurrido el 75 % del período para el cual fue diseñada la vía el estado del pavimento comienza a deteriorarse drásticamente.

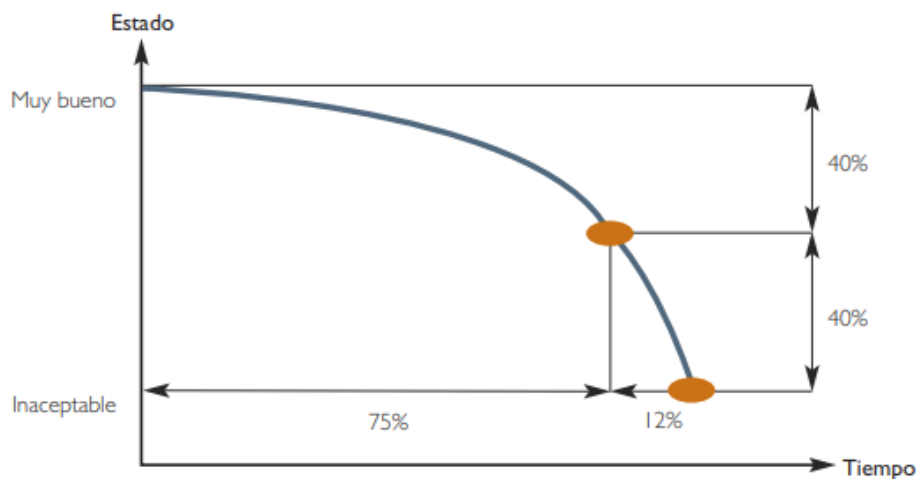


Ilustración 6. Estado del pavimento.

Fuente: (CAF, 2010).

En el orden de las ventajas para los consumidores de la vía y la rentabilidad económica y social que reporta de las inversiones que se ejecutan para el mantenimiento, esta curva exponencial que manifiestan los deterioros de los pavimentos a lo largo de su vida útil es vital para indicar en qué momento se debe realizar una rehabilitación. Precisamente por este comportamiento en función del tiempo los costos asociados a las inversiones de carreteras aumentan o disminuyen cuantiosamente en función del momento en que se ejecuten pues como se observa en la Ilustración, las tácticas de mantenimiento y/o rehabilitación que se seleccionen en un momento dado afectan directamente el nivel de servicio que ofrece la carretera a los conductores.

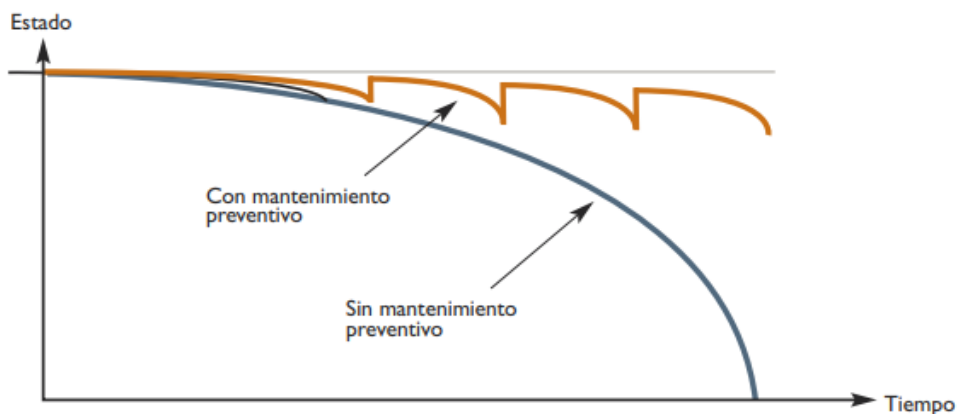


Ilustración 7. Estrategias en la condición del pavimento.

Fuente: (CAF, 2010).

Tipos de mantenimiento vial.

De manera generaliza en casi todos los niveles se dice existen dos tipos de mantenimiento: el preventivo, que por lo general agrupa tareas de inspección y limpieza minimizando los costos de reparación a largo plazo y el correctivo que es aquel que se realiza cuando aparece un deterioro que requiere una corrección casi inmediata. En el caso específico de las carreteras existen numerosas investigaciones en este sentido y a pesar de que muchos autores coinciden de manera común es este planteamiento también se encuentran otras clasificaciones dentro del tema.

PRINCIPALES ACTIVIDADES MANTENIMIENTO RUTINARIO Y PERIÓDICO	
ÁREA DE ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN
Entorno de la vía	*Rocería y limpieza *Remoción de derrumbes *Jardinería y riego de plantas ornamentales
Calzada pavimentada	*Sello de fisuras y grietas *Reposición de sello de juntas en pavimentos rígidos *Bacheo *Riego en negro *Enarenado *Sello de arena asfalto *Reparación de bordes de pavimentos asfálticos
Drenaje	*Limpieza obras de drenaje superficial longitudinal *Limpieza obras de drenaje transversal *Limpieza de subdrenes
Estructuras viales	*Mantenimiento rutinario de las estructuras viales
Señalización y ayuda a la vialidad	*Limpieza de la calzada y las bermas *Limpieza y reparación de señales verticales, postes de referencia, defensas metálicas y barandas *Mantenimiento rutinario de líneas de demarcación y de marcas viales

Ilustración 8. Principales actividades mantenimiento rutinario y periódico

Fuente: (Ortegon, 2021).

Escobar *et. al*, (2010) plantean que existen cuatro tipos de mantenimiento vial: rutinario, según auscultación, por acciones inmediatas y por obras complementarias. En el caso del primero describen las tareas a realizar subdividiendolas en las vías de superficie y las que se encuentran dentro de túneles. Básicamente las tareas a realizar en este tipo de mantenimiento son acciones de limpieza fundamentalmente a los dispositivos de drenaje, pero incluyendo

también los sistemas de señalización de la vía. En el caso de mantenimiento según auscultación lo califican como un tipo de mantenimiento correctivo que parte de la inspección por personal especializado que define las tareas más factibles a ejecutar para la adecuada conservación. Ya para el tercer tipo se habla de acciones que son necesarias realizar de manera inmediata incluso sin llegar a cumplir el ciclo de auscultación, como pueden ser daños provocados por accidentes de tránsito, la ocurrencia de incendios forestales cercanos a la vía y retiro de derrumbes o deslizamientos. El último tipo de mantenimiento definido por los autores recoge acciones que deben ejecutarse a modo de consecución pues son obras que no se concibieron en el proyecto inicial, tales como: estabilización de laderas, intersecciones o pasos a desnivel.



Ilustración 9. Mantenimiento preventivo

Fuente: (Ministerio de Obras Públicas y Transporte, 2025).



Ilustración 10. Mantenimiento correctivo.

Fuente: (EPMMOP, 2024)

En el caso de la (ASSHTO, 2001) además del mantenimiento preventivo y correctivo agrega las tareas de rehabilitación y reconstrucción. Esta organización define el mantenimiento rutinario como aquellas acciones asiduas que se necesitan para que se preserve el adecuado funcionamiento de la vía e incluye la limpieza de las carreteras, reparaciones menores de baches y mantenimiento de la señalización. También plantea que el mantenimiento preventivo se enfoca en la realización de tratamientos antes de que se aprecien daños graves, tales como sellado de grietas, tratamientos superficiales y otras actividades perfiladas a prevenir el deterioro del pavimento. En el caso del correctivo, dice que son las reparaciones que se ejecutan después de que se han reconocido las fallas mayores, y pueden ser reparación de baches grandes, reemplazo de secciones de pavimento y reparación de estructuras de puentes dañadas. Para la rehabilitación y reconstrucción plantean que son las acciones que deben acometerse cuando el pavimento se encuentra en el final de su vida útil o está ya en muy mal estado y requiere entonces cambiar por completo. La rehabilitación puede requerir la aplicación de nuevas capas de asfalto o concreto o el reciclaje del pavimento existente, que constituye una tecnología menos invasiva al medioambiente (ASSHTO, 2001).



Ilustración 11. Mantenimiento correctivo

Fuente: (Guzman, 2025).

Como ya se ha mencionado un mantenimiento oportuno incidirá directamente en los gastos y el tipo de mantenimiento a aplicar. Con una inspección periódica pueden realizarse pequeñas tareas de reparación que a largo plazo podrían traducirse en cuantiosos gastos. Además, estas inspecciones pueden contribuir a detectar si el tráfico está creciendo a niveles superiores a lo que fue diseñada la vía, lo cual es sinónimo de una carga superior en la estructura del pavimento, que trae como consecuencia segura la aparición de algún deterioro. Por ello un mantenimiento periódico acompañado de una inspección frecuente será sinónimo de rentabilidad y seguridad en la vía.

CAPÍTULO 3: METODOLOGÍA

El tramo vial que comunica las comunidades de Cruz de Punebata - Sanjapamba de la vía Simiatug está en funcionamiento, pero en condiciones precarias por lo que requiere atención especial para su análisis, la investigación llevada a cabo es aplicada de nivel técnico y los métodos utilizados combinan consideraciones cualitativas, cuantitativas, descriptivas y exploratorias. Esta metodología permitirá evaluar y planificar adecuadamente las intervenciones de mantenimiento, garantizando la seguridad y confortabilidad proporcionando una infraestructura vial confiable y duradera.

En cuanto la población o elementos a considerar y el tamaño de las muestras necesarias para la realización de este estudio están determinadas, según la diversidad y uniformidad del entorno y las variables que se evalúen están definida según la normativa técnica vigente, para este estudio se basara en el documento normativo del Ministerio de Transporte y Obras Públicas -001-F-2003. (MTOP-NEVI-12), se llevará a cabo en diferentes etapas o fases.

En la fase 1 o fase preliminar, consiste de una revisión minuciosa de la bibliografía existente relacionada con la investigación.

En la fase 2 consiste de una breve evaluación inicial (etapa 1) una inspección en sitio donde se puede constatar las necesidades de mantenimiento que posee la vía, y visualizar las zonas o sectores que deben ser atacados prioritariamente esto con el fin de llamar la atención y priorizar la necesidad de tramitar recursos para tal fin. En esta misma fase, pero ya en una siguiente etapa (etapa 2) se procede de manera sistemática, minuciosa y detallada con un equipo de expertos en la materia y cumpliendo con los estándares de calidad establecidos por la normativa vigente a realizar una inspección visual o levantamiento visual de la vía en cuestión.

Delimitación del caso de estudio.

El tramo objeto de análisis conecta la vía interprovincial a Simiatug ubicado en la provincia de Tungurahua, que conecta con las provincias de Bolívar y Cotopaxi desde la comunidad de Cruz de Punetaba y la población de Sanjapamba. Este tramo vial presenta características geométricas y topográficas variadas como se puede apreciar en el levantamiento altimétrico y corroborados en sitio.

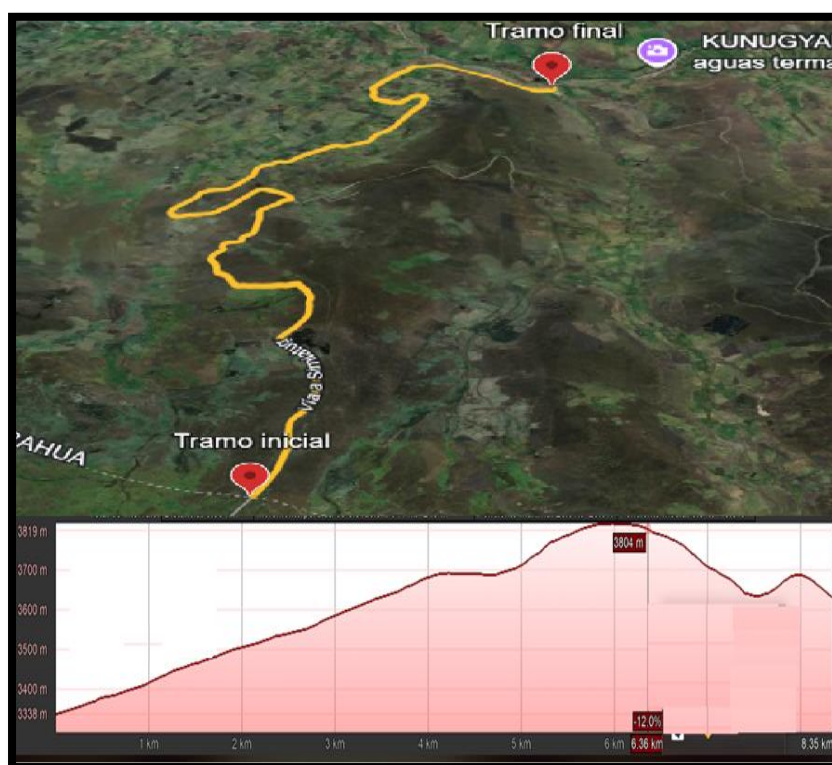


Ilustración 12. Tramo cruz Punebata – Sanjapamba (levantamiento altimétrico).

Fuente: Elaboracion Propia.

La inspección visual se realiza en el tramo Cruz de Punetaba y Sanjapamba vía Simiatug, el cual contempla un recorrido total de 8,55 km (Ilustración 12) y presenta una topografía que varía a lo largo de su eje con pendiente de hasta 12 % que va desde la cota 3338 m hasta una altura de 3804 m y posteriormente baja a 3650 m aproximadamente.

En cuanto al método que se utilizara para hacer evaluación de las características físicas resaltantes que presenta carretera se utilizara el método PAVER - PCI, ya descrito previamente. El cual consiste en dividir o seccionar la vía en tramos que posean las mismas características físicas y geométricas, si es posible y posterior iniciar la evaluación de los daños o las fallas del pavimento.

Determinación del número de muestras

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

Ilustración 13. Largo de la muestra en función del ancho de la calzada.

Fuente: (Vasquez, 2002).

$$N = (L. total del tramo)/(L. de la unidad de muestreo) \quad (1)$$

$$n = N * (\sigma)^2 / ((e^2) / (4 * (N - 1) + (\sigma^2))) \quad (2)$$

$$i = N/n \quad (3)$$

Selección de muestras

Una vez definida el número de muestras y definido el intervalo de toma de muestras se procede a plasmar en el plano de planta o matriz de intervalo de tal manera que coincidan las longitudes totales uniformar la distribución de las muestras ver (Tabla 5).

M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12	M13	M14	M15	M16	Mn
----	----	----	----	----	----	----	----	----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	----

Tabla 5. Unidades de muestra.

Fuente: Elaboración Propia

Inspección y registro de fallas

Una vez definida la muestra se procede de manera progresiva la visualización de los diferentes tramos seleccionados, minuciosa y detalladamente con un equipo de profesionales conocedores de la materia que garanticen los estándares de calidad establecidos por la normativa vigente para realizar una inspección visual o levantamiento visual de la vialidad. Toda la información es plasmada en el formato presentado en la ilustración 14.

[illegible]

Ilustración 14. Formato de recolección de datos.

Fuente: (Vásquez L. , 2002)

De esta manera se hace un registro de fallas, asignándole un valor según el índice Rango y clasificación del método PCI (Tabla 6).

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

Tabla 6. Rango y Clasificación según el PCI

Fuente: (ASTM D6433-07, 2018).

Materiales e Instrumento

Documentación /Bibliográfica	Para la documentación bibliográfica se utilizó básicamente la información suministrada en la web, los portales más reconocidos e importantes que comporten información documental de carácter académico.					
Materiales utilizados	Spray blanco	Ficha				
Instrumento/ Herramientas	Cinta manual, 50m	Regla de madera 3m	Cinta métrica 5m			
Equipos/otros	Cámara	Computadora	Softwares	Guías normativas		

Tabla 7. Materiales e instrumentos.

Fuente: Elaboración Propia

Para realizar la inspección generalmente se utiliza elementos de medición manual(odómetro, cintas de 50m y 5m), pinturas y brochas, cámaras fotográficas formatos de apuntes, posteriormente corresponde al trabajo en oficina procesar la información determinar los Índice de Condición del Pavimento (PCI), de acuerdo con los parámetros establecidos en el mismo método PCI, para el procesamiento de datos se empleará equipos de computación,

softwares (Excel, etc.), así como documentos que regulan y dictan pautas de carácter técnico y legal para llevar a cabo el procedimiento de conservación y mantenimiento de vías.

Procedimiento

Como se ha señalado previamente el trabajo de investigación se desarrollará en dos fases: fase 1 contentiva del análisis bibliográfico y la fase 2, dividida en la etapa 1 y etapa 2 ambas se refieren a la recolección de datos in situ (inspección visual).

Los datos que se recabaron en el sitio de cada sección evaluada, se analizan con el método PCI donde se debe establecer los diferentes valores según derivados del propio método:

- Densidad

$$\textbf{Densidad}\% = (A.\textbf{total de daño}) / (A.\textbf{muestra} * 100) \quad (4)$$

- Valor deducido

Para ello se utilizan los 19 ábacos específicos correspondientes a cada tipo de falla para pavimento flexible donde se puede establecer el valor deducidos, como se establece en el procedimiento normativo, como se refleja en la fig. 11, en la cual se muestra los valores de densidad en el eje x, en el eje de las ordenadas el valor deducido asignado a esa área. Además, en la gráfica también se puede observar las curvas de severidad correspondiente a los valores severidad baja, media y alta correspondiente de cada tipo de falla, este procedimiento se aplica a cada sección evaluada.

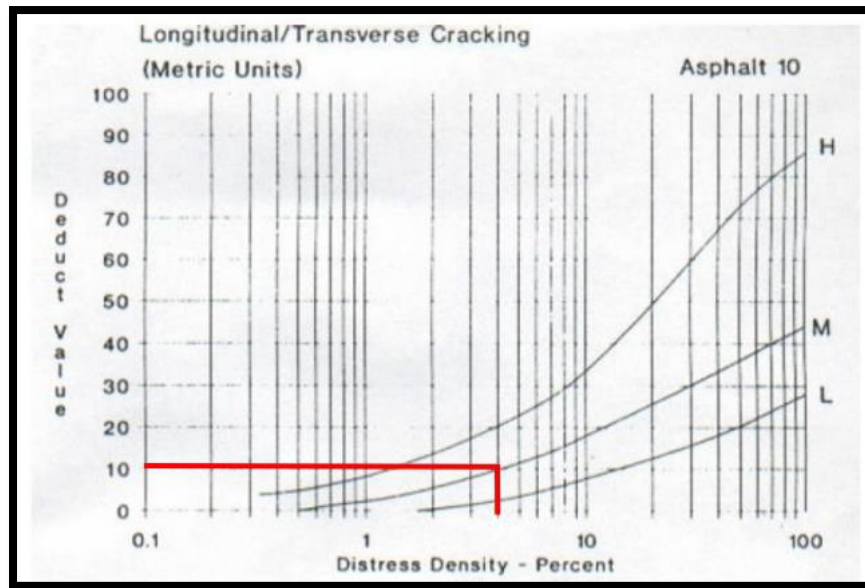


Ilustración 15. Abaco para determinar el valor deducido.

Fuente: (ASTM International, 2018)

- **Valor Deducido Total**

Corresponde a la sumatoria de los valores deducidos individuales para cada tipo de muestra en función de las fallas y las áreas correspondiente a cada falla, el método establece, si al menos uno de los valores es menor que dos, se procede a sumar todos los valores deducidos. igualmente, si todos los valores deducidos son menores que dos, también se suman.

- Número máximo admisible de Valores Deducidos

$$m_i = (1 + 9)/(98 * (100 - HDV_i)) \quad (5)$$

Donde:

m_i = numero máximo admisibles de "Valores deducidos"

HDV_i = Mayor valor deducido individual

- Valores Deducidos Final

El valor final de los valores deducidos corresponde al valor deducido total una vez que se halla corregido, Utilizando los valores correspondientes según el ábaco de la fig.12 y así obtener el VDC.

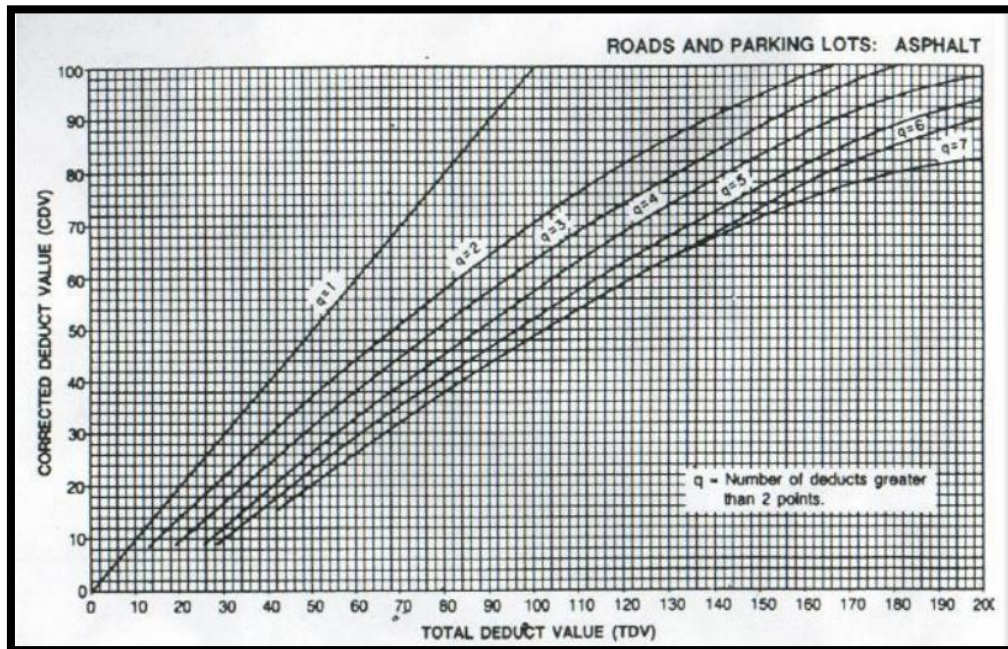


Ilustración 16. Abaco para determinar el valor deducido final.

Fuente: (ASTM International, 2018).

• Cálculo PCI

Calificación del estado de pavimento o PCI

$$PCI = 100 - VDC_{max} \quad (6)$$

Donde:

$VDC_{m\acute{a}x}$ = Valor deducido corregido máximo

Acciones que se deben a tomar para corregir las fallas en función del PCI obtenido en cada muestra, según se desprende del método PCI, tabla 7.

100-85	excelente		Mantenimiento rutinario
85-70	Muy bueno		
70-55	bueno		Mantenimiento periódico
55-40	regular		
40-25	Malo		Rehabilitación
25-10	Muy malo		Reconstrucción
10-0	fallado		

Tabla 8. Daño y acción de mantenimiento según el PCI.

Fuente: (ASTM International, 2018).

CAPÍTULO 4: PROPUESTA DE MANTENIMIENTO VIAL

Una vez realizada la inspección previa y observando las características y las fallas más resaltantes, así como también la geometría de la vía etc., consideráramos prudente. Dividir la vía en tres secciones o tramos

- Áreas de estudio. Tramo Vial Cruz de Punetaba - Sanjapamba de la vía Simiatug.

Tramo	Longitud(m)	Ancho /sección(m) (calzada)	Características
Tramo1	3860,00	6,50	Pendiente constante 9 %, elevación 3362,00 m
Tramo 2	2420,00	6,50	Pendiente variada altura máxima 3819,00 m
Tramo3	2270,00	6,50	Pendiente variada en bajada -19,90, elevación 3338, 00 m

Tabla 9. Secciones de vía por tramo/pendiente.

Fuente: Elaboración Propia.

Nota: los tramos poseen características determinantes para la evaluación PCI muy similares, por lo que consideraremos un solo tramo total.

- **Cálculo del número de muestras.**

De la tabla que representa la figura 9 se obtiene el valor teórico entre muestras dependiendo del ancho de la calzada.

Para toda la vía, calzada 6,50 se obtiene 35,40 m

- **Cálculo de la cantidad de muestras.**

Para determinar la cantidad de muestra utilizamos la ecuación 1.

$$N = 8550/35,4 = 241,53, \text{ se asume } 242$$

- **Cálculo de la cantidad de muestras mínimos.**

Para determinar la cantidad mínima de muestras utilizamos la ecuación 2.

La desviación estándar = 10 % y el error muestral se considerarán en 5 %

$$n=15,06 \text{ se asume } 15$$

- **Cálculo de intervalos de muestras**

Para determinar el intervalo de muestras utilizamos la ecuación 3.

$$i = 242/15 = 16,13 \text{ se asume } 16$$

se asume 16 como el intervalo de muestreo a fin de garantizar estar por encima de la desviación estándar y el error muestral asumido.

Las muestras serian 15 con la finalidad de dar uniformidad y abarcar todo el recorrido se extendió a 242 el número de muestras o secciones. Estas son las secciones tomadas con intervalos de cada 16 total de secciones analizadas.

U2	U18	U34	U50	U66	U82	U98	U114	U130	U146	U162	U178	U194	U210	U226
----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	------	------	------	------	------	------	------	------

Tabla 10. Intervalo de muestras.

Fuente: Elaboración Propia.

Ya establecida la longitud de las unidades de muestra, guiando en la Norma ASTM D6433-07 se procede en el pavimento a señalar con pintura para tener referencia y proceder a verificar las fallas presentes en la calzada.



Ilustración 17. Señalización e identificación de unidades de muestra.

Fuente: Elaboración Propia.

- **Cálculo de los valores deducidos y PCI**

Se presenta el calcula el valor deducido y el valor deducido corregido para cada unidad de muestra, cómo se presenta en la tabla de ábacos el resto se puede visualizar en los anexos C y anexos D, según establece el método por la ASTM D6433-07.

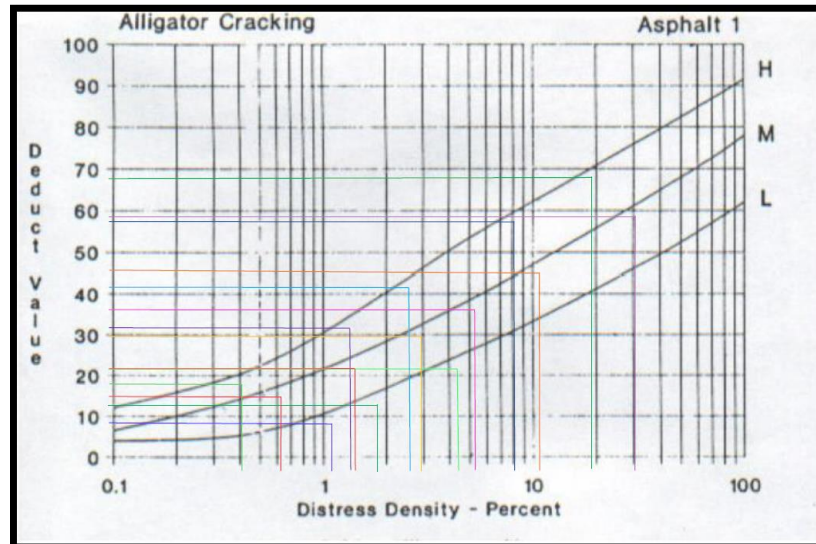


Ilustración 18. Valores deducidos para asfalto.

Fuente: Propia

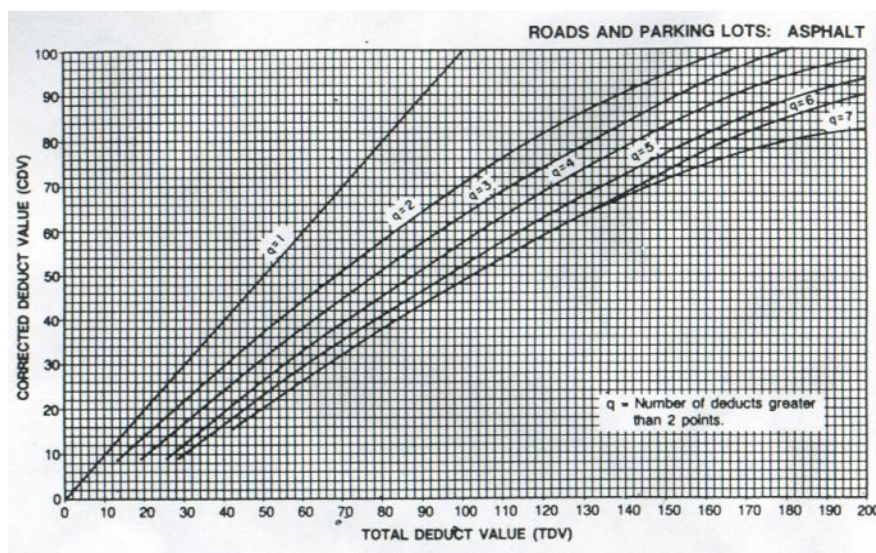


Ilustración 19. Valores deducidos corregidos para asfalto flexible.

Fuente: Propia

El análisis de cada una de las muestras en total 15 Unidades de muestras (U_m). Arrojaron como resultado 9 tipos de fallas que como se puede observar en la Tabla 11.

Muestra	Tipo de Falla								
	1	2	3	4	7	10	11	12	13
1	x	x			x	x	x		x
2	x		x		x	x			x
3	x				x	x	x		
4	x				x	x	x		x
5	x				x	x			
6					x	x		x	
7	x		x	x	x	x	x		
8	x				x	x		x	x
9	x				x	x		x	x
10	x				x	x			
11	x				x	x			x
12	x				x	x			
13	x				x	x			
14			x		x	x		x	
15	x				x	x			

Tabla 11. Tipos de fallas/ muestras.

Fuente: Elaboración Propia.

La Tabla 12 indica la cantidad de veces que aparece un tipo de falla por unidad de muestra y el porcentaje que representa del total de fallas.

Muestra	Descripción Falla	Cantidad	Porcentaje (%)
1	Piel de cocodrilo	13	86,67
2	Exudación	1	6,67
3	Agrietamiento en bloque	3	20,00
4	Abultamientos y hundimientos	1	6,67
7	Grietas de borde	15	100
10	grietas longitudinales y transversales	15	100
11	Parcheo y acometida de obras de servicios públicos	4	26,67
12	Pulimento de agregados	4	26,67
13	huecos	6	40,00

Tabla 12. Resumen de incidencia de falla por muestra.

Fuente: Elaboración Propia.

La grafica 1 corresponde al porcentaje de incidencias de las fallas en el tramo de estudio analizado

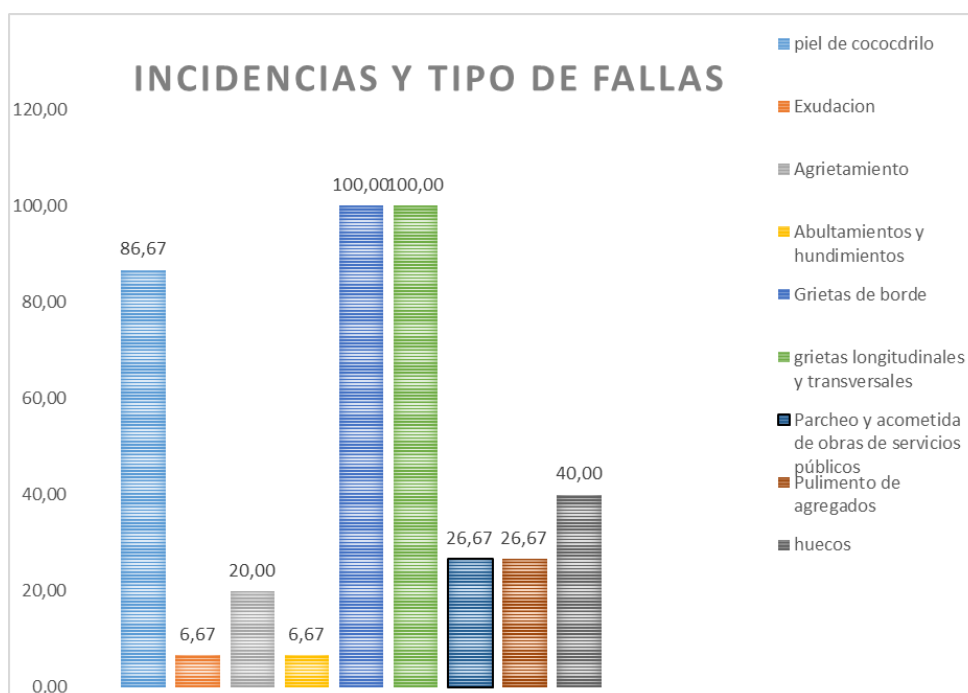


Ilustración 20. Comportamiento de fallas (%).

Fuente: Elaboración Propia.

Se analizaron las secciones progresivas de la U2 hasta U226, se obtuvieron los valores correspondientes del PCI para cada unidad siguiendo el procedimiento de cálculo establecido por el método, los resultados se pueden observar en la Tabla 13.

Tramo	Prog. Inicial	Prog. Final	Longitud(m)	PCI	Condición	Índice
U2	0+035.4	0+070.8	35,40	23,8	Muy malo	
U18	0+637.2	0+672.6	35,40	18,3	Muy malo	
U34	1+203.6	1+239	35,40	50,03	Regular	
U50	1+770	1+805.4	35,40	18,34	Muy malo	
U66	2+336.4	2+371.8	35,40	29,15	Malo	
U82	2+902.8	2+938.2	35,40	86,4	Excelente	
U98	3+469.2	3+504.6	35,40	7,3	Fallado	
U114	4+035.6	4+071	35,40	39,7	Malo	
U130	4+602	4+637.4	35,40	56	Bueno	
U146	5+168.4	5+203.8	35,40	58,15	Bueno	
U162	5+734.8	5+770.2	35,40	53,55	Regular	
U178	6+301.2	6+336.6	35,40	77,55	Muy bueno	
U194	6+867.6	6+903	35,40	76	Muy bueno	
U210	7+434	7+469.4	35,40	72	Muy bueno	
U226	8+000.4	8+035.8	35,40	56,4	Bueno	

Tabla 13. Incidencia del PCI.

Fuente: Elaboración Propia.

La Tabla 14 refleja un resumen de la incidencia del PCI expresado en condición de comportamiento por unidad de muestra y el porcentaje que representa del total.

Condición	# de Tramos	Porcentajes (%)
Excelente	1	6,67
Muy bueno	3	20,00
Bueno	3	20,00
Regular	2	13,33
Malo	2	13,33
Muy malo	3	20,00
Fallado	1	6,67

Tabla 14. Resumen de incidencia del PCI.

Fuente: Elaboración Propia.

La grafica 2 corresponde al porcentaje de incidencias del PCI en función de la condición la vía objeto de este análisis.

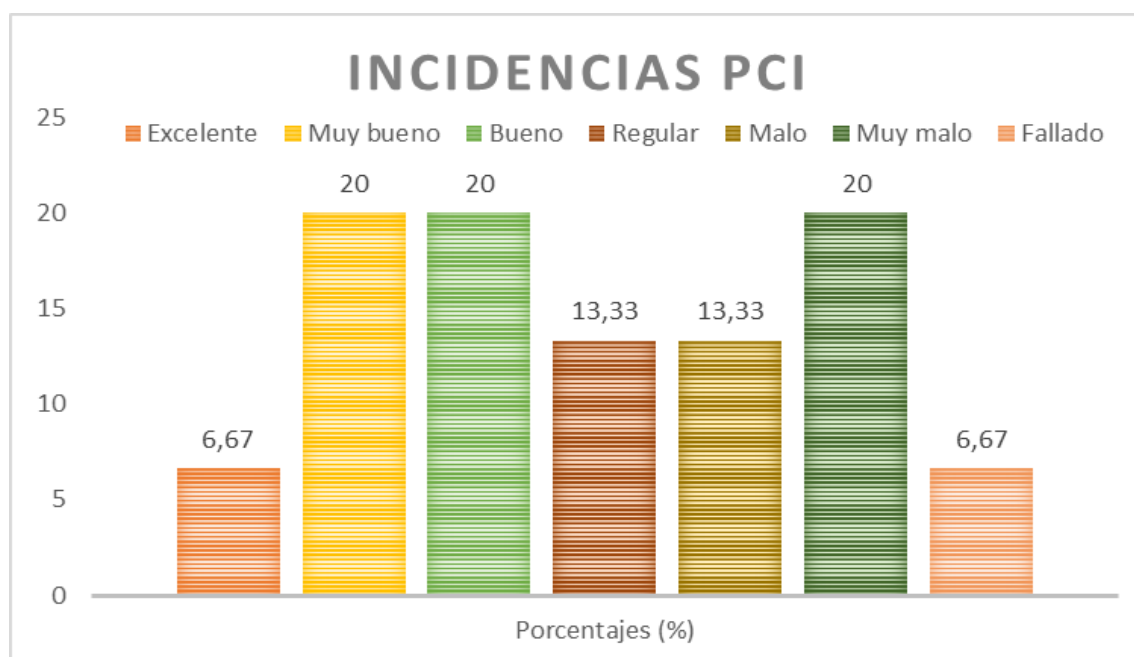


Ilustración 21. Comportamiento del PCI (%).

Fuente: Elaboración Propia.

Posterior a lograr el valor del PCI para cada muestra, se toma en consideración la Tabla 15, según NEVI-12, donde se puede ver la actividad recomendada en función del rango del PCI donde se halle cada muestra.

PCI	Actividad de Conservación Recomendada
0 – 25	Reconstrucción
26 – 55	Rehabilitación
56 – 85	Mantenimiento Periódico
86 - 100	Mantenimiento Rutinario

Tabla 15. Acción /PCI.

Fuente: (NEVI- M- 12, 2013))

Cuando se analizan cada una de las secciones de muestras por el método del PCI y teniendo en consideración los valores expuestos en la Tabla 13 se puede obtener como atención de conservación recomendada para cada tramo las descripciones mostradas en la tabla 16.

Tramo	PCI	Condición	Índice	Actividad de Conservación Recomendada
U2	23,8	Muy malo		Reconstrucción
U18	18,3	Muy malo		Reconstrucción
U34	50,03	Regular		Rehabilitación
U50	18,34	Muy malo		Reconstrucción
U66	29,15	Malo		Rehabilitación
U82	86,4	Excelente		Mantenimiento Rutinario
U98	7,3	Fallado		Reconstrucción
U114	39,7	Malo		Rehabilitación
U130	56	Bueno		Mantenimiento Periódico

U146	58,15	Bueno		Mantenimiento Periódico
U162	53,55	Regular		Rehabilitación
U178	77,55	Muy bueno		Mantenimiento Periódico
U194	76	Muy bueno		Mantenimiento Periódico
U210	72	Muy bueno		Mantenimiento Periódico
U226	56,4	Bueno		Mantenimiento Periódico

Tabla 16. Incidencias de actividad preventivas por tramo.

Fuente: Elaboración Propia.

La Tabla 15 refleja un resumen de la incidencia de la actividad a seguir por cada tramo analizado, tomando en consideración el valor del PCI según la tabla 15.

Actividad de Conservación Recomendada	# de Tramos	Porcentajes (%)
Reconstrucción	4	26,67
Rehabilitación	4	26,67
Mantenimiento Periódico	6	40,00
Mantenimiento Rutinario	1	6,66

Tabla 17. Resumen de incidencia de actividades.

Fuente: Elaboración Propia.

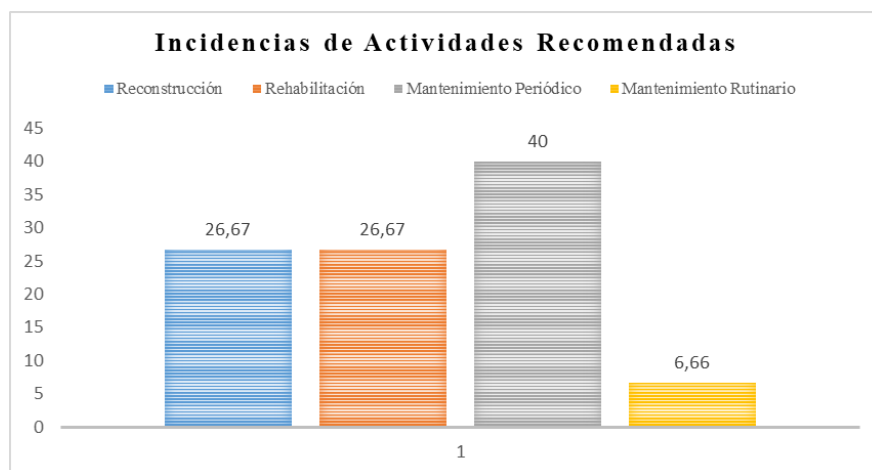


Ilustración 22. Comportamiento de las actividades (%).

Fuente: Elaboración Propia.

Los resultados expresados en la Grafica 3 corresponden al porcentaje de incidencias de las actividades recomendadas para la intervención de conservación vial en el trayecto analizado;

la Tabla 18 considera las fallas en cada tramo y en función de su localización se recomienda una actividad específica como alternativa tomando en consideración el manual de conservación vial NEVI-12(capitulo 6).

Tramo	Falla	Severidad	Área (m ²)	Densidad (%)	Alternativa	Actividad Recomendada	Vida útil (años)
U1	1	H	4,21	1,83	Reposición en áreas pequeñas, incluyendo la base(bacheo).	Rutinario	4-6
		L	41,04	17,84			
	2	M	1,35	0,59	Calentamiento y colocación de arena con pase de rodillo.	Rutinario	1-2
	7	M	70,80	30,77	Reposición parcial de la capa de asfalto áreas pequeñas (bacheo asfáltico).	Rutinario	1/3
	10	H	20	8,69	Colocación de capa de sello en áreas fisuradas (emulsión asfáltica/arena).	Rutinario	0.5-1.5
		L	3,36	1,46	Colocación de capa rejuvenecedora con emulsión bituminosa.	Rutinario	2
	11	H	43,64	18,97	Reposición en áreas pequeñas, de mezcla asfáltica temporal variable (bacheo temporario).	Temporal	0.5-2
	13	M	1	0,43	Reposición parcial de la capa de asfalto áreas pequeñas (bacheo asfáltico).	Rutinario	1-3

U18	1	H	9,4	4,09	Reposición en áreas pequeñas, incluyendo la base(bacheo).	Rutinario	4-6
		M	11,49	4,99			
	3	L	2	0,87	Colocación de capa rejuvenecedora con emulsión bituminosa.	Rutinario	2
	7	L	70,80	30,77	Reposición parcial de la capa de asfalto áreas pequeñas (bacheo asfáltico).	Rutinario	0.5-1.5
	10	L	6,31	2,74	Colocación de capa rejuvenecedora con emulsión bituminosa.	Rutinario	2
		M	4,73	2,06	Colocación de capa de sello en áreas fisuradas (emulsión asfáltica/arena).	Rutinario	2
	11	M	38,56	16,76	Reposición en áreas pequeñas, de mezcla asfáltica temporal variable (bacheo temporal).	Temporal	0.5-2
	13	H	1	0,43	Reposición parcial de la capa de asfalto áreas pequeñas (bacheo asfáltico).	Rutinario	1-3
U34	1	H	2,48	1,08	Reposición en áreas pequeñas, incluyendo la base(bacheo).	Rutinario	4-6
		M	1,44	0,63			
		L	0,95	0,41			
	7	L	70,80	30,77	Reposición parcial de la capa de asfalto áreas pequeñas (bacheo asfáltico).	Rutinario	0.5-1.5
	10	L	3,77	1,64	Colocación de capa rejuvenecedora con emulsión bituminosa.	Rutinario	2
	11	L	88,38	38,41	Reposición en áreas pequeñas, de mezcla asfáltica temporal	Temporal	0.5-2

					variable (bacheo temporario).		
U50	1	H	6,34	2,76	Reposición en áreas pequeñas, incluyendo la base(bacheo).	Rutinario	4-6
		M	17,11	7,44			
	7	L	70,80	30,77	Reposición parcial de la capa de asfalto áreas pequeñas (bacheo asfaltico).	Rutinario	0.5-1.5
	10	L	29,09	12,64	Colocación de capa rejuvenecedora con emulsión bituminosa.	Rutinario	2
	11	H	2,1	0,91	Reposición en áreas pequeñas, de mezcla asfáltica temporal variable (bacheo temporario).	Temporal	0.5-2
		M	12,53	5,45			
	13	L	1	0,43	Reposición parcial de la capa de asfalto áreas pequeñas (bacheo asfaltico).	Rutinario	1-3
U66	1	H	63,18	27,46	Reposición en áreas, incluyendo la base(bacheo) + mezcla asfáltica mejorada	Rehabilitación	8-10
		M	32,74	14,23			
	7	L	70,80	30,77	Reposición parcial de la capa de asfalto áreas pequeñas (bacheo asfaltico).	Rutinario	0.5-1.5
	10	L	22,14	9,62	Colocación de capa rejuvenecedora con emulsión bituminosa.	Rutinario	2
U82	1	H	70,8	30,77	Reposición en áreas, incluyendo la base(bacheo) + mezcla asfáltica mejorada	Rehabilitación	8-10
	7	M	20,59	8,59	Reposición parcial de la capa de asfalto áreas pequeñas (bacheo asfaltico).	Rutinario	1/3

	10	L	29,09	12,64	Colocación de capa rejuvenecedora con emulsión bituminosa.	Rutinario	2
U98	1	H	3,46	1,50	Reposición en áreas, incluyendo la base(bacheo) + mezcla asfáltica mejorada	Rehabilitación	8-10
		M	5,62	2,44			
	3	L	7,21	3,13	Colocación de capa rejuvenecedora con emulsión bituminosa.	Rutinario	2
	4	H	6,7	2,91	tratamientos precedentes y nivelación previa con mezcla asfáltica en caliente.	Rehabilitación	8-10
	7	L	70,80	30,77	Reposición parcial de la capa de asfalto áreas pequeñas (bacheo asfáltico).	Rutinario	0.5-1.5
	10	M	4,38	1,90	Colocación de capa de sello en áreas fisuradas (emulsión asfáltica/arena)	Rutinario	2
	11	M	16,57	7,20	Reposición en áreas pequeñas, de mezcla asfáltica temporal variable (bacheo temporario).	Temporal	0.5-2
		H	20,63	8,97			
U114	1	M	4,1	1,78	Reposición en áreas pequeñas, incluyendo la base(bacheo).	Rutinario	4-6
		L	21,74	9,45			
	7	L	70,8	30,77	Reposición parcial de la capa de asfalto áreas pequeñas (bacheo asfáltico).	Rutinario	0.5-1.5
	10	M	6,64	2,89	Colocación de capa de sello en áreas fisuradas (emulsión asfáltica/arena)	Rutinario	2
		L	4,72	2,05	Colocación de capa rejuvenecedora	Rutinario	2

					con emulsión bituminosa.		
	12	M	31,28	13,59	Sellado de la superficie con lechada asfáltica (parcial o total).	Rutinario	3-5
		L	94,25	40,96			
	13	L	1	0,43	Reposición parcial de la capa de asfalto áreas pequeñas (bacheo asfáltico).	Rutinario	1-3
U130	1	L	31,47	13,68	Reposición en áreas pequeñas, incluyendo la base(bacheo).	Rutinario	4-6
	7	L	70,80	30,77	Reposición parcial de la capa de asfalto áreas pequeñas (bacheo asfáltico).	Rutinario	0.5-1.5
	10	L	22,74	9,88	Colocación de capa rejuvenecedora con emulsión bituminosa.	Rutinario	2
	12	L	94,69	41,15	Sellado de la superficie con lechada asfáltica (parcial o total).	Rutinario	3-5
	13	L	1	0,43	Reposición parcial de la capa de asfalto áreas pequeñas (bacheo asfáltico).	Rutinario	1-3
U146	1	M	16,75	7,28	Reposición en áreas pequeñas, incluyendo la base(bacheo).	Rutinario	4-6
		L	1,82	0,79			
	7	L	70,80	30,77	Reposición parcial de la capa de asfalto áreas pequeñas (bacheo asfáltico).	Rutinario	0.5-1.5
	10	M	25,89	11,25	Colocación de capa de sello en áreas fisuradas (emulsión asfáltica/arena)	Rutinario	2
		L	9,35	4,06	Colocación de capa rejuvenecedora con emulsión bituminosa.	Rutinario	2
U162	1	M	9,18	3,99	Reposición en áreas pequeñas,	Rutinario	4-6

					incluyendo la base(bacheo).		
	7	L	27,42	11,92	Reposición parcial de la capa de asfalto áreas pequeñas (bacheo asfáltico).	Rutinario	0.5-1.5
	10	H	7,04	3,06	Colocación de capa de sello en áreas fisuradas (emulsión asfáltica/arena)	Rutinario	0.5-1.5
		L	30,89	13,42	Colocación de capa rejuvenecedora con emulsión bituminosa.	Rutinario	2
	13	H	1	0,43	Reposición parcial de la capa de asfalto áreas pequeñas (bacheo asfáltico).	Rutinario	1-3
U178	1	L	5,8	2,52	Reposición en áreas pequeñas, incluyendo la base(bacheo).	Rutinario	4-6
	7	L	35,4	15,38	Reposición parcial de la capa de asfalto áreas pequeñas (bacheo asfáltico).	Rutinario	0.5-1.5
	10	L	36,66	15,93	Colocación de capa rejuvenecedora con emulsión bituminosa.	Rutinario	2
U194	1	L	65,5	28,47	Reposición en áreas pequeñas, incluyendo la base(bacheo).	Rutinario	4-6
	7	L	35,4	15,38	Reposición parcial de la capa de asfalto áreas pequeñas (bacheo asfáltico).	Rutinario	0.5-1.5
	10	L	10,74	4,67	Colocación de capa rejuvenecedora con emulsión bituminosa.	Rutinario	2
U210	2	H	11,6	5,04	Calentamiento y colocación de arena con pase de rodillo.	Rutinario	1-2

	7	L	35,40	15,38	Reposición parcial de la capa de asfalto áreas pequeñas (bacheo asfáltico).	Rutinario	0.5-1.5
	10	L	20,15	8,76	Colocación de capa rejuvenecedora con emulsión bituminosa.	Rutinario	2
	12	L	17,11	7,44	Sellado de la superficie con lechada asfáltica (parcial o total).	Rutinario	3-5
U226	1	H	2,75	1,20	Reposición en áreas, incluyendo la base(bacheo) + mezcla asfáltica mejorada	Rehabilitación	8-10
	7	L	70,80	30,77	Reposición parcial de la capa de asfalto áreas pequeñas (bacheo asfáltico).	Rutinario	0.5-1.5
	10	M	34	14,78	Colocación de capa de sello en áreas fisuradas (emulsión asfáltica/arena)	Rutinario	2

Tabla 18. Alternativa de reparación.

Fuente: Elaboración Propia.

Discusión y análisis

Para responder el objetivo específico 1, referido a realizar un levantamiento detallado del estado actual de la vía Cruz de Punetaba - Sanjapamba en la vía Simiatug mediante la inspección visual para determinar su condición y los tipos de falla, planteado en el marco de este estudio se debe mostrar los resultados en la Tabla 12. Resumen de Incidencia de Falla por Muestra o la Gráfica 1. Comportamiento de las Fallas (%) en ambas se muestran las fallas presentadas en la vía y sus incidencias en cada sección tratada. Podemos encontrar por ejemplo que el 100 % de los tramos analizados presentan fallas de grietas de bordes y grietas longitudinales o transversales además que el 86,67 correspondiente a 13 secciones presentan fallas del tipo piel de cocodrilo, siendo estas características más frecuentes, existen en total 9

fallas presente en la totalidad de la vía entre las fallas alrededor al 26 % son las referidas a agrietamiento en bloque, reparación de parches(sectores) y acometida de obras de servicios públicos, Pulimento de agregados, huecos y Agrietamiento en bloque, también están presente fallas con baja incidencia exactamente el 6,67 % como son Exudación, Abultamientos y hundimientos, estos se desprende de los análisis hechos a cada una de las unidades de muestreos según se ve en los formatos que van desde U2-U226, aun cuando se posee esta información no se puede emitir juicio de valor en cuanto al comportamiento o acción a tomar ,por lo que se hace necesario pasar al segundo objetivo de esta investigación y revisar detalladamente los resultados para tener sustento técnico para elaborar una propuesta . En los análisis aplicados a los resultados reflejados en la Tabla 14 y la Gráfica 2, se puede responder el objetivo 2 Aplicar el método PAVER sobre la base del cálculo del (PCI) para analizar los datos recopilados durante la inspección y clasificar el estado del pavimento en el tramo. Allí se expresa que el 46 ,67 % de la vialidad tiene condiciones entre excelente y bueno, un porcentaje correspondiente al 6,67% está totalmente fallado y el restante se encuentra en el rango que va de regular a muy malo.

En función de los análisis antes expuestos en lo objetivo 1 y 2 y las consideraciones normativas expuestas en el volumen 6 NEVi-12 se procede a proponer según se evidencia de los análisis correspondientes a la Tabla 17. Resumen de Incidencias de Actividades y Gráfica 3. Comportamiento de las Actividades (%) en ambas observaciones arrojan resultados de Reconstrucción en un 26,67 %, Rehabilitación en otro 26,67 %, Mantenimiento Periódico un 40,00 % y Mantenimiento Rutinario 6,66 % sin embargos esto resultados no se pueden extrapolar directamente aun cuando se hacen interesantes a la hora de proponer y estimar recursos y programaciones a la hora de ejecutar se hace necesario profundizar en el análisis a nivel local. finalmente será en manos del ente ejecutor conjuntamente con los inspectores. donde recaerá la toma de la decisión final de cómo se ejecutará la recuperación, pero no deja

de ser importante el estudio sobre todo para tener un conocimiento y una estimación previa entre costo y actividad .es importante se considere la Propuesta de mantenimiento y conservación según se puede ver en la Tabla 18, donde se consideran los trabajos que deben llevarse a cabo para la reparación, preservación y acciones preventiva en función de la falla y la localización de la misma.

Descripción de la propuesta de mantenimiento.

finalmente será el ejecutor del proyecto. Quien tome de la decisión final de cómo se ejecutará el plan de mantenimiento vial, pero no deja de ser importante el estudio sobre todo para tener un conocimiento y una estimación previa entre costo y actividad .es importante se considere la Propuesta de mantenimiento y conservación según se puede ver en la Tabla 18, donde se consideran las acciones a tomar para la reparación, conservación y mantenimiento de la vialidad estudiada en función de la falla que presenta, la localización de la misma (grado de localización) y la severidad que presenta dicha falla. Entonces proponemos se consideren los resultados y consideraciones de la tabla antes mencionada como propuesta para adoptar una solución que se aproxima más a la realidad.

CAPÍTULO 5: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

De acuerdo con los resultados obtenidos luego de haber evaluado la vialidad entre las poblaciones de Punetaba - Sanjapamba de la vía Simiatug. aplicando el método del PCI siguiendo el procedimiento estándar establecido por la ASTM D6433-07, se ha podido tener una relación estadística por medio del análisis de 15 muestras correspondientes a dicha vialidad , se hace una aproximación de las condiciones actuales de la calzada y las posible acciones a seguir tanto en la construcción como en el mantenimiento y conservación de las infraestructura a fin de que garantizar el mayor periodo de funcionamiento en condiciones óptimas para beneficio de sus usuarios. Se concluye:

- Se han identificados nueve (9) fallas potenciales con diferentes porcentajes de incidencias de las cuales el 46,67 % se encuentra en el rango positivo que va de bueno a excelente y el restante está en la valoración negativa que va de regular ha fallado sin embargo no son valores determinantes para definir las condiciones del pavimento de una manera general.
- El 40 % de la vialidad requiere de atención de mantenimiento periódico, otro porcentaje importante que supera el 50 % es necesario reconstruirla y una parte menos importante de 5,66% necesita mantenimiento rutinario.
- Aun cuando los resultados de la evaluación de la vialidad por el método del PCI revisten importancia significativa, no siempre es determinante o definitivo este método para ejecutar los trabajo de recuperación, como se evidencia en nuestro estudio, no existe una valor de los parámetros determinante que nos pueda llevar a una acción definida y esto se debe a la variabilidad que presentan las fallas, por lo que es importante tener en

consideración la opiniones técnicas de los especialistas a la hora de ejecutar las acciones ya que estas pudieran cambiar o no ceñirse realmente a lo dictado por la evaluación hecha.

- El método de evaluación del PCI cobra importancia cuando se va a estimar los recursos para la ejecución de los trabajos de recuperación porque se puede extrapolar a toda la vialidad los resultados obtenidos en el muestreo, pero debe considerarse con cuidado cuando se va a ejecutar pues la solución será definida por los entes involucrados y tomadas en el sitio en el momento de cuando se lleven a cabo los trabajos.

RECOMENDACIONES

Los resultados expuestos en las propuestas de ejecución y mantenimientos para la conservación de la vialidad en cuestión deben ser remitidos al ente competente a fin de que se gestionen las estimaciones presupuestarias suficientes y a tiempo con el fin de iniciar las labores de recuperación lo más pronto posible, así como también incentivar a estos entes a que proporcionen una evaluación más profunda en cuanto a determinar los causales de dicho deterioros para acometer trabajos de rectificación que puedan disminuir la influencias de estos factores por ejemplo revisar el funcionamiento del drenaje.

Debe tenerse consideración especial la importancia que tienen factores externos que tienen que ver con las condiciones medioambiental que posee el entorno como el clima, el tránsito, la disposición de los elementos tomados en cuenta en la construcción, incluso el diseño de la estructura del pavimento, la existencia de drenajes superficiales adecuados entre otras, lo cuales son elementos fundamentales para dar un funcionamiento en condiciones óptimas con el menor costo posible por tiempos más prolongado.

Es importante evaluar profundamente en sitio a la hora ejecutar los trabajos y tomar en consideración las condiciones actuales reales ya que estas pudieran variar en comparación con la evaluación, es aquí donde debe tomarse en consideración las opiniones de los constructores

e inspectores definidos para las labores, pues la toma definitiva de las soluciones debe ser consensuadas.

BIBLIOGRAFÍA

- Alonzo, J. F. (2023). *Uso del método PCI para evaluar la funcionalidad del pavimento flexible de la avenida La Cultura en el sector San Sebastián*. Tesis de grado, Universidad Continental, Facultad De Ingeniería, Cusco, Perú.
- Arohuilca, E. (2023). *Mantenimiento periódico del camino vecinal emp. AP-721 (Toracca) – emp. AP-104 (Puerta Blanca) y su relación con costos y presupuestos en Turpo- Andahuaylas*. Tesis de grado, Huacho, Perú.
- ASSHTO. (2001). *Política Sobre Diseño Geométrico De Caminos Y Calles*. Washington. Obtenido de <https://es.slideshare.net/slideshow/libro-verde-aashto-2011/67225117>
- ASTM D6433-07. (2018). *Procedimiento Estandar para la Inspección del Índice de Condición del Pavimento*. Pensilvania.
- ASTM International. (2018). *Standard practice for roads and parking lots pavement condition index surveys*.
- Cabrera, E. (2022). *Análisis técnico de mejoramiento de vías con adoquines de concreto en urbanización Villareal*. Tesis de grado, Universidad de Antioquia, Facultad de Ingeniería. Obtenido de <https://hdl.handle.net/10495/28576>
- CAF. (2010). *Mantenimiento Vial Informe Sectorial*. Corporación Andina de Fomento. Obtenido de https://scioteca.caf.com/bitstream/handle/123456789/402/IS_Mantenimiento_vial.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Callejas, R. (2010). *Formulación y Evaluación de un Plan Negocio*. Quito, Ecuador: McGraw Hill. doi:978-9942-03-111-2
- Cayambe, P., & Santillán, J. (2015). *Evaluación De Pavimentos Flexibles Por El Metodo Paver Y Propuesta De Mantenimiento Vial Integral De La Carretera Colta-Alausi De La Provincia De Chimborazo*. Riobamba.

- Cordo, O. (2006). *Diseño De Pavimentos (ASSHTO-93)*. La Paz. Obtenido de https://www.academia.edu/34103801/DISENO_DE_PAVIMENTO_METODO_AASHTO_93_ESPANOL_1_
- De La Cruz, S. A., Ibañez, C. E., & Coaquira, D. Y. (Diciembre de 2022). Determinación de índice de serviciabilidad y capacidad resistente. Caso práctico: pavimentos en Azángaro, Puno, Perú. *Infraestructura Vial*, 24(43). doi: <http://dx.doi.org/10.15517/iv.v24i43.48563>
- Echeverría Loachamín, K. (2024). *Mejora de la Gestión para el mantenimiento del pavimento rígido de la Av. El Inca desde Av. de las Palmeras hasta Av. de la Prensa a través de su posible deterioro*. Tesis de Posgrado, Universidad Nacional de Chimborazo, Riobamba, Ecuador. Obtenido de <http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/13407>
- EPMMOP. (2024). Obtenido de <https://www.quitoinforma.gob.ec/tag/epmmop/>
- Escobar, J. L., Gómez Barrera, H., & Santana Martínez, L. E. (2010). *Manual Para El Mantenimiento De Carreteras*. Tesis de Especialidad, Universidad Militar "Nueva Granada", Facultad de Ingeniería, Bogotá, Colombia.
- Flores-De Valgas Giler, S. B., & Mogrovejo-Carrasco, D. E. (2018). Evaluación Funcional Del Pavimento Flexible En La Red Vial Rural De Portoviejo, Ecuador. *Revista Científica Multidisciplinaria Arbitrada Yachasun*, 7(13). Obtenido de <http://editorialibkn.com/index.php/Yachasun/article/view/404>
- Giordani, C., & Leone, D. (s/f). *Pavimentos*. Obtenido de https://www.fro.utn.edu.ar/repositorio/catedras/civil/1_anio/civil1/files/IC%20I-Pavimentos.pdf

- Gordillo, T. (2024). La durabilidad de un pavimento rígido y la versatilidad de un flexible. *AreaUrbana*. Obtenido de <https://areaurbana.com/la-durabilidad-de-un-pavimento-rigido-y-la-versatilidad-de-un-flexible/>
- Guzman, I. (2025). *Mantenimiento correctivo*. Obtenido de <https://es.scribd.com/document/639346593/Mantenimiento-correctivo-frente-a-mantenimiento-preventivo-y-predictivo>
- Hernández C., J. (2021). *Análisis comparativo de parámetros de auscultación de pavimentos flexibles, PCI y OPI, avenida Los Precursores, San Juan de Miraflores*. tesis de grado, Universidad Cesar Vallejo, Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Lima, Perú. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12692/69290>
- Huamani Arone, J., Rimayhuaman Taípe, O., & Tito Catalán, X. (2022). Influencia del Mantenimiento Vial y Satisfacción del Usuario. *Ciencia Lartina. Revista Multidisciplinar*, 6(5). doi: https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v6i5.3202
- Huarcaya, W. L., & Solano, J. J. (2024). *Evaluación de fallas funcionales mediante los métodos PCI, VIZIR y PASER del pavimento flexible en la Avenida Moore, Huacho*. Tesis de grado, Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión, Facultad de Ingeniería Civil . Obtenido de <http://hdl.handle.net/20.500.14067/9499>
- Lozano, L. A. (2021). *Mantenimiento vial y satisfacción del usuario del Instituto Vial Provincial de San Martín*. Tesis de maestría, Universidad Cesar Vallejo.
- maile. (2024). *plan de mantenimiento*. Tesis de grado, Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, Ambato, Ecuador.
- Martos, J. L. (2023). *Diagnostico de la condición superficial del pavimento flexible en la avenida Universitaria tramo entre las avenidas Metropolitana y Tomas Valle, los Olivos región Lima*. tesis de grado, Universidad Privada Antenor Orrego, Facultad De Ingeniería, Trujillo, Perú. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12759/10255>

- Medina, G. A., & Vicente, J. C. (2022). *Rehabilitación mediante las metodologías OPI y VIZIR para mejorar la condición de pavimento flexible en el tramo Huacapongo-Tomabal-Viru*. Tesis de grado, Universidad Cesar Vallejo, Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Lima Peru.
- Mendoza, J. D. (2021). *Análisis comparativo de cuatro metodologías de evaluación superficial de pavimentos en sectores típicos de la rutas a cargo de la administración vial del INVIAS territorial META*. Tesis de grado, Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Manizales, Colombia.
- Ministerio de Obras Públicas y Transporte. (marzo de 2025). Obtenido de <https://www.obraspublicas.gob.ec/microempresas-realizan-mantenimiento-en-las-vias-de-la-provincia-de-el-oro/>
- Miranda, R. (2010). *Deterioros En Pavimentos Flexibles Y RígidoS*. Chile. Obtenido de <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2010/bmfcim672d/doc/bmfcim672d.pdf>
- MOPC. (1990). *Ministerio De Obras Públicas Y Comunicaciones*. PUERTO RICO. Obtenido de <https://www.mopc.gob.do/media/2335/sistema-identifici%C3%B3n-fallas.pdf>
- Moreno, L., Parrales, G., Cobos, D., Cordero, M. P., Ponce, J., Baque, B., & Pino, J. (2018). *Mantenimiento y conservación de carreteras. Alicante*. 3C.
- Moya, J. (2024). *Evaluación Estructural Del Pavimento De La Vía San Juan, Que Va Desde La Intersección Entre San Bartolo Y García Moreno A Lascomunidades De García Moreno, Chacata El Carmen, San Juan Ysan Jacinto, Cantón Santiago De Pillaro, Provincia Detungurahua, Ecuador*. Tesis De Grado, Universidad Técnica De Ambato, Facultad Ingeniería Civil Y Mecánica.
- MTOP. (2018). *Avanza la rehabilitación y mejoramiento de la vía Salinas Simiatug*. Recuperado el 18 de febrero de 2025, de Ministerio de Transporte y Obras Públicas:

<https://www.obraspublicas.gob.ec/mtop-avanza-en-la-rehabilitacion-y-mejoramiento-de-la-via-salinas-simiatug/>

- Navarro, L. A., & Vilela, L. M. (2021). *Evaluación Superficial de la Vía Vecinal Tramo Desvío Villa Batanes – Centro Poblado Charanal Bajo, Distrito de Chulucanas – Piura*. Tesis de grado, Universidad Cesar Vallejo, Facultad de INgeniería y Arquitectura, PIURA – PERU. Obtenido de <https://core.ac.uk/download/520205888.pdf>
- Navarro-Moreno, J., Calvo-Poyo, F., Garach, L., & de Oña, J. (2021). Influencia del gasto en construcción y mantenimiento de carreteras en la seguridad vial en el contexto europeo. En U. d. Institucional (Ed.), *Congreso de Ingeniería del Transporte CIT 2021 (14°. 2021)*. Burgos. doi:10.36443/10259/7035
- NEVI- M- 12. (2013). *Volumen N2-Libro A Norma para estudios y diseños viales*.
- Oblitas-Gastelo, B., Medina-Cardozo, I., & Paredes-Asalde, C. (2021). *Oblitas-Gastelo, B Índice de regularidad internacional e índice de condición de pavimento para definir niveles de serviciabilidad de pavimentos. Iteckne,.*
- Ortegon, L. (2021). *Proyectos Viales: Mantenimiento Periódico, Rutinario Y Rehab.* Obtenido de https://www.youtube.com/watch?v=__R1s-Q1Zz8
- Pazmiño, H. V., Quinabanda, M. A., & Rea, M. F. (2023). *Variación en las temperaturas superficiales e internas de Carpetas flexibles en pavimentos expuestas a climas extremos*. Riobamba, Universidad Nacional de Chimborazo. Obtenido de <http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/12041>
- Pérez, L. (2023). *Análisis de la siniestralidad en motos en la ciudad de Villavicencio (Meta), identificación de puntos negros*.
- Porras, D. F. (2020). *Evaluación funcional del pavimento flexible aplicando el Índice Global del Pavimento (OPI), avenida Los Eucaliptos, San Juan de Miraflores*. Tesis de

grado, Universidad Cesar Vallejo, Facultad de Ingeniería y Arquitectura, LIMA - PERÚ.

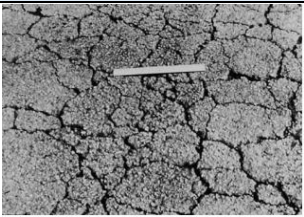
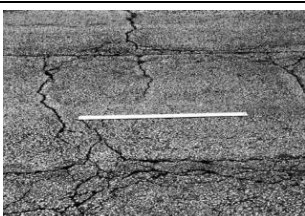
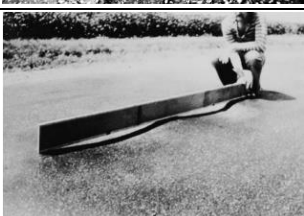
- Power, S. (2023). *Propuesta de plan de mantenimiento del pavimento basado en herramientas predictivas y técnicas de inteligencia artificial. Aplicación a la carretera A-23 desde PK 17+000(provincia de Valencia) hasta PK 27+000 (provincia de*. Tesis de Grado, Universitat Politècnica De València, Valencia, España.
- Predeanu, E. (2018). *Análisis Comparativo De Las Metodologías De Diseño De Firmes Flexibles De Nueva Construcción Y Rehabilitación De Carreteras Y Estudio De Su Implementación En Un Sistema De Gestión De Pavimento*. Madrid. Obtenido de https://oa.upm.es/52785/1/TFM_ELENA_DIANA_PREDEANU.pdf
- Ramírez Medina, D. A., & Valenzuela Robles, L. S. (enero-diciembre de 2023). Plan de mantenimiento periódico del pavimento en el tramo Paradero Las Retamas – Puente Los Ángeles. *Infraestructura Vial* , 25(44). doi:10.15517/iv.v25i44.51309
- Redrovan, F. I. (2021). *Evaluación vial y alternativas de rehabilitación para la vía Azogues-San Miguel de Porotos-Jatumpamba*. Tesis de grado, Universidad de Cuenca. Obtenido de <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/36652>.
- Rodríguez, A. H. (2019). *Evaluacion de pavimentos flexibles por el método Paver en la avenida J. Leopoldo Carrera Calvo del cantón La Libertad*. Tesis de grado, Universida Estatal de la Península de Santa Elena, Facultad de Ciencias de la Ingeniería, La Libertad, Ecuador. Obtenido de <https://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/5036>
- Solis, C. J. (2024). *Estrategias para el mantenimiento de pavimentos flexibles utilizando el método PCI en la carretera Pasco – Yanahuanca 2022*. Tesis de grado, Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, Facultad de Ingeniería. Recuperado el 12 de febrero de 2025, de <http://repositorio.undac.edu.pe/handle/undac/4342>

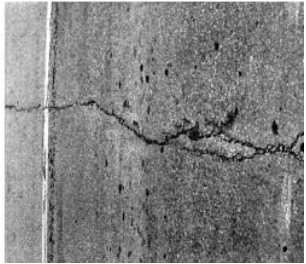
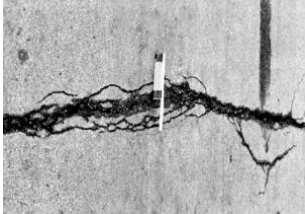
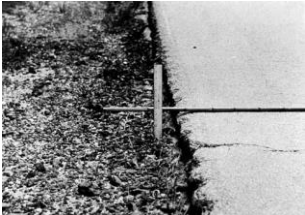
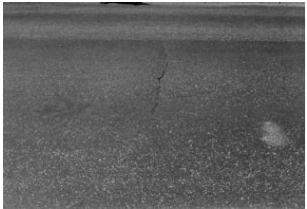
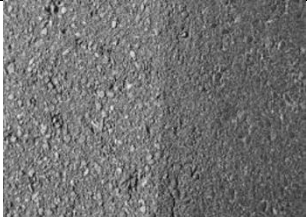
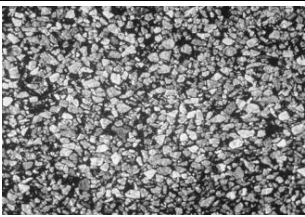
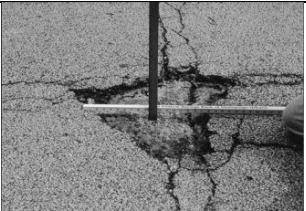
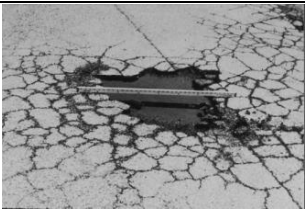
- Tamayo, J. L. (2024). *Desarrollo de un plan de mantenimiento de las vías que abarcan una longitud de km 4+000 y conectan el barrio la libertad con el sector gran Colombia, ubicados en la parroquia Huachi Grande del Cantón Ambato, provincia Tungurahua*. Tesis de grado, Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, Ambato, Ecuador. Recuperado el 16 de febrero de 2025, de <https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&opi=89978449&url=https://repositorio.uta.edu.ec/items/a7f3512f-3ccf-491f-a611-99a0a137dc8d/full>
- Tapia, M. (2008). *Pavimentos*. Mexico. Obtenido de <file:///C:/Users/Asus/Desktop/libros%20tesis/PAVIMENTOS.pdf>
- Tapia, M. (s.f.). *Pavimentos*. Universidad Nacional Autónoma De México, México. Obtenido de <file:///C:/Users/Asus/Desktop/libros%20tesis/PAVIMENTOS.pdf>
- Varela, L. (2002). *PAVEMENT CONDITION*. Universidad Nacional de Colombia., Manizales. Obtenido de <https://sjnavarro.wordpress.com/wp-content/uploads/2008/08/manual-pci1.pdf>
- Vásquez, A. C. (2023). *Evaluación del estado del pavimento de la vía “Mira-El Hato”, tramo San Luis - Santa Isabel en el Cantón Mira, mediante el método PCI, para el desarrollo de una propuesta de intervención vial*. Tesis de grado, Universidad Internacional SEK, Facultad de Arquitectura e Ingeniería, Quito, Ecuador.
- Vásquez, A. C. (2023). *Evaluación del estado del pavimento de la vía “Mira-El Hato”, tramo San Luis - Santa Isabel en el Cantón Mira, mediante el método PCI, para el desarrollo de una propuesta de intervención vial*. Tesis de grado, Universidad Internacional SEK, Facultad de Arquitectura e Ingeniería, Quito, Ecuador. Obtenido de <http://repositorio.uisek.edu.ec/handle/123456789/5066>
- Vásquez, L. (2002). *Índice de Condición de Pavimento Manual (PCI)*. Obtenido de wordpress.com/2008/08/

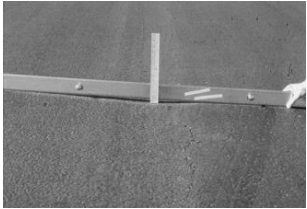
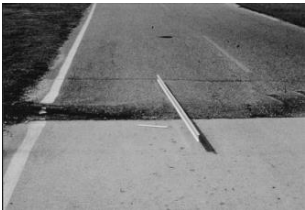
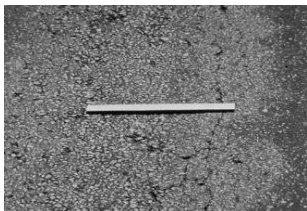
VASQUEZ, L. (2002). *PAVEMENT CONDITION (PCI)*. Colombia. Recuperado el Febrero de 2002, de <https://sjnavarro.wordpress.com/wp-content/uploads/2008/08/manual-pci1.pdf>

Zambrano B., C. E., & Villacreses, C. G. (2023). Gestión de la conservación de la vía de acceso a san juan del cantón manta-ecuador a través del SISTEMA HDM-4. *Revista Científica Multidisciplinaria Arbitrada Yachasun*, 7(12), 286–322. Obtenido de <http://editorialibkn.com/index.php/Yachasun/article/view/349>

Anexo A. Nivel de severidad descriptos en el Manual del PCI.

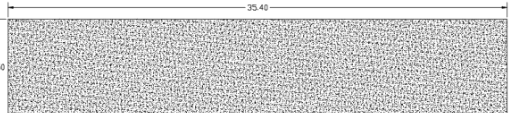
No.	Nombre del deterioro	Nivel de severidad		
		Bajo	Medio	Alto
1	Piel de cocodrilo <i>(Alligator Cracking)</i>			
2	Exudación de asfalto <i>(Bleeding)</i>			
3	Grietas de contracción (bloque) <i>(Block Cracking)</i>			
4	Elevaciones-Hundimientos <i>(Bumps and Sags)</i>			
5	Corrugación <i>(Corrugation)</i>			
6	Depresión <i>(Depression)</i>			
7	Grietas de borde <i>(Edge Cracking)</i>			

No.	Nombre del deterioro	Nivel de severidad		
		Bajo	Medio	Alto
8	Grietas de reflexión de juntas <i>(Joint Reflection Cracking)</i>			
9	Desnivel calzada – paseo <i>(Lane-Shoulder Drop Off)</i>			
10	Grietas longitudinales y transversales <i>(Longitudinal and Transverse Cracking)</i>			
11	Parches y parches de cortes utilitarios <i>(Patching and Utility Cut Patching)</i>			
12	Agregados pulidos <i>(Polished Aggregate)</i>			
13	Huecos <i>(Potholes)</i>			

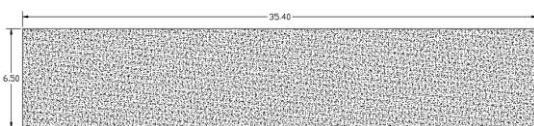
No.	Nombre del deterioro	Nivel de severidad		
		Bajo	Medio	Alto
14	Cruce de rieles <i>(Railroad Crossing)</i>			
15	Ahuellamiento <i>(Rutting)</i>			
16	Deformaciones por empuje <i>(Shoving)</i>			
17	Grietas por deslizamiento <i>(Slippage Cracking)</i>			
18	Hinchamiento <i>(Swell)</i>		Ejemplo de hinchamiento. El nivel de severidad es basado en el criterio de la calidad del viaje <i>Example Swell. Severity level is based on ride quality criteria.</i>	
19	Disgregación y desintegración <i>(Weathering and Raveling)</i>			

Anexo B. ficha de registro de fallas y Resultados del PCI para cada Unidad de Muestra.

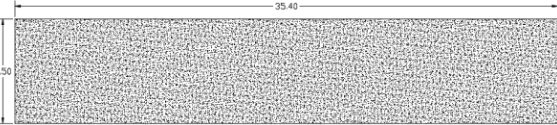
U2

 UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK ECUADOR SER MEJORES										ESQUEMA 									
VIA: "Vía a simiatug", tramo cruz de punebata - sanjapamba																			
FECHA: 28/12/2024					UNIDAD DE MUESTRA: U2														
REALIZADO POR: Bayron Sigcha					ÁREA DE MUESTRA: 230,1														
ABSCISA INICIAL: 0+035.4					ABSCISA FINAL: 0+070.8														
TIPOS DE FALLA																			
1. Piel de cocodrilo										m2									
2. Exudación										m2									
3. Agrietamiento en bloque										m2									
4. Abultamientos y Hundimientos										m									
5. Corrugación										m2									
6. Depresión										m2									
7. Grietas de borde										m									
8. Grietas de reflexión de junta										m									
9. Desnivel carril										m									
10. Grietas longitudinales y transversales										m									
11. Parcheo y acometidas de servicios públicos										m2									
12. Pulimento de agregados										m2									
13. Huecos										N									
14. Cruce de vía férrea										m2									
15. Ahuellamiento										m2									
16. Desplazamiento										m2									
17. Grietas parabólicas										m2									
18. Hinchamiento										m2									
19. Desprendimiento de agregados										m2									
FALLA	SEVERIDAD	CANTIDADES PARCIALES								TOTAL	DENSIDAD %	VALOR DEDUCIDO							
1	L	4,21							4,21	1,83	15,00								
1	H	12,8	8,84	19,4					41,04	17,84	69,00								
2	M	1,35							1,35	0,59	2,50								
7	M	35,4	35,4						70,8	30,77	24,00								
10	L	2,08	4,72	13,2					20	8,69	7,00								
10	H	3,36							3,36	1,46	4,00								
11	H	11,1	18,79	13,75					43,64	18,97	25,00								
13	M	1							1	0,43	19,00								
CALCULO DE PCI																			
Valor deducido más alto				69,00				Número máximo de VD (m)				3,85							
N	VALORES DEDUCIDOS								VDI	q	CDV								
1	69,00	25,00	24,00	16,15					134,15	4	76,2								
2	69,00	25,00	24,00	2,00					120,00	3	74								
3	69,00	25,00	2,00	2,00					98,00	2	70,2								
4	69,00	2,00	2,00	2,00					75,00	1	75,7								
										MAX. CDV	76,2								
INDICE DE CONDICION DE PAVIMENTO (PCI)										PCI= 100-MAX CDV									
										PCI= 23,8									
CONDICION DEL PAVIMENTO (RATING)										Muy malo									

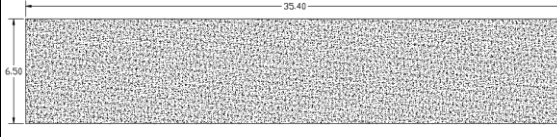
U18

 UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK INSPECCIÓN Y EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN DEL PAVIMENTO E IDENTIFICACIÓN DEL TIPO DE FALLA										ESQUEMA 														
VIA:					"Vía a simiatug", tramo cruz de punebata - sanjapamba																			
FECHA:					28/12/2024					UNIDAD DE MUESTRA:					U18									
REALIZADO POR:					Bayron Sigcha					ÁREA DE MUESTRA:					230,1									
ABSCISA INICIAL					0+637.2					ABSCISA FINAL					0+672.6									
TIPOS DE FALLA																								
1. Piel de cocodrilo										m2					11. Parcheo y acometidas de servicios públicos					m2				
2. Exudación										m2					12. Pulimento de agregados					m2				
3. Agrietamiento en bloque										m2					13. Huecos					N				
4. Abultamientos y Hundimientos										m					14. Cruce de vía férrea					m2				
5. Corrugación										m2					15. Ahuellamiento					m2				
6. Depresión										m2					16. Desplazamiento					m2				
7. Grietas de borde										m					17. Grietas parabólicas					m2				
8. Grietas de reflexión de junta										m					18. Hinchamiento					m2				
9. Desnivel carril										m					19. Desprendimiento de agregados					m2				
10. Grietas longitudinales y transversales										m														
FALLA	SEVERIDAD	CANTIDADES PARCIALES								TOTAL	DENSIDAD %	VALOR DEDUCIDO												
1	L	9,4							9,4	4,09	24,00													
1	M	7,17	4,32						11,49	4,99	69,00													
3	L	2							2	0,87	0,00													
7	L	35,4	35,4						70,8	30,77	12,00													
10	L	3,35	0,7	0,3	1,96				6,31	2,74	2,60													
10	M	4,73							4,73	2,06	6,50													
11	M	38,56							38,56	16,76	14,50													
13	H	1							1	0,43	38,00													
CALCULO DE PCI																								
Valor deducido más alto		69,00		Número máximo de VD (m)		3,85																		
N	VALORES DEDUCIDOS								VDT	q	CDV													
1	69,00	38,00	24,00	12,33					143,33	4	81,7													
2	69,00	38,00	24,00	2,00					133,00	3	80,1													
3	69,00	38,00	2,00	2,00					111,00	2	76,3													
4	69,00	2,00	2,00	2,00					75,00	1	75,7													
										MAX. CDV	81,7													
INDICE DE CONDICION DE PAVIMENTO (PCI)																								
PCI=										100-MAX CDV														
PCI=										18,3														
CONDICION DEL PAVIMENTO (RATING)																								
Muy malo																								

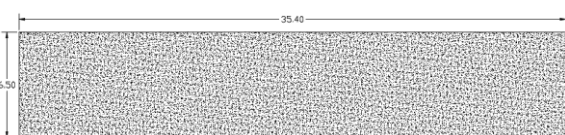
U50

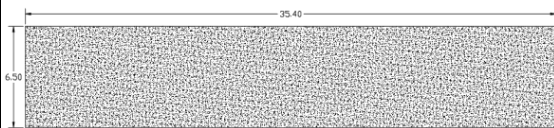
 UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK INSPECCIÓN Y EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN DEL PAVIMENTO E IDENTIFICACIÓN DEL TIPO DE FALLA										ESQUEMA 																													
VIA:		"Vía a simiatug", tramo cruz de punebata - sanjapamba																																					
FECHA:		28/12/2024								UNIDAD DE MUESTRA:		U50																											
REALIZADO POR:		Bayron Sigcha								ÁREA DE MUESTRA:		230,1																											
ABSCISA INICIAL		1+770								ABSCISA FINAL		1+805.4																											
TIPOS DE FALLA																																							
1. Piel de cocodrilo										m2										11. Parcheo y acometidas de servicios públicos										m2									
2. Exudación										m2										12. Pulimento de agregados										m2									
3. Agrietamiento en bloque										m2										13. Huecos										N									
4. Abultamientos y Hundimientos										m										14. Cruce de vía férrea										m2									
5. Corrugación										m2										15. Ahuellamiento										m2									
6. Depresión										m2										16. Desplazamiento										m2									
7. Grietas de borde										m										17. Grietas parabólicas										m2									
8. Grietas de reflexión de junta										m										18. Hinchamiento										m2									
9. Desnivel carril										m										19. Desprendimiento de agregados										m2									
10. Grietas longitudinales y transversales										m																													
FALLA	SEVERIDAD	CANTIDADES PARCIALES								TOTAL	DENSIDAD %	VALOR DEDUCIDO																											
1	M	1,03	5,31							6,34	2,76	32,00																											
1	H	1,62	2,02	3,01	5,28	2,54	2,64			17,11	7,44	59,00																											
7	L	35,4	35,4							70,8	30,77	12,00																											
10	L	1,33	1,12	3,17	2,08	18,1	3,29			29,09	12,64	9,00																											
11	M	2,1								2,1	0,91	9,00																											
11	H	4,67	4,62	3,24						12,53	5,45	39,00																											
13	L	1								1	0,43	10,00																											
CALCULO DE PCI																																							
Valor deducido más alto										59,00										Número máximo de VD (m)										4,77									
N	VALORES DEDUCIDOS								VDT	q	CDV																												
1	59,00	39,00	32,00	12,00	7,70				149,70	5	77,85																												
2	59,00	39,00	32,00	12,00	2,00				144,00	4	80																												
3	59,00	39,00	32,00	2,00	2,00				134,00	3	81,66																												
4	59,00	39,00	2,00	2,00	2,00				104,00	2	72,27																												
5	59,00	2,00	2,00	2,00	2,00				67,00	1	66,25																												
										MAX. CDV										81,66																			
INDICE DE CONDICION DE PAVIMENTO (PCI)										PCI= 100-MAX CDV PCI= 18,34																													
CONDICION DEL PAVIMENTO (RATING)										Muy malo																													

U98

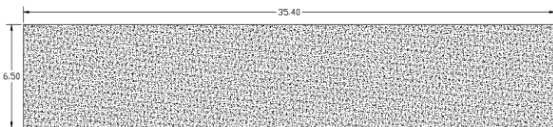
 UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK ECUADOR SER MEJORES INSPECCIÓN Y EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN DEL PAVIMENTO E IDENTIFICACIÓN DEL TIPO DE FALLA		ESQUEMA 								
VIA:	"Vía a simiatug", tramo cruz de punebata - sanjapamba									
FECHA:	28/12/2024	UNIDAD DE MUESTRA:	U98							
REALIZADO POR:	Bayron Sigcha	ÁREA DE MUESTRA:	230,1							
ABSCISA INICIAL	3+469.2	ABSCISA FINAL	3+504.6							
TIPOS DE FALLA										
1. Piel de cocodrilo	m2	11. Parcheo y acometidas de servicios públicos	m2							
2. Exudación	m2	12. Pulimento de agregados	m2							
3. Agrietamiento en bloque	m2	13. Huecos	N							
4. Abultamientos y Hundimientos	m	14. Cruce de vía férrea	m2							
5. Corrugación	m2	15. Ahuellamiento	m2							
6. Depresión	m2	16. Desplazamiento	m2							
7. Grietas de borde	m	17. Grietas parabólicas	m2							
8. Grietas de reflexión de junta	m	18. Hinchamiento	m2							
9. Desnivel carril	m	19. Desprendimiento de agregados	m2							
10. Grietas longitudinales y transversales	m									
FALLA	SEVERIDAD	CANTIDADES PARCIALES	TOTAL	DENSIDAD %	VALOR DEDUCIDO					
1	M	3,46		3,46	24,00					
1	H	5,62		5,62	43,00					
3	L	7,21		7,21	3,50					
4	H	6,7		6,7	50,00					
7	L	35,4	35,4	70,8	12,00					
10	M	4,38		4,38	6,00					
11	M	16,57		16,57	28,00					
11	H	14,63	6	20,63	49,00					
CALCULO DE PCI										
Valor deducido más alto		50,00		Número máximo de VD (m)						
				5,59						
N	VALORES DEDUCIDOS							VDT	q	CDV
1	50,00	49,00	43,00	28,00	24,00	7,08		201,08	6	90
2	50,00	49,00	43,00	28,00	24,00	2,00		196,00	5	92,7
3	50,00	49,00	43,00	28,00	2,00	2,00		174,00	4	92
4	50,00	49,00	43,00	2,00	2,00	2,00		148,00	3	88
5	50,00	49,00	2,00	2,00	2,00	2,00		107,00	2	74,3
6	50,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00		60,00	1	60
									MAX. CDV	92,7
ÍNDICE DE CONDICION DE PAVIMENTO (PCI)								PCI= 100-MAX CDV PCI= 7,3		
CONDICION DEL PAVIMENTO (RATING)								Fallado		

U114

 UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK INSPECCIÓN Y EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN DEL PAVIMENTO E IDENTIFICACIÓN DEL TIPO DE FALLA										ESQUEMA 	
VIA:		"Vía a simiatug", tramo cruz de punebata - sanjapamba									
FECHA:		28/12/2024		UNIDAD DE MUESTRA:		U114					
REALIZADO POR:		Bayron Sigcha		ÁREA DE MUESTRA:		230,1					
ABSCISA INICIAL		4+035.6		ABSCISA FINAL		4+071					
TIPOS DE FALLA											
1. Piel de cocodrilo		m2		11. Parcheo y acometidas de servicios públicos		m2					
2. Exudación		m2		12. Pulimento de agregados		m2					
3. Agrietamiento en bloque		m2		13. Huecos		N					
4. Abultamientos y Hundimientos		m		14. Cruce de vía férrea		m2					
5. Corrugación		m2		15. Ahuellamiento		m2					
6. Depresión		m2		16. Desplazamiento		m2					
7. Grietas de borde		m		17. Grietas parabólicas		m2					
8. Grietas de reflexión de junta		m		18. Hinchamiento		m2					
9. Desnivel carril		m		19. Desprendimiento de agregados		m2					
10. Grietas longitudinales y transversales		m									
FALLA	SEVERIDAD	CANTIDADES PARCIALES						TOTAL	DENSIDAD %	VALOR DEDUCIDO	
1	L	4,1						4,1	1,78	26,00	
1	M	21,74						21,74	9,45	48,00	
7	L	35,4	35,4					70,8	30,77	12,00	
10	L	6,64						6,64	2,89	2,50	
10	M	4,72						4,72	2,05	6,00	
12	L	31,28						31,28	13,59	5,50	
12	M	94,25						94,25	40,96	13,50	
13	L	1						1	0,43	10,00	
CALCULO DE PCI											
Valor deducido más alto		48,00		Número máximo de VD (m)				5,78			
N	VALORES DEDUCIDOS							VDT	q	CDV	
1	48,00	26,00	13,50	12,00	10,00	4,68		114,18	6	56	
2	48,00	26,00	13,50	12,00	10,00	2,00		111,50	5	58	
3	48,00	26,00	13,50	12,00	2,00	2,00		103,50	4	58,77	
4	48,00	26,00	13,50	2,00	2,00	2,00		93,50	3	58,5	
5	48,00	26,00	2,00	2,00	2,00	2,00		82,00	2	60,3	
6	48,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00		58,00	1	58,75	
									MAX. CDV	60,3	
INDICE DE CONDICION DE PAVIMENTO (PCI)								PCI= 100-MAX CDV PCI= 39,7			
CONDICION DEL PAVIMENTO (RATING)								Malo			

 UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK SER MEJORES INSPECCIÓN Y EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN DEL PAVIMENTO E IDENTIFICACIÓN DEL TIPO DE FALLA										ESQUEMA 							
VIA:		"Vía a simiatug", tramo cruz de punebata - sanjapamba															
FECHA:		28/12/2024				UNIDAD DE MUESTRA:		U146									
REALIZADO POR:		Bayron Sigcha				ÁREA DE MUESTRA:		230,1									
ABSCISA INICIAL		5+168.4				ABSCISA FINAL		5+203.8									
TIPOS DE FALLA																	
1. Piel de cocodrilo				m2				11. Parcheo y acometidas de servicios públicos				m2					
2. Exudación				m2				12. Pulimento de agregados				m2					
3. Agrietamiento en bloque				m2				13. Huecos				N					
4. Abultamientos y Hundimientos				m				14. Cruce de vía férrea				m2					
5. Corrugación				m2				15. Ahuellamiento				m2					
6. Depresión				m2				16. Desplazamiento				m2					
7. Grietas de borde				m				17. Grietas parabólicas				m2					
8. Grietas de reflexión de junta				m				18. Hinchamiento				m2					
9. Desnivel carril				m				19. Desprendimiento de agregados				m2					
10. Grietas longitudinales y transversales				m													
FALLA		SEVERIDAD		CANTIDADES PARCIALES						TOTAL		DENSIDAD %		VALOR DEDUCIDO			
1		L		4,37		12,38				16,75		7,28		30,00			
1		M		1,82						1,82		0,79		20,00			
7		L		35,4		35,4				70,8		30,77		12,00			
10		L		4,03		4,92		16,94		25,89		11,25		8,00			
10		M		9,35						9,35		4,06		10,00			
CALCULO DE PCI																	
Valor deducido más alto				30,00				Número máximo de VD (m)				7,43					
N		VALORES DEDUCIDOS								VDT		q		CDV			
1		30,00		20,00		12,00		10,00		8,00		80,00		5		40,3	
2		30,00		20,00		12,00		10,00		2,00		74,00		4		41,85	
3		30,00		20,00		12,00		2,00		2,00		66,00		3		42	
4		30,00		20,00		2,00		2,00		2,00		56,00		2		41,85	
5		30,00		2,00		2,00		2,00		2,00		38,00		1		37,9	
												MAX. CDV		41,85			
ÍNDICE DE CONDICION DE PAVIMENTO (PCI)												PCI=		100-MAX CDV			
												PCI=		58,15			
CONDICION DEL PAVIMENTO (RATING)												Bueno					

U210

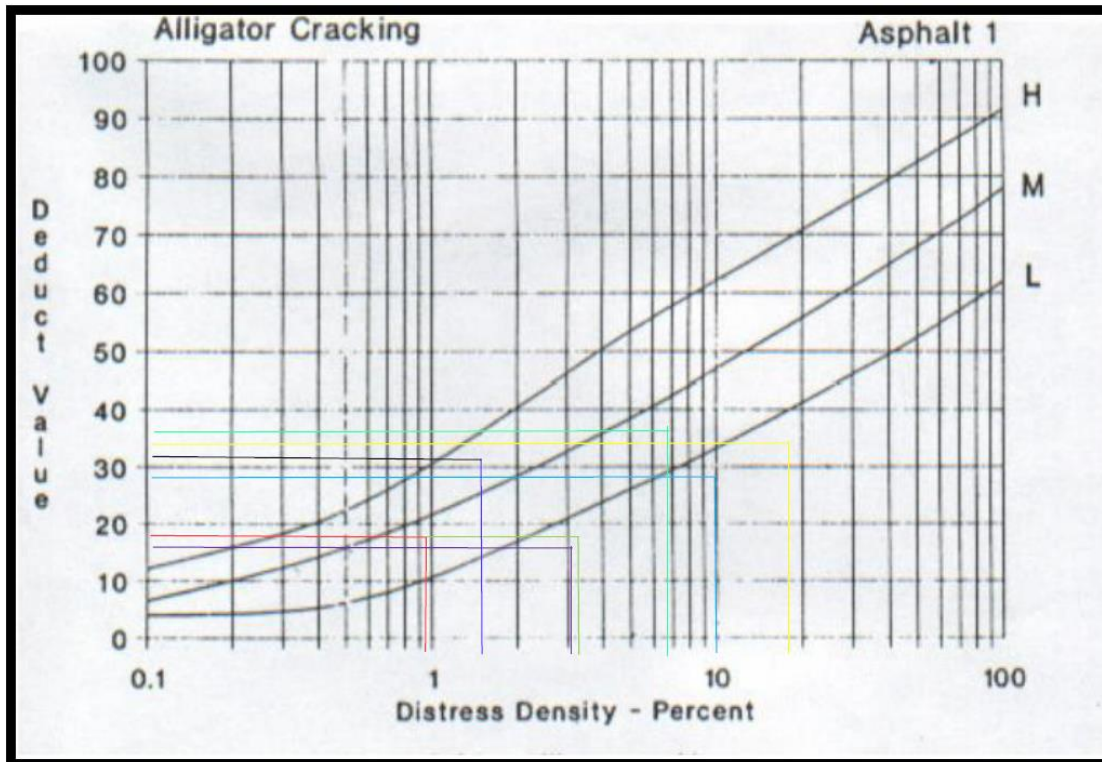
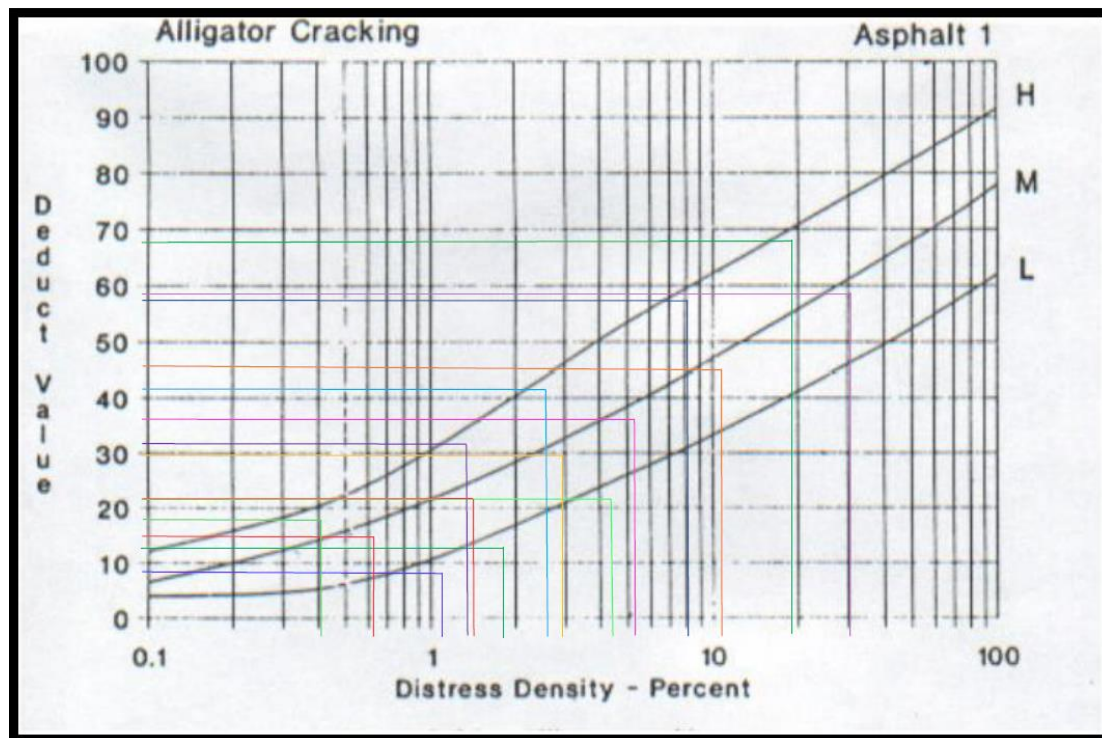
 UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK SER MEJORES INSPECCIÓN Y EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN DEL PAVIMENTO E IDENTIFICACIÓN DEL TIPO DE FALLA										ESQUEMA 									
VIA:		"Vía a simiatug", tramo cruz de punebata - sanjapamba																	
FECHA:		28/12/2024								UNIDAD DE MUESTRA:				U210					
REALIZADO POR:		Bayron Sigcha								ÁREA DE MUESTRA:				230,1					
ABSCISA INICIAL		7+434								ABSCISA FINAL				7+469,4					
TIPOS DE FALLA																			
1. Piel de cocodrilo				m2				11. Parcheo y acometidas de servicios públicos				m2							
2. Exudación				m2				12. Pulimento de agregados				m2							
3. Agrietamiento en bloque				m2				13. Huecos				N							
4. Abultamientos y Hundimientos				m				14. Cruce de vía férrea				m2							
5. Corrugación				m2				15. Ahuellamiento				m2							
6. Depresión				m2				16. Desplazamiento				m2							
7. Grietas de borde				m				17. Grietas parabólicas				m2							
8. Grietas de reflexión de junta				m				18. Hinchamiento				m2							
9. Desnivel carril				m				19. Desprendimiento de agregados				m2							
10. Grietas longitudinales y transversales				m															
FALLA		SEVERIDAD		CANTIDADES PARCIALES								TOTAL		DENSIDAD %		VALOR DEDUCIDO			
3		H		11,6								11,6		5,04		22,00			
7		L		35,4								35,4		15,38		8,00			
10		L		1,74		3,95		3,39		3,97		1,54		5,56		20,15			
12		L		17,11								17,11		7,44		3,00			
CALCULO DE PCI																			
Valor deducido más alto				22,00				Número máximo de VD (m)				8,16							
N		VALORES DEDUCIDOS								VDT		q		CDV					
1		22,00		8,00		7,00		3,00				40,00		4		18,5			
2		22,00		8,00		7,00		2,00				39,00		3		24			
3		22,00		8,00		2,00		2,00				34,00		2		24,45			
4		22,00		2,00		2,00		2,00				28,00		1		28			
														MAX. CDV		28			
INDICE DE CONDICION DE PAVIMENTO (PCI)										PCI=		100-MAX CDV							
										PCI=		72							
CONDICION DEL PAVIMENTO (RATING)										Muy bueno									

U226

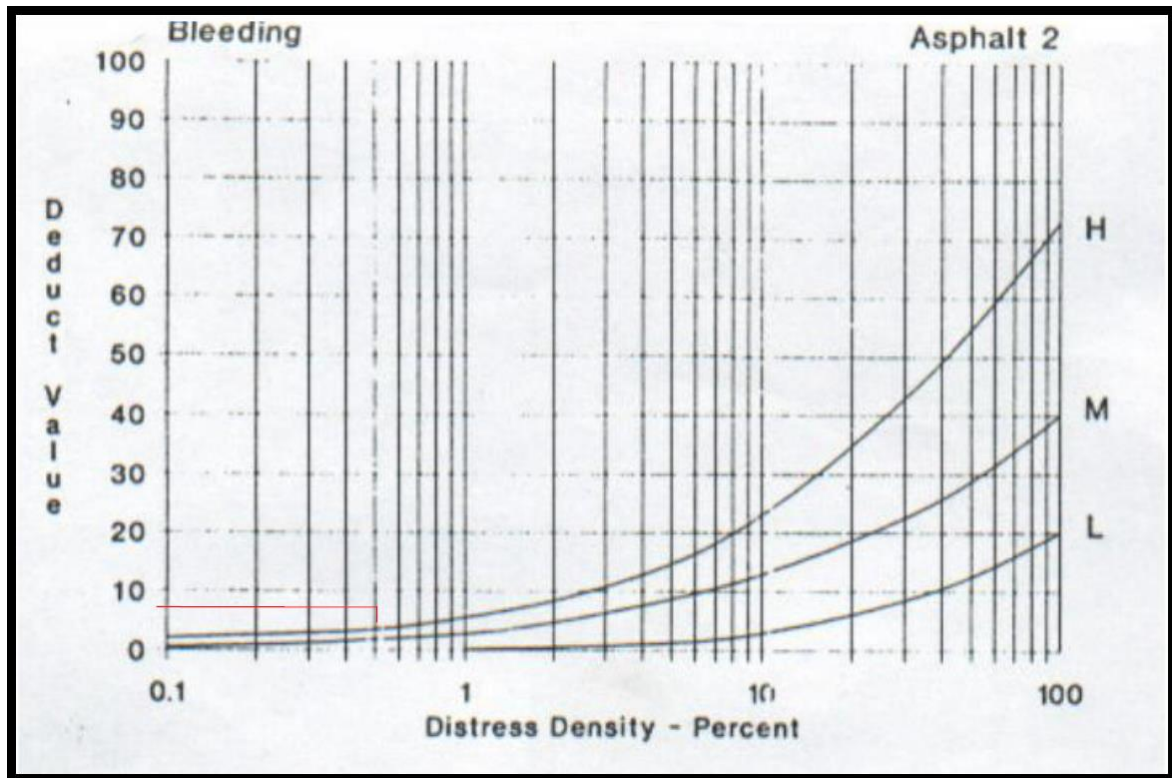
UNIVERSIDAD INTERNACIONAL EK SER MEJORES INSPECCIÓN Y EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN DEL PAVIMENTO E IDENTIFICACIÓN DEL TIPO DE FALLA										ESQUEMA									
VIA:		"Vía a simiatug", tramo cruz de punebata - sanjapamba																	
FECHA:		28/12/2024							UNIDAD DE MUESTRA:			U226							
REALIZADO POR:		Bayron Sigcha							ÁREA DE MUESTRA:			230,1							
ABSCISA INICIAL		8+000.4							ABSCISA FINAL			8+035.8							
TIPOS DE FALLA																			
1. Piel de cocodrilo													11. Parcheo y acometidas de servicios públicos			m2			
2. Exudación													12. Pulimento de agregados			m2			
3. Agrietamiento en bloque													13. Huecos			N			
4. Abultamientos y Hundimientos										m			14. Cruce de vía férrea			m2			
5. Corrugación										m2			15. Ahuellamiento			m2			
6. Depresión										m2			16. Desplazamiento			m2			
7. Grietas de borde										m			17. Grietas parabólicas			m2			
8. Grietas de reflexión de junta										m			18. Hinchamiento			m2			
9. Desnivel carril										m			19. Desprendimiento de agregados			m2			
10. Grietas longitudinales y transversales										m									
FALLA	SEVERIDAD	CANTIDADES PARCIALES							TOTAL	DENSIDAD %	VALOR DEDUCIDO								
1	H	2,75							2,75	1,20	34,00								
7	L	35,4	35,4						70,8	30,77	12,00								
10	M	3,61	6,57	2,96	6,78	14,08			34	14,78	22,00								
CALCULO DE PCI																			
Valor deducido más alto										34,00			Número máximo de VD (m)					7,06	
N	VALORES DEDUCIDOS								VDT	q	CDV								
1	34,00	22,00	12,00						68,00	3	43,6								
2	34,00	22,00	2,00						58,00	2	42,35								
3	34,00	2,00	2,00						38,00	1	38								
										MAX. CDV					43,6				
INDICE DE CONDICION DE PAVIMENTO (PCI)										PCI=		100-MAX CDV							
										PCI=		56,4							
CONDICION DEL PAVIMENTO (RATING)										Bueno									

Anexo C. Ábacos de valores deducidos para asfaltos flexibles.

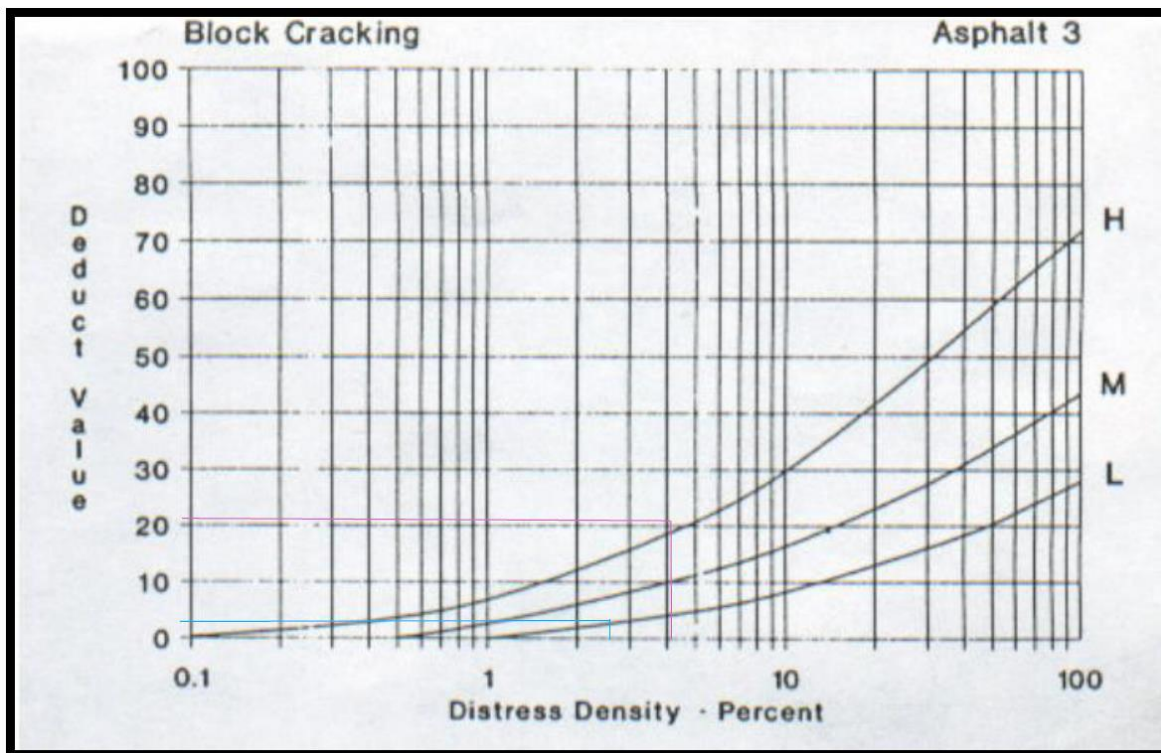
Piel de cocodrilo.



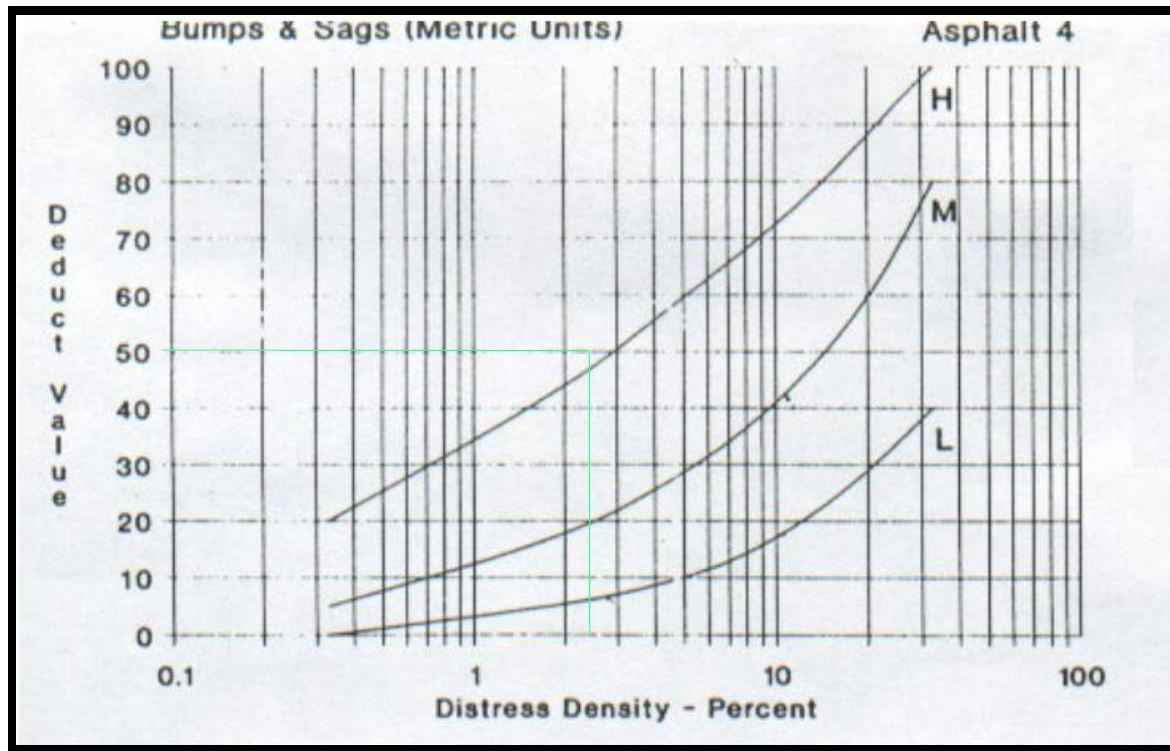
Exudación.



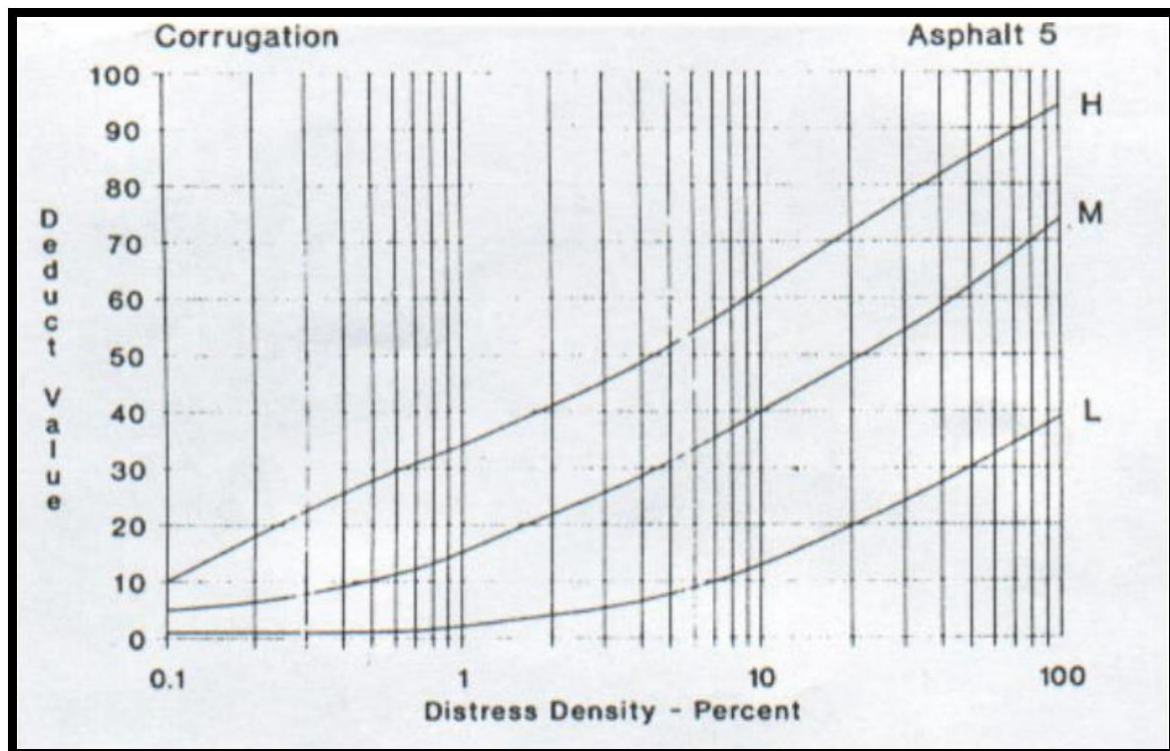
Agrietamiento en bloque.



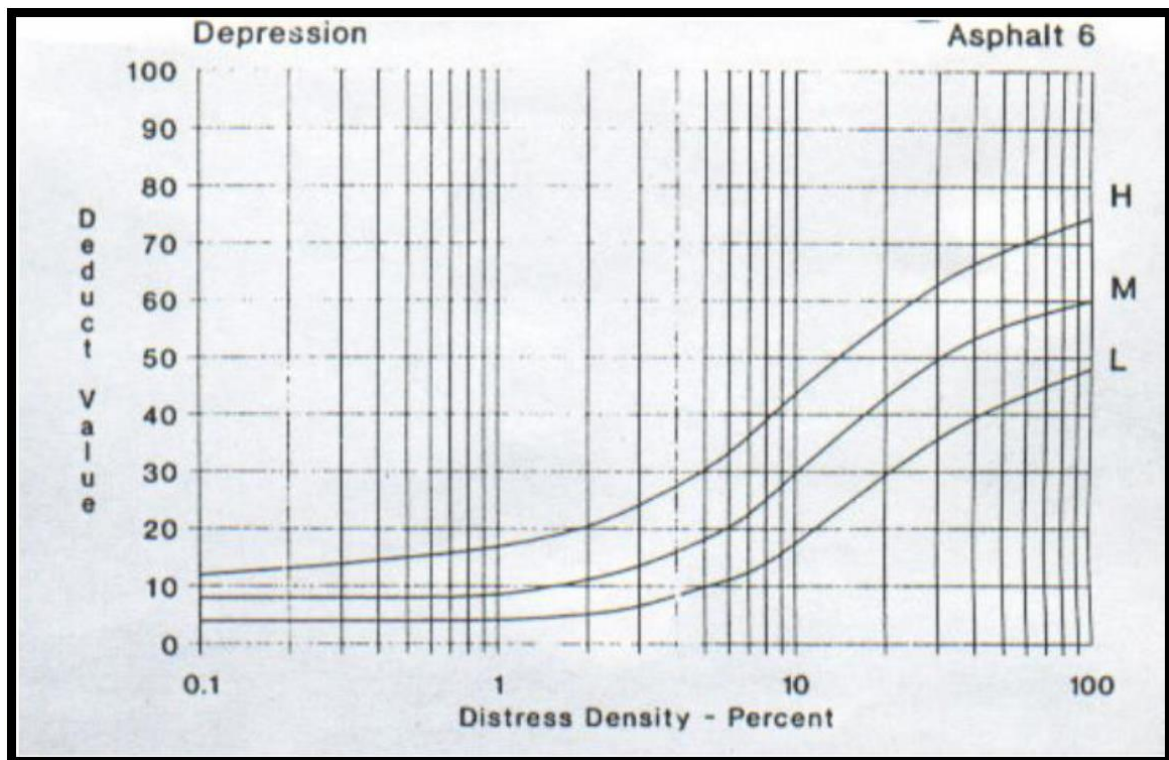
Abultamientos y hundimientos.



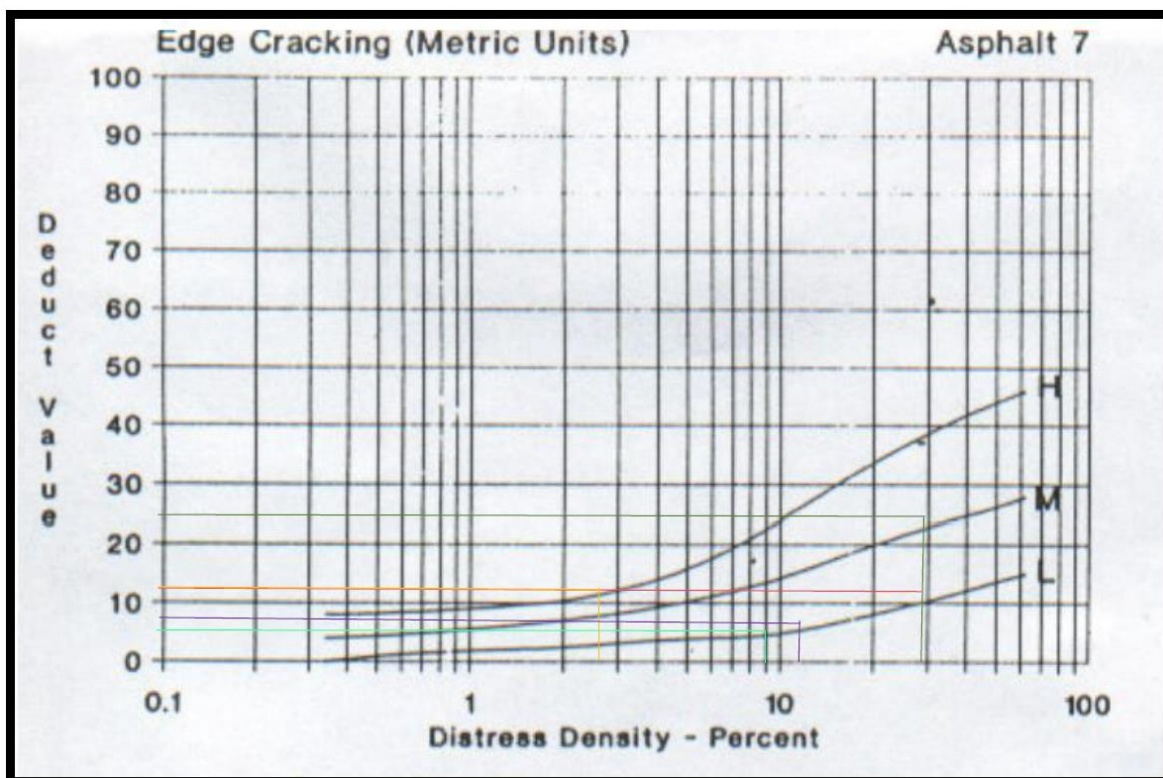
Corrugación.



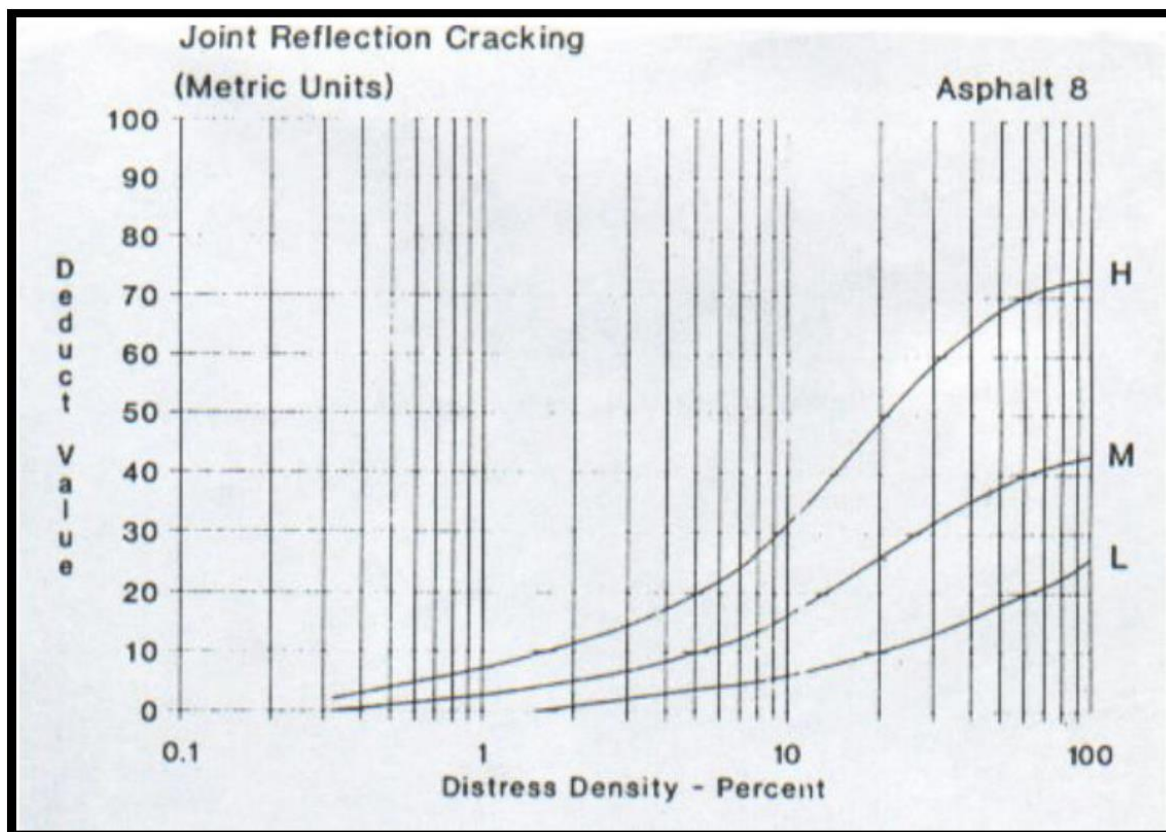
Depresión.



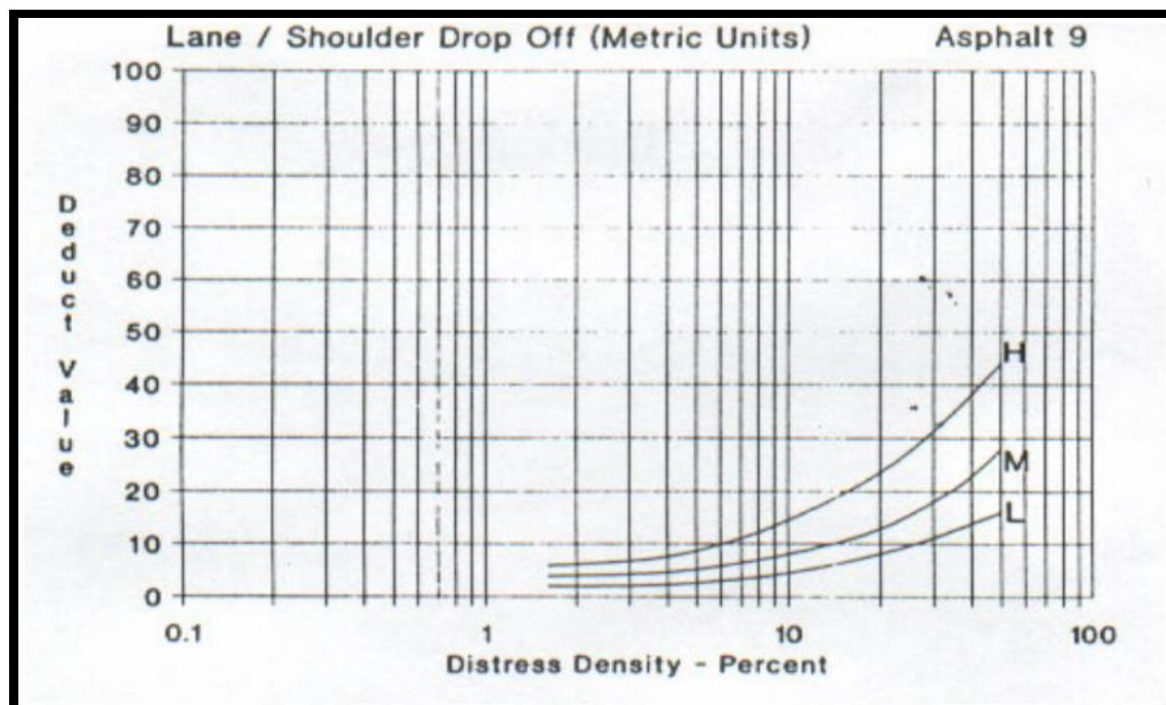
Grietas de borde.



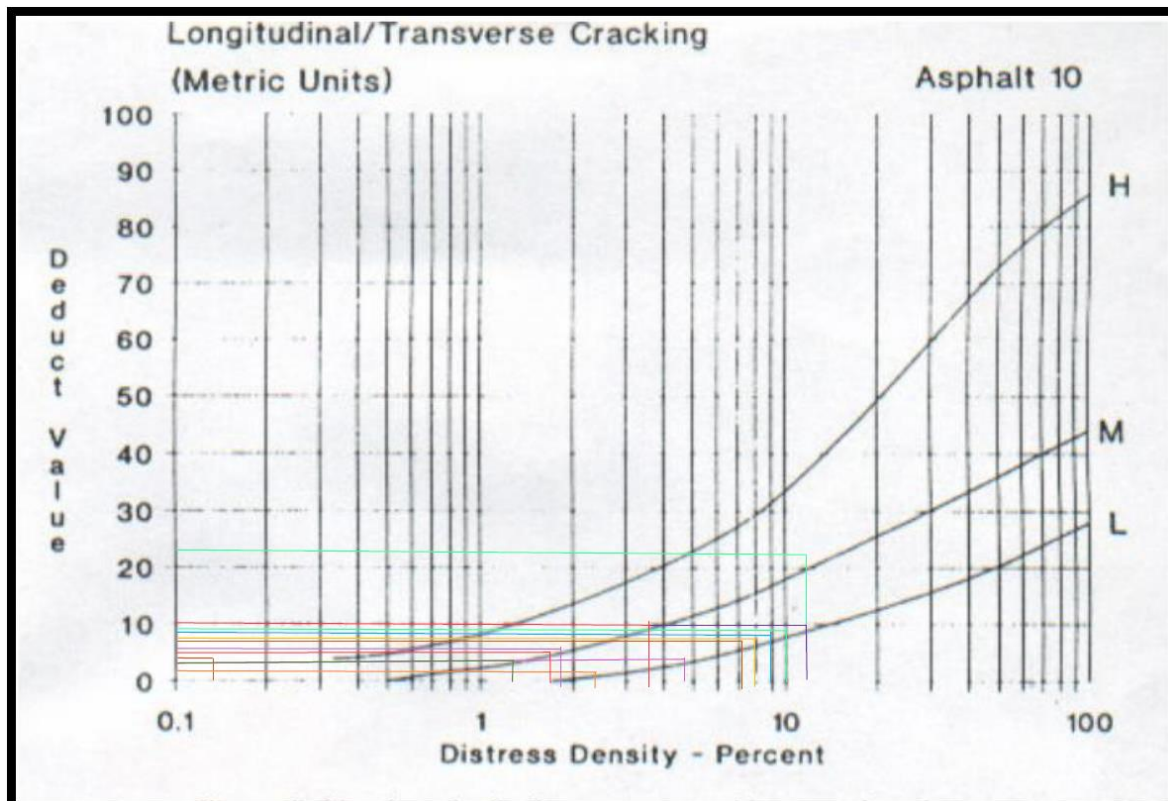
Grietas de reflexión de juntas.



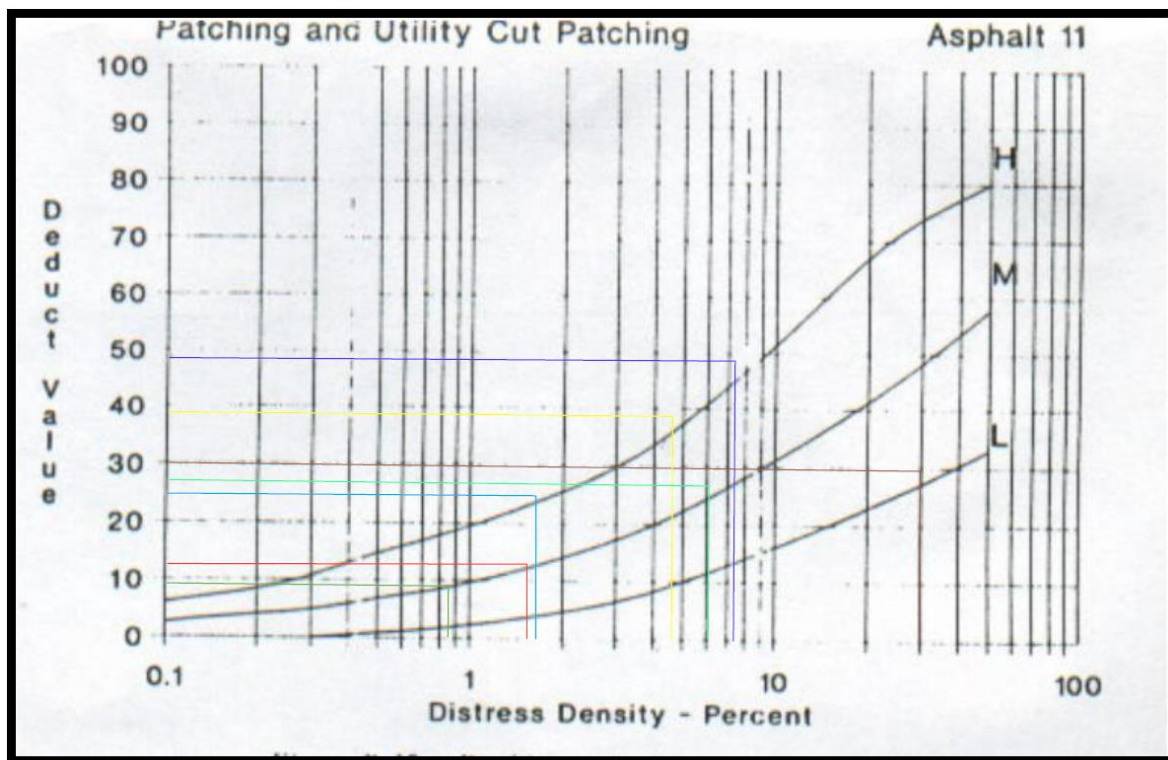
Desnivel de carril.



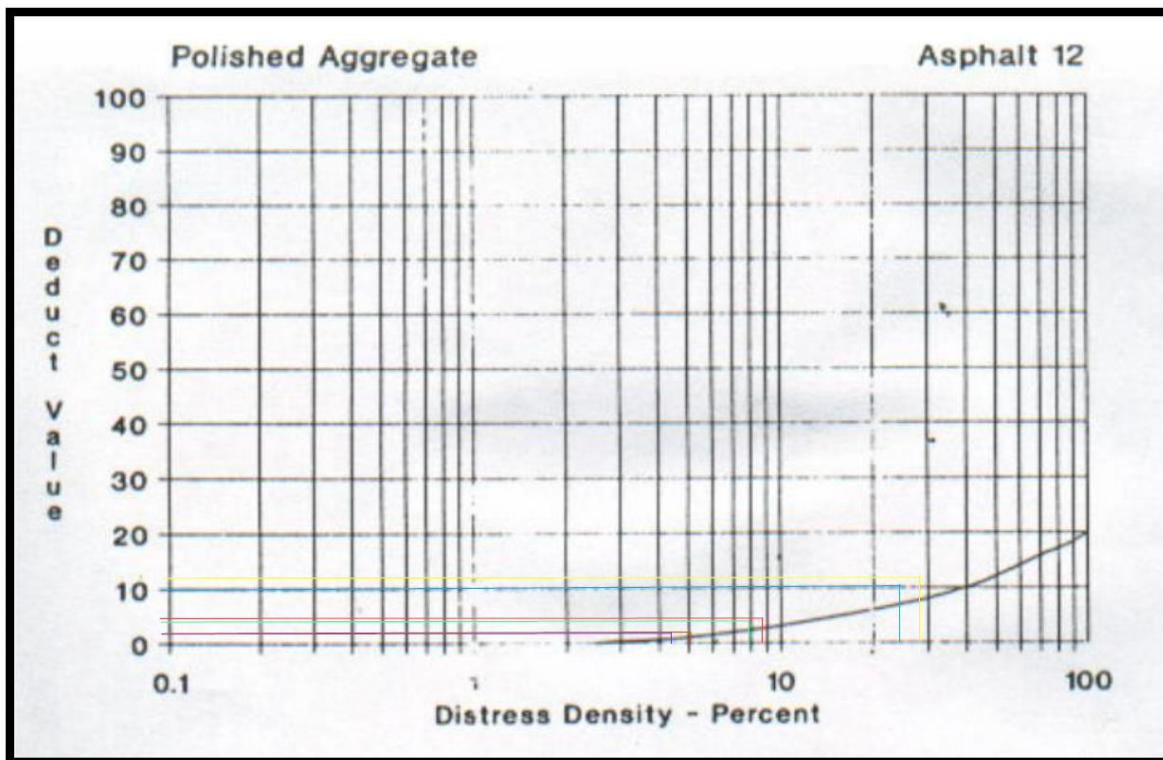
Grietas longitudinales y transversales.



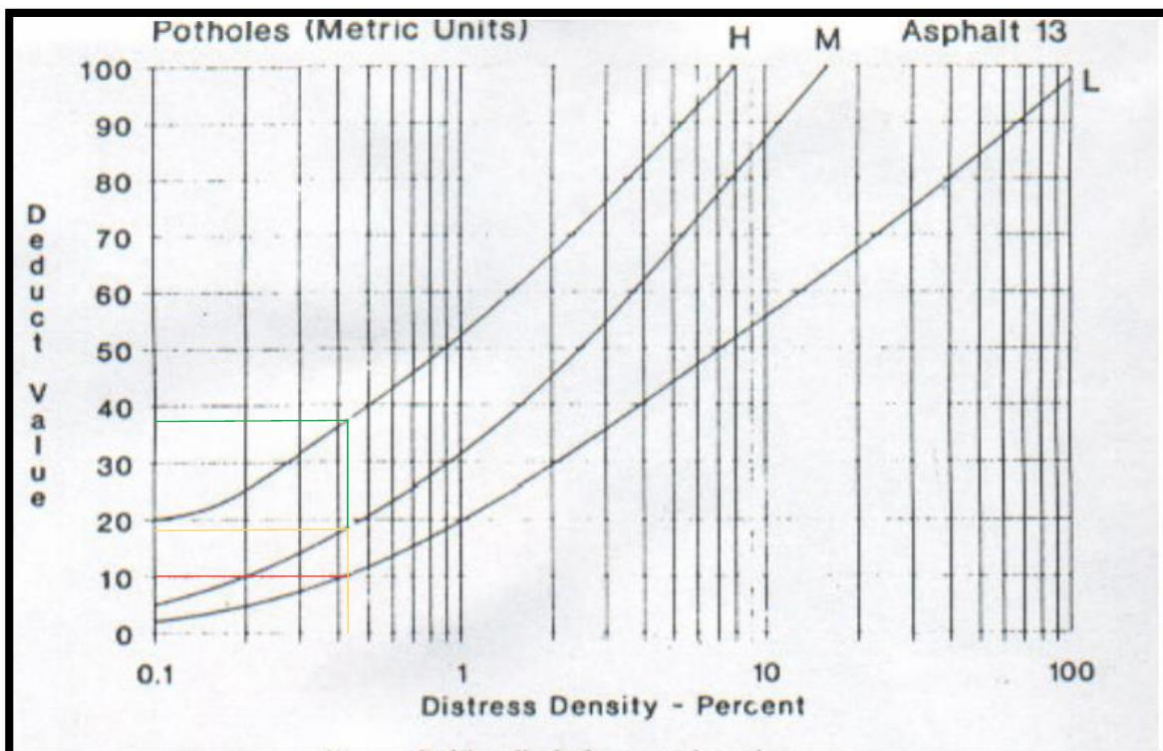
Parcheo y acometidas de servicio público.



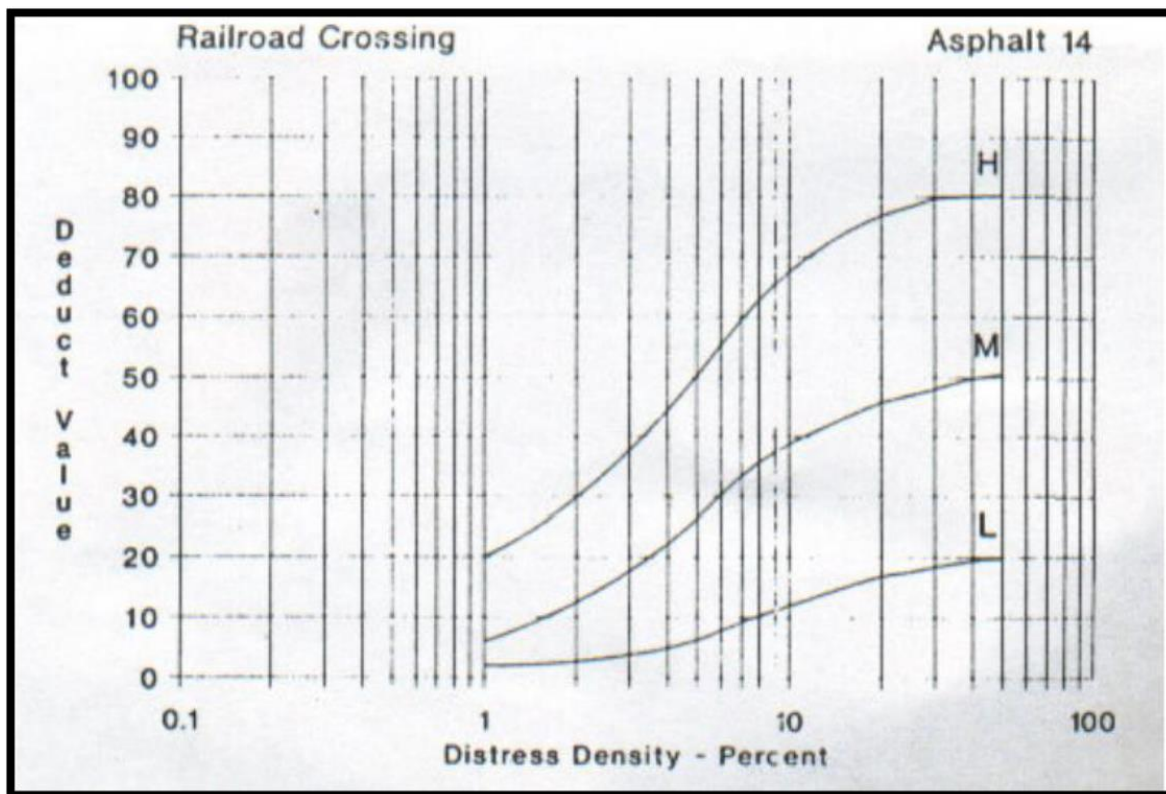
Pulimento de agregados.



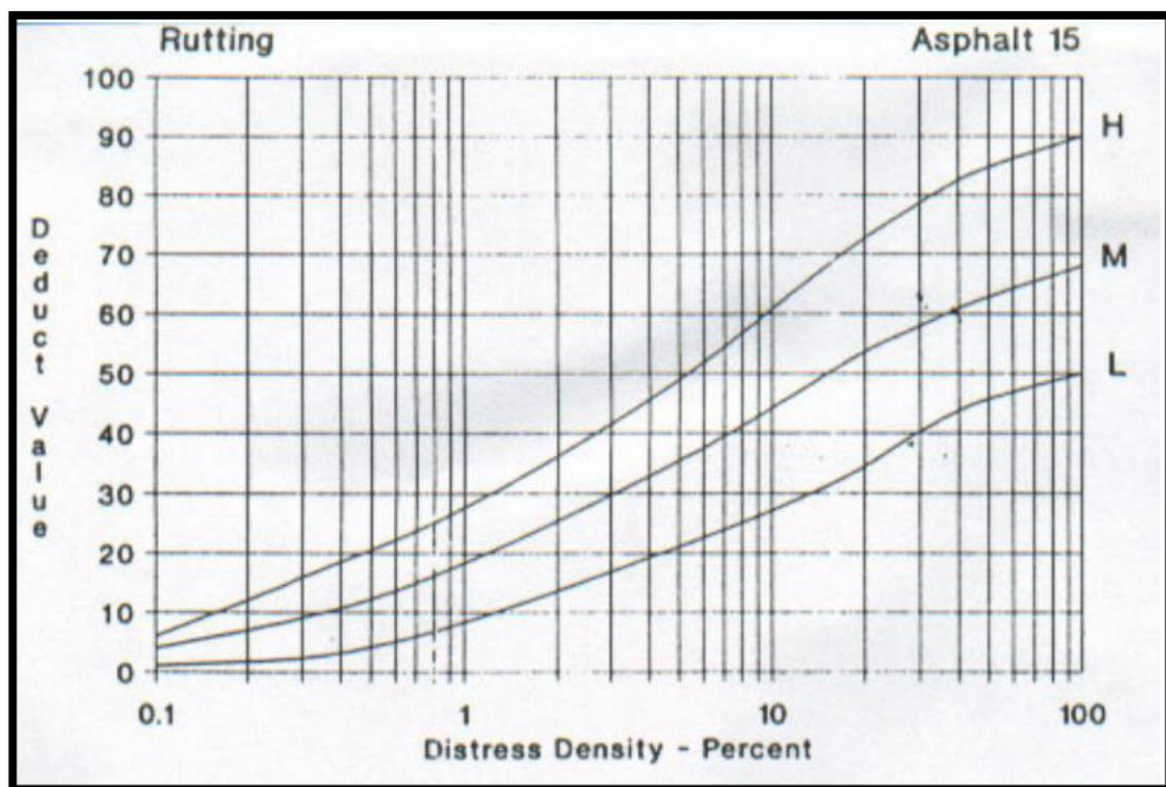
Hueco.



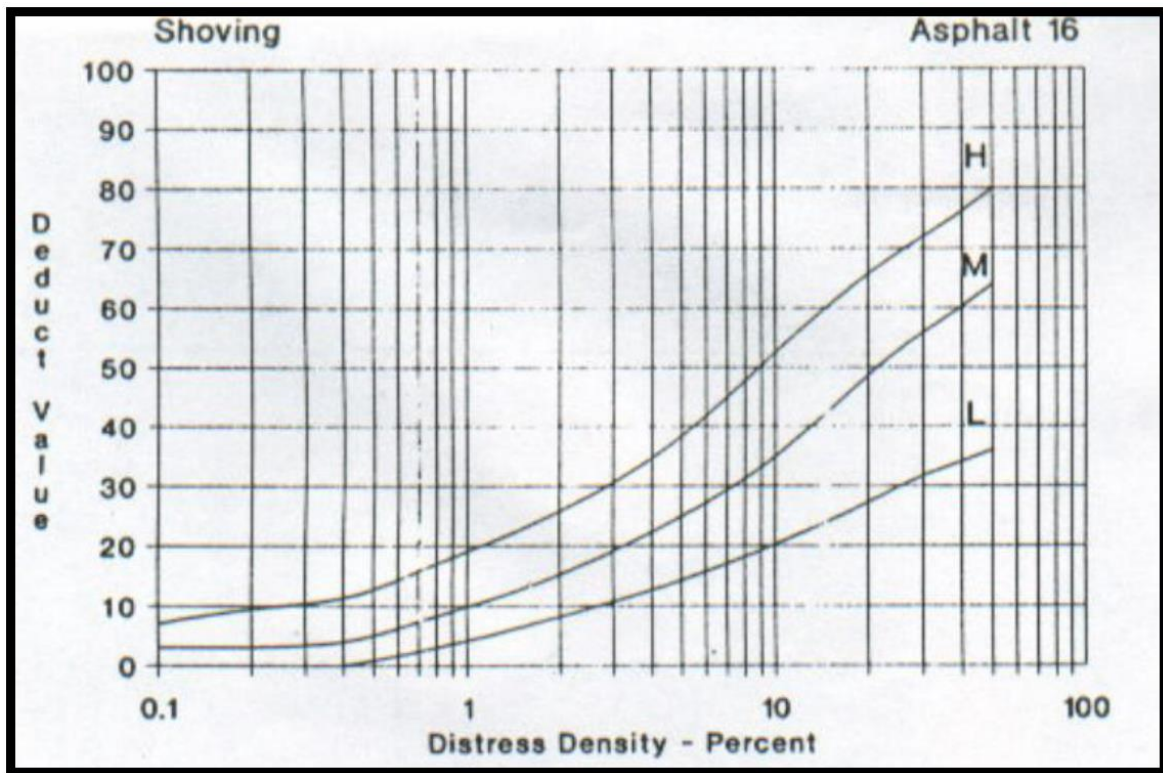
Cruce de vía férrea.



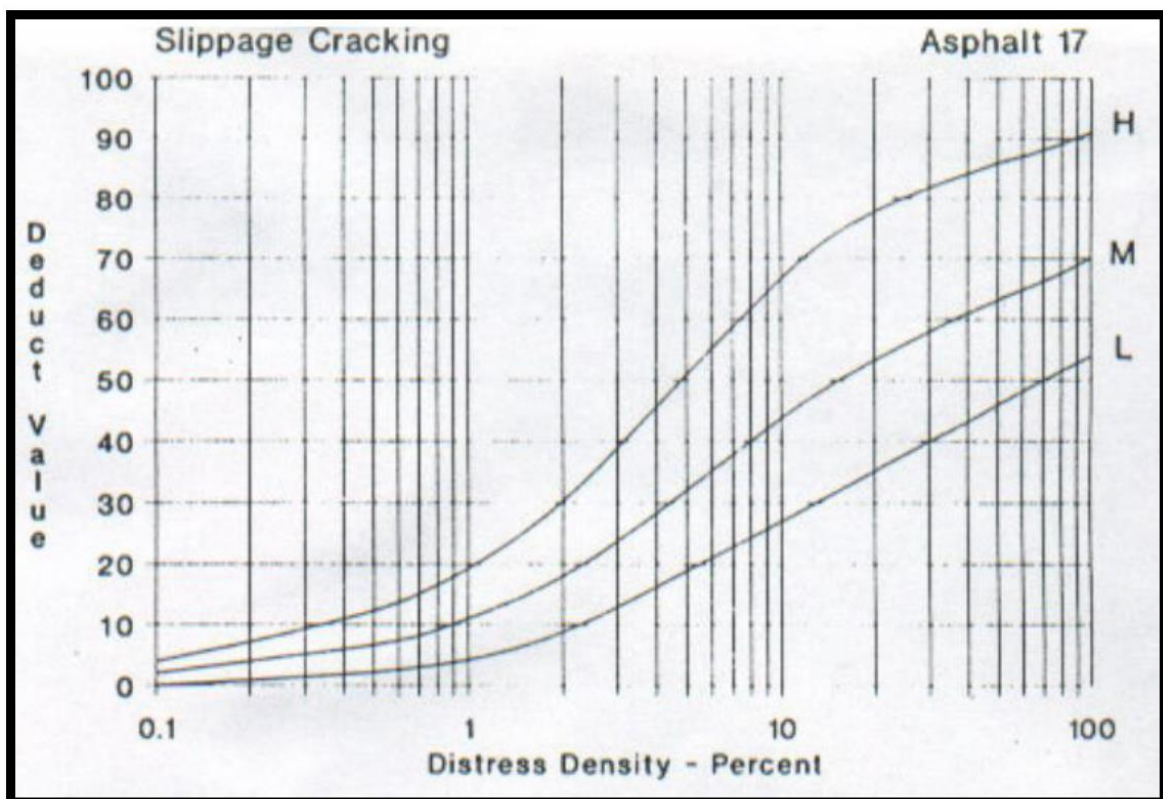
Ahuellamiento.



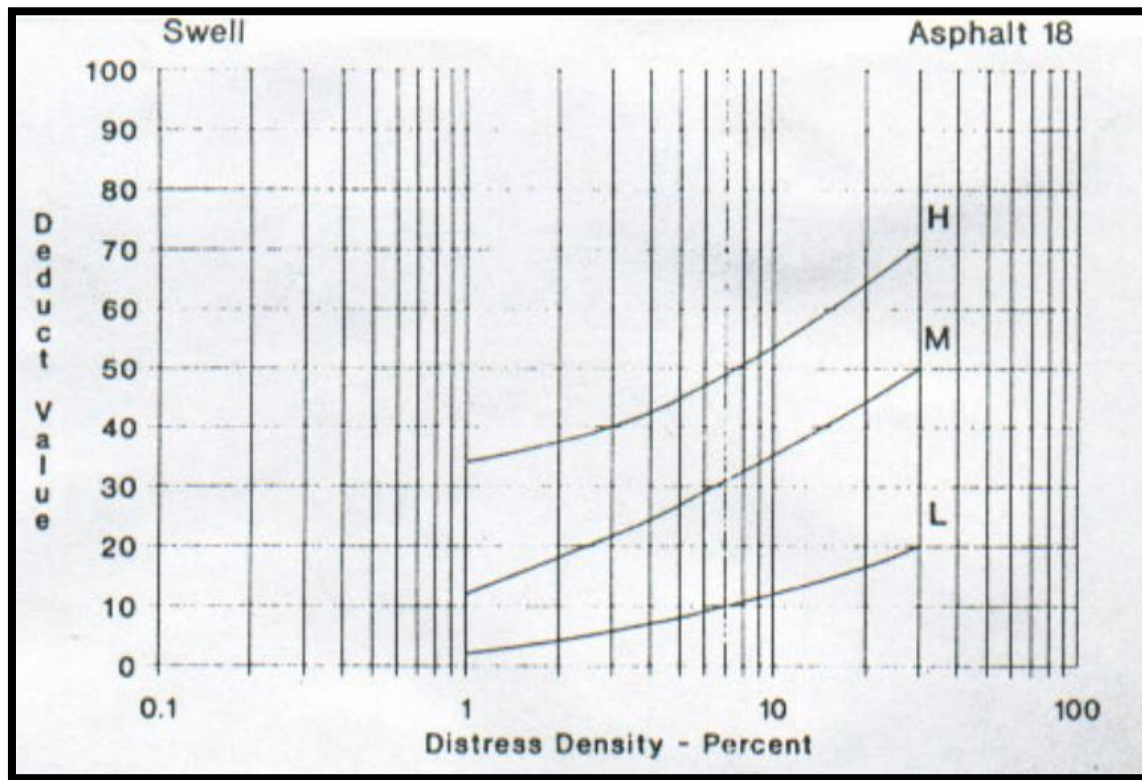
Desplazamiento.



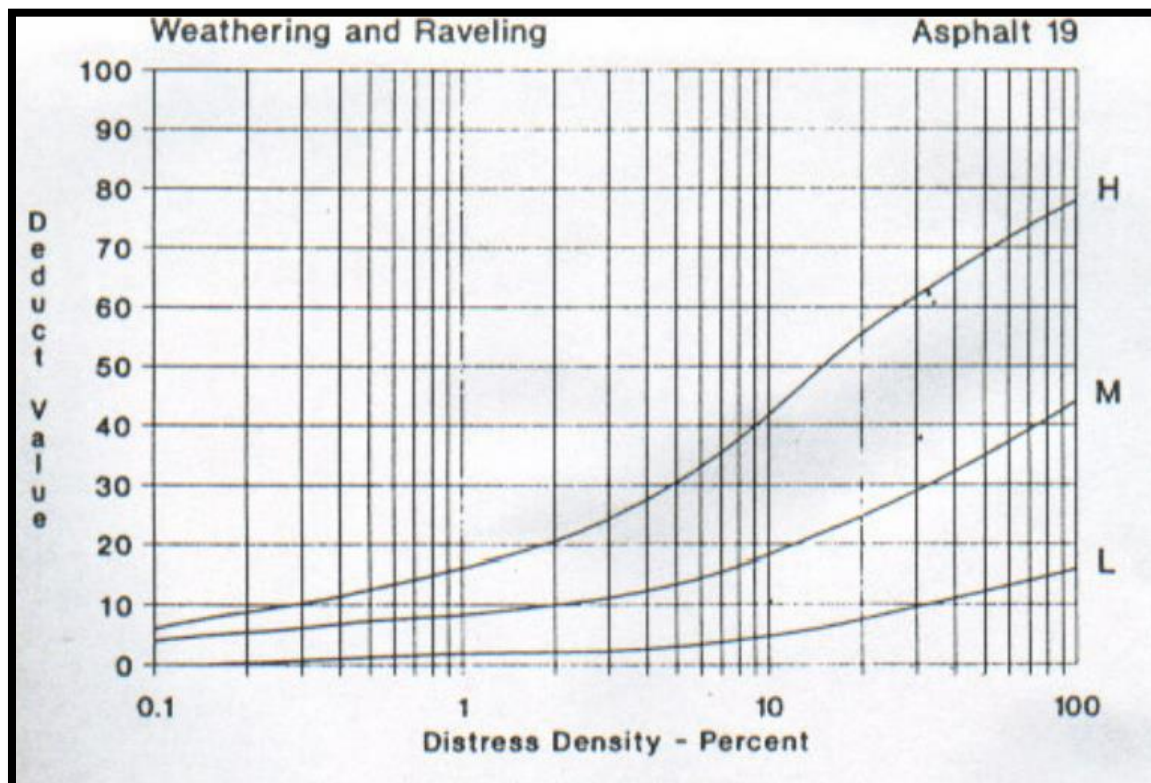
Grietas parabólicas.



Hinchamiento.

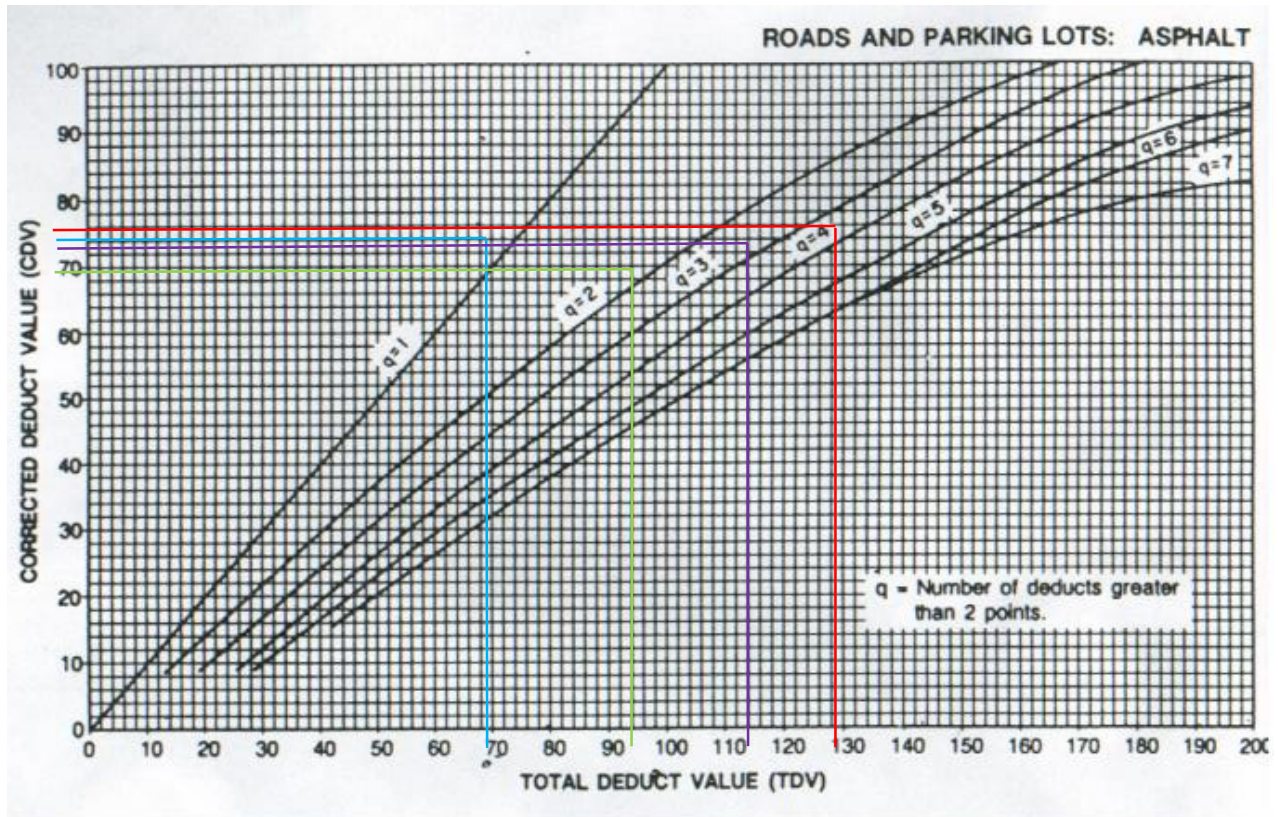


Desprendimiento de agregados.

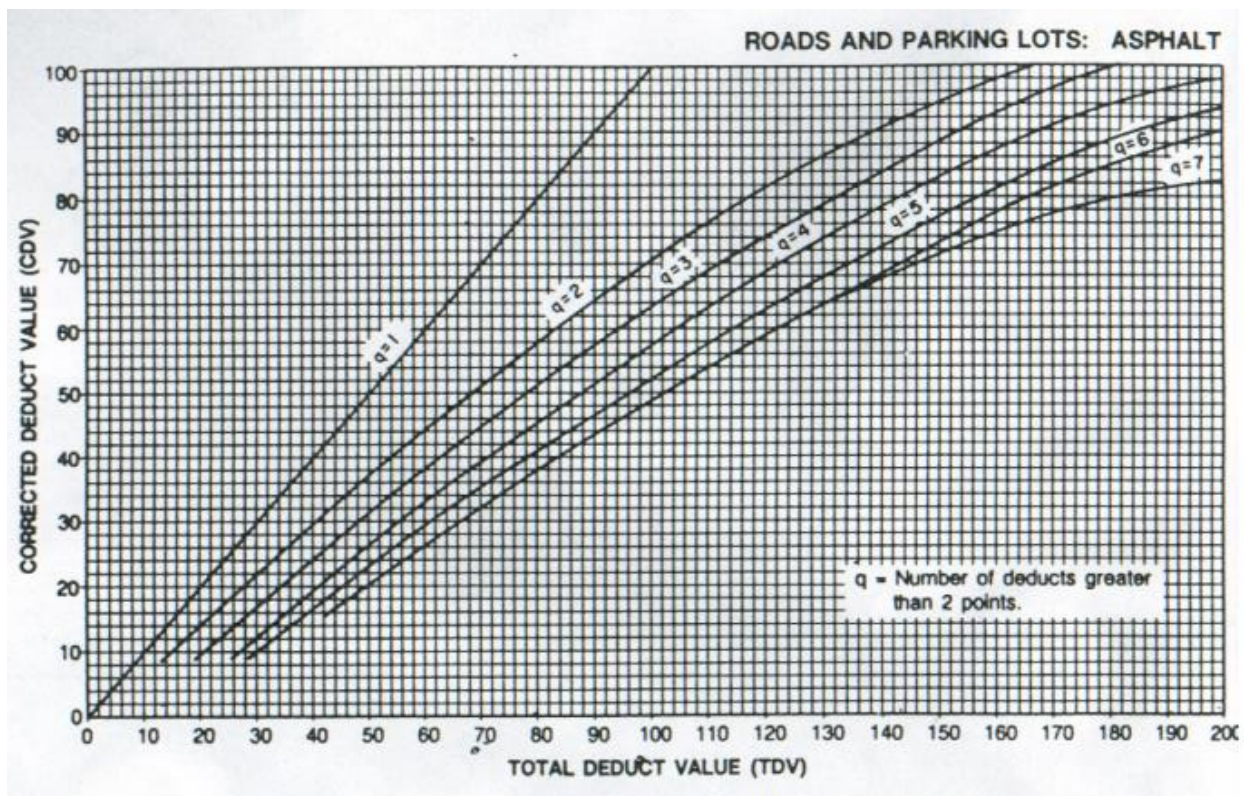


Anexo D. Ábacos de valores deducidos corregidos para asfaltos flexible.

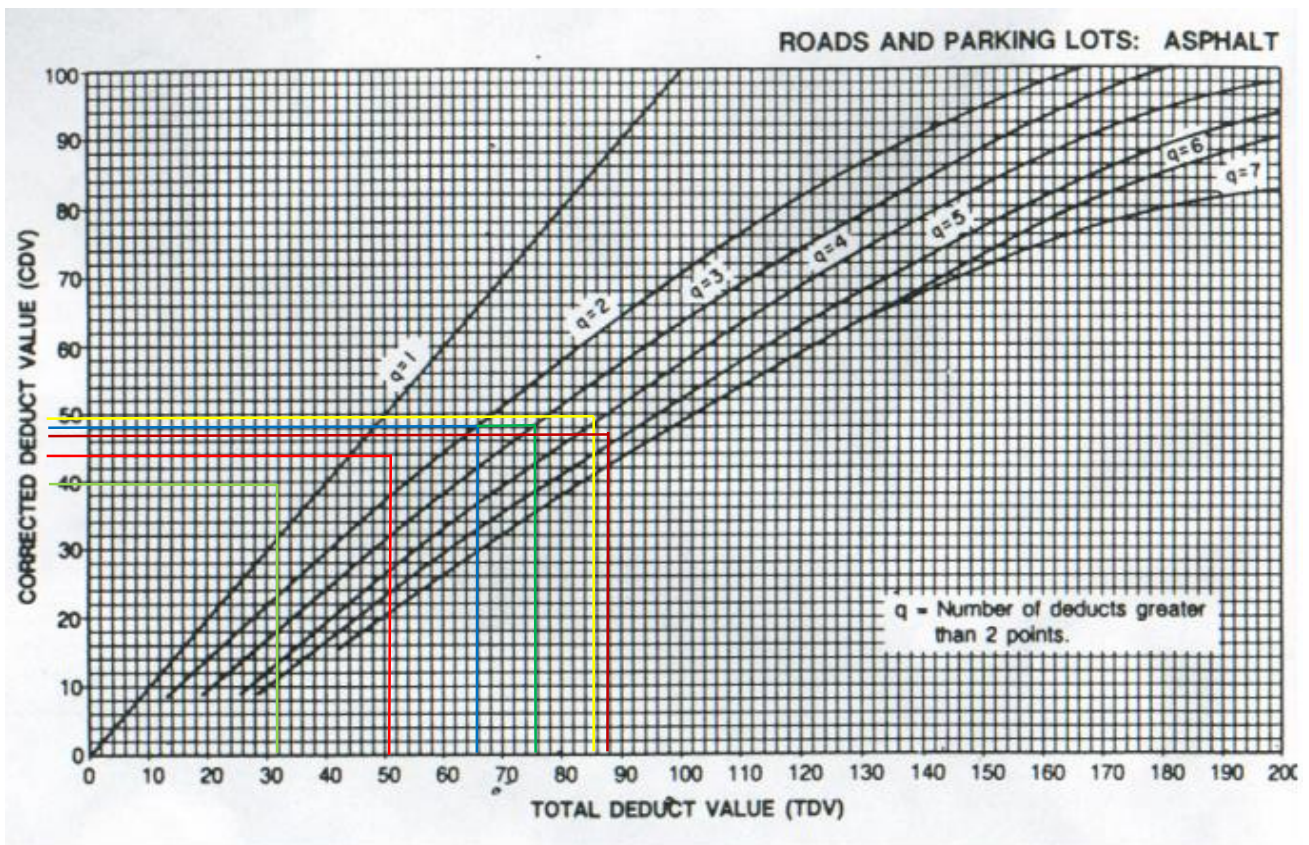
Muestra 2.



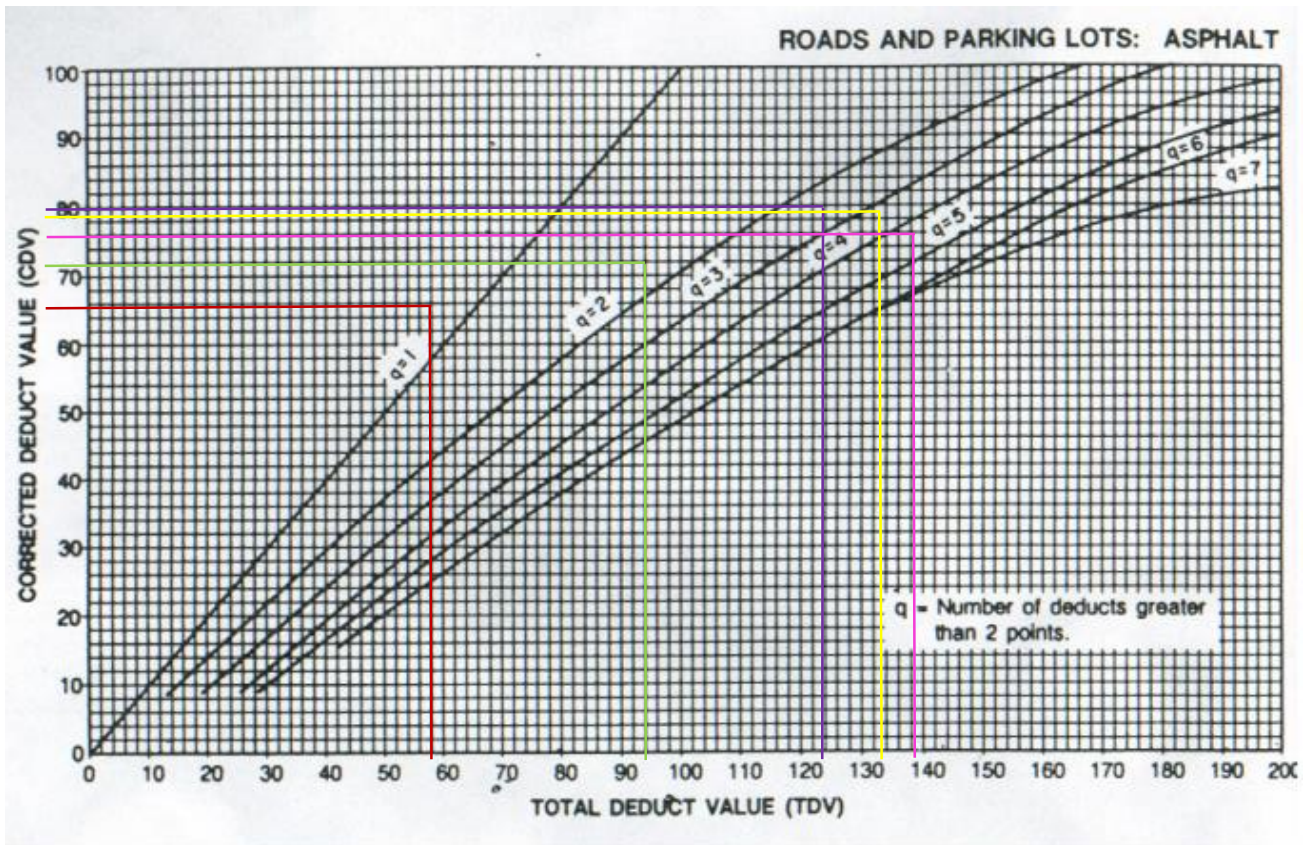
Muestra 18.



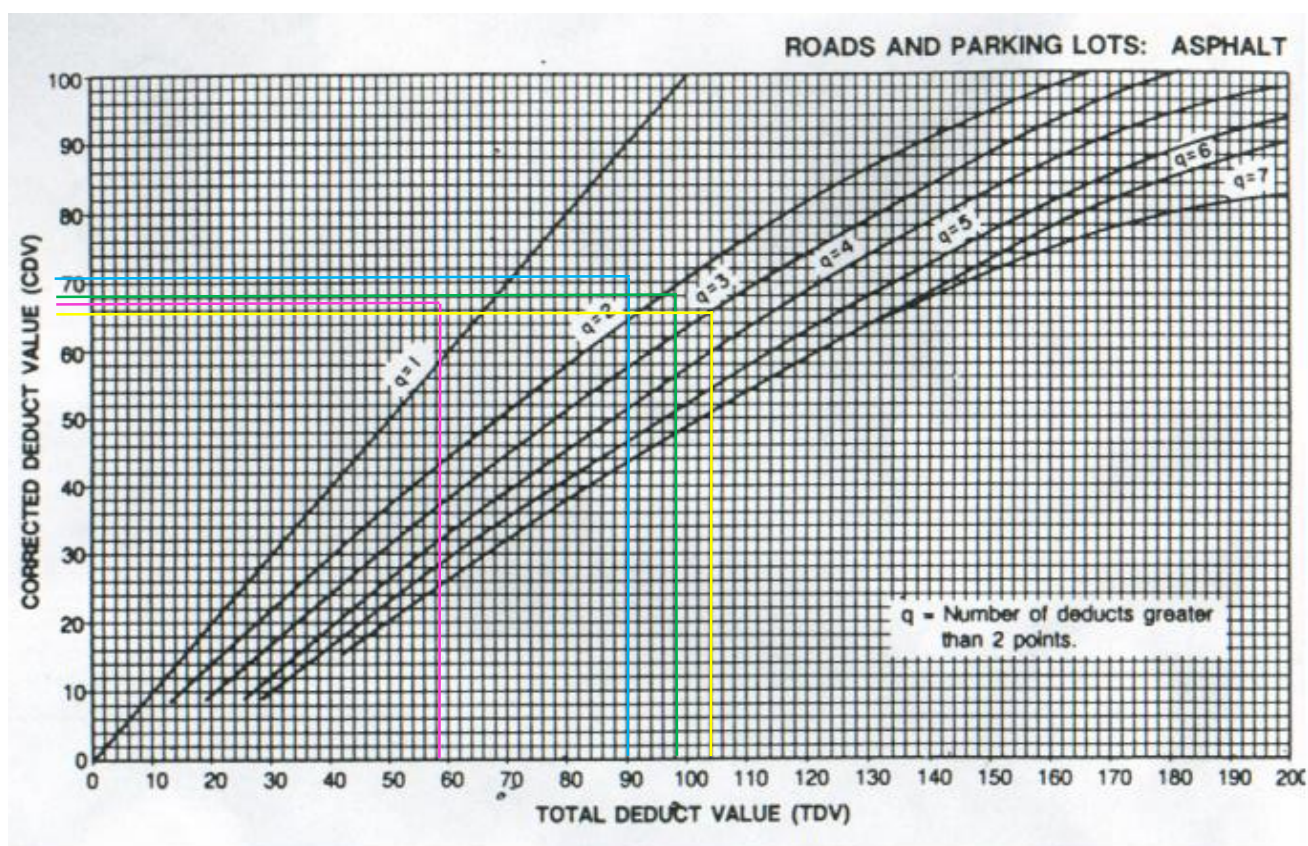
Muestra 34.



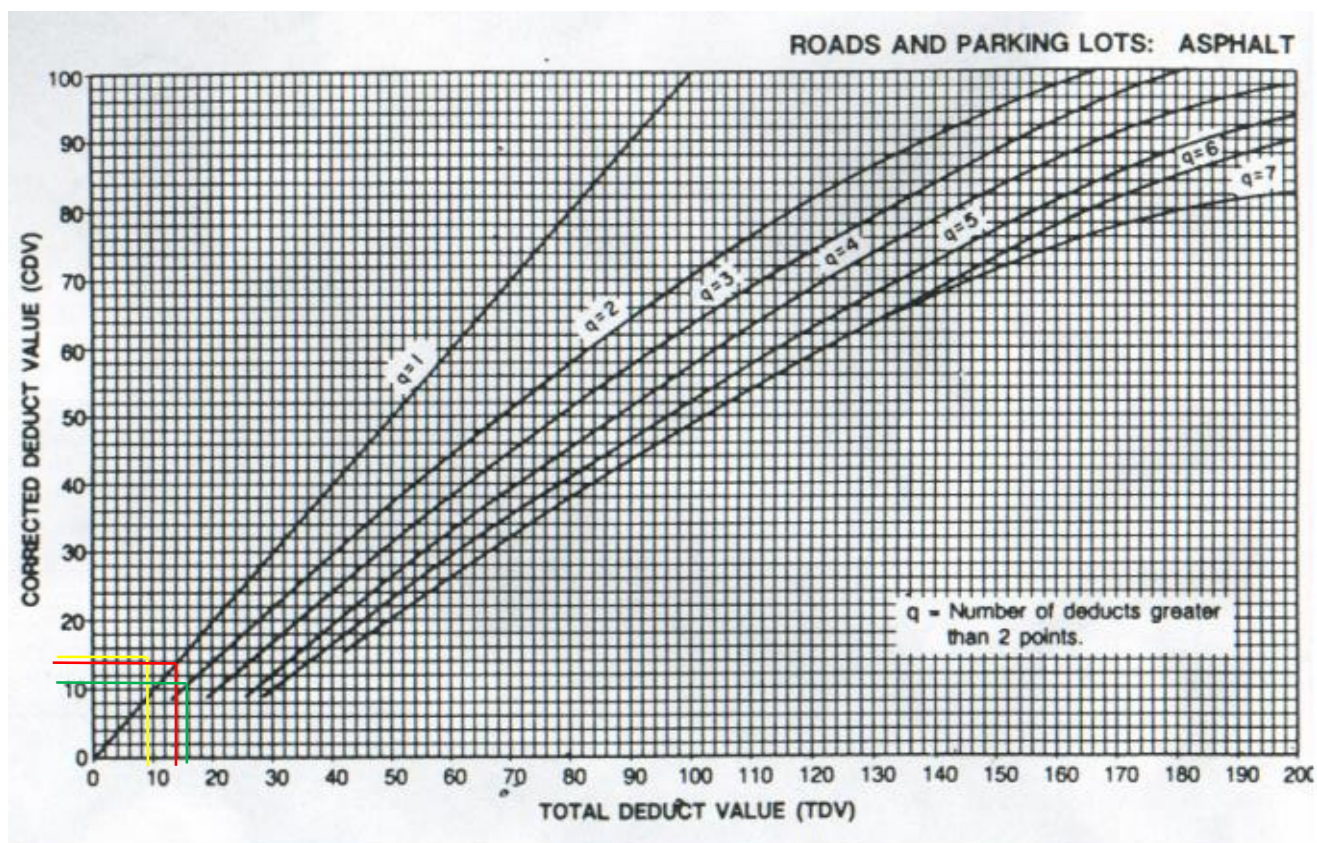
Muestra 50.



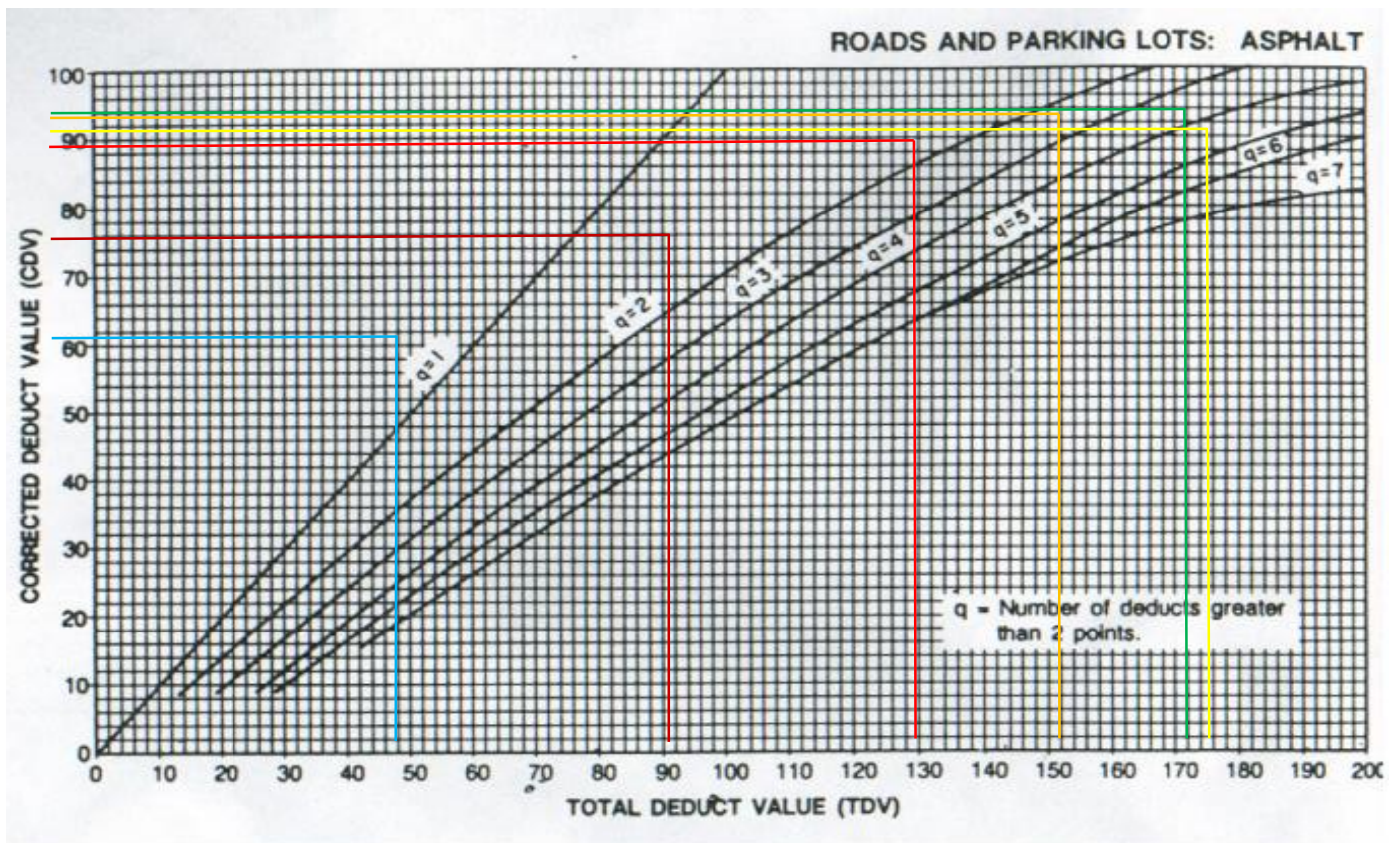
Muestra 66.



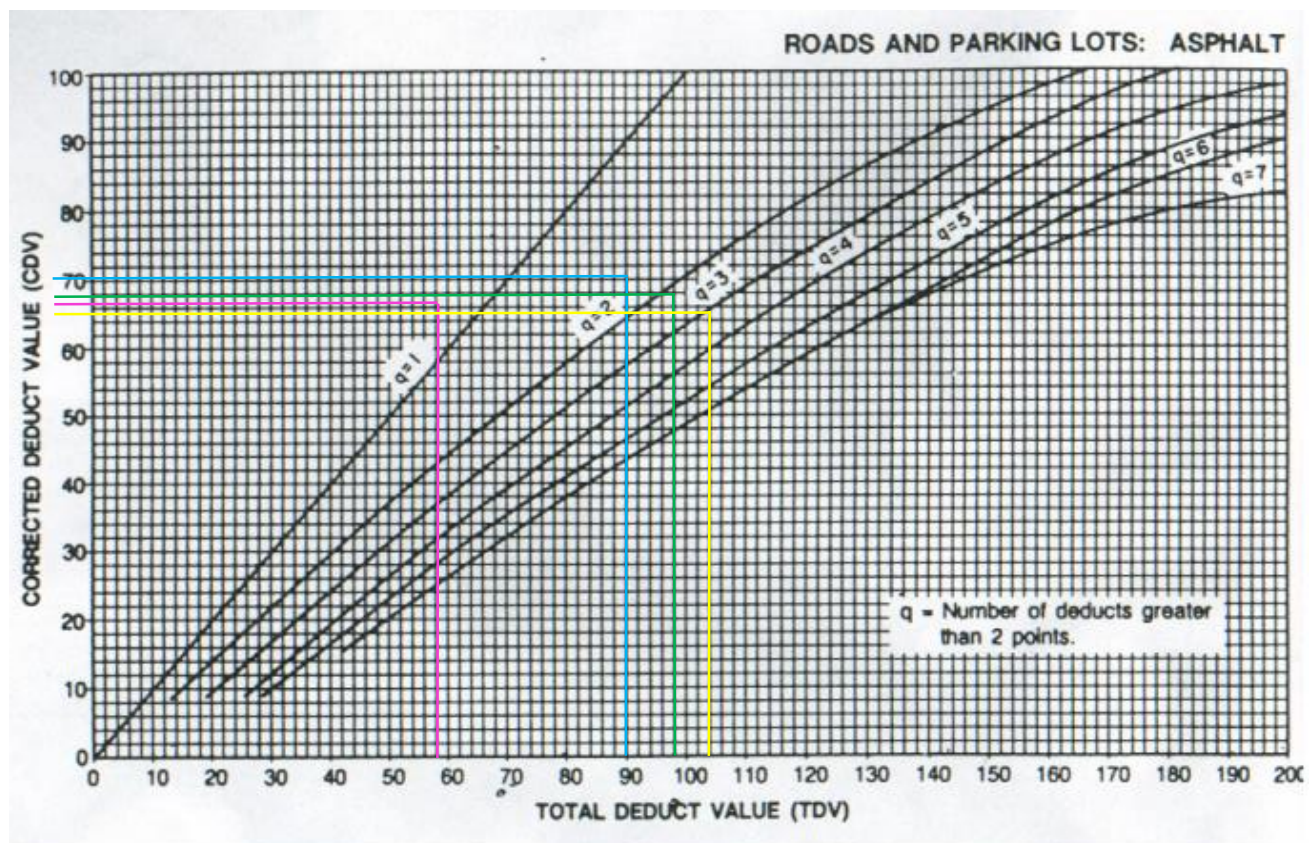
Muestra 82.



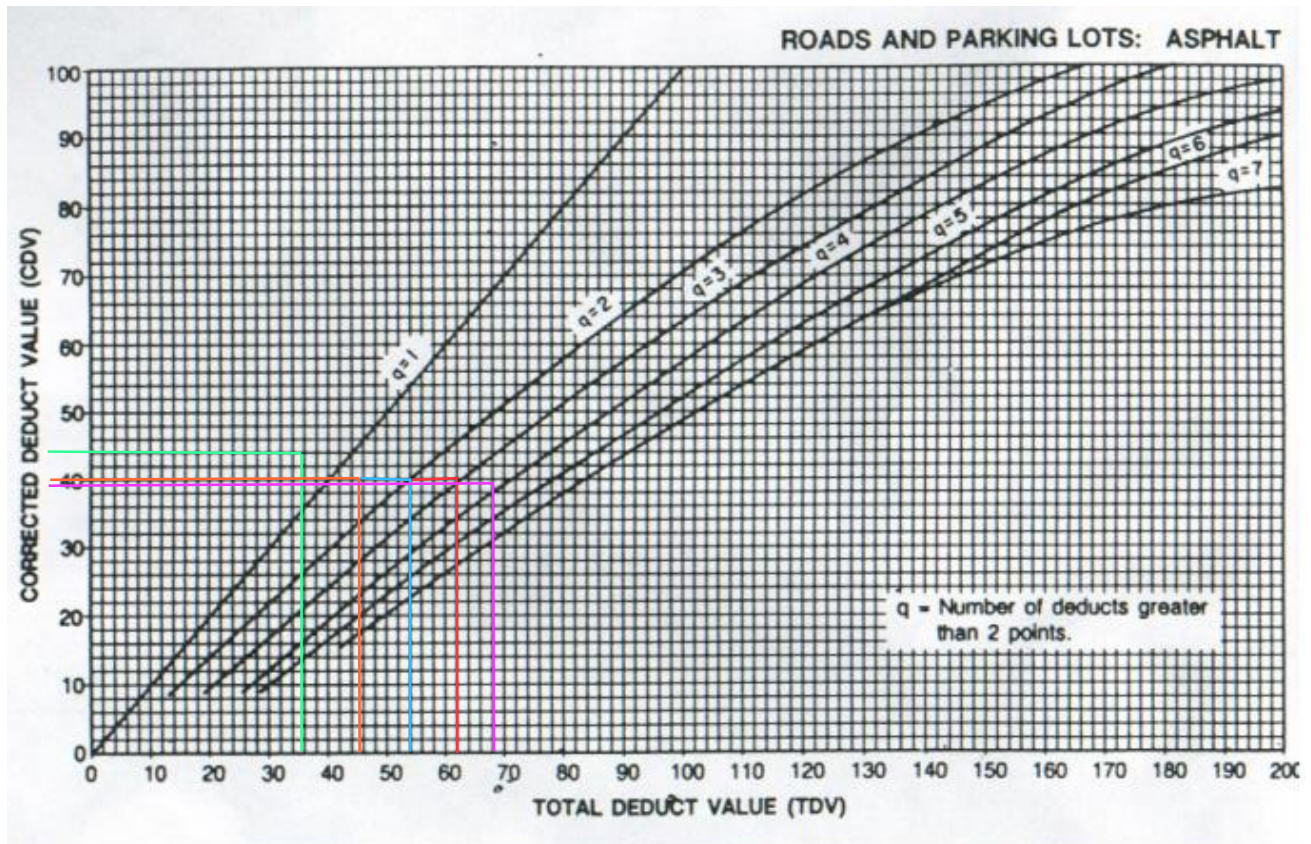
Muestra 98.



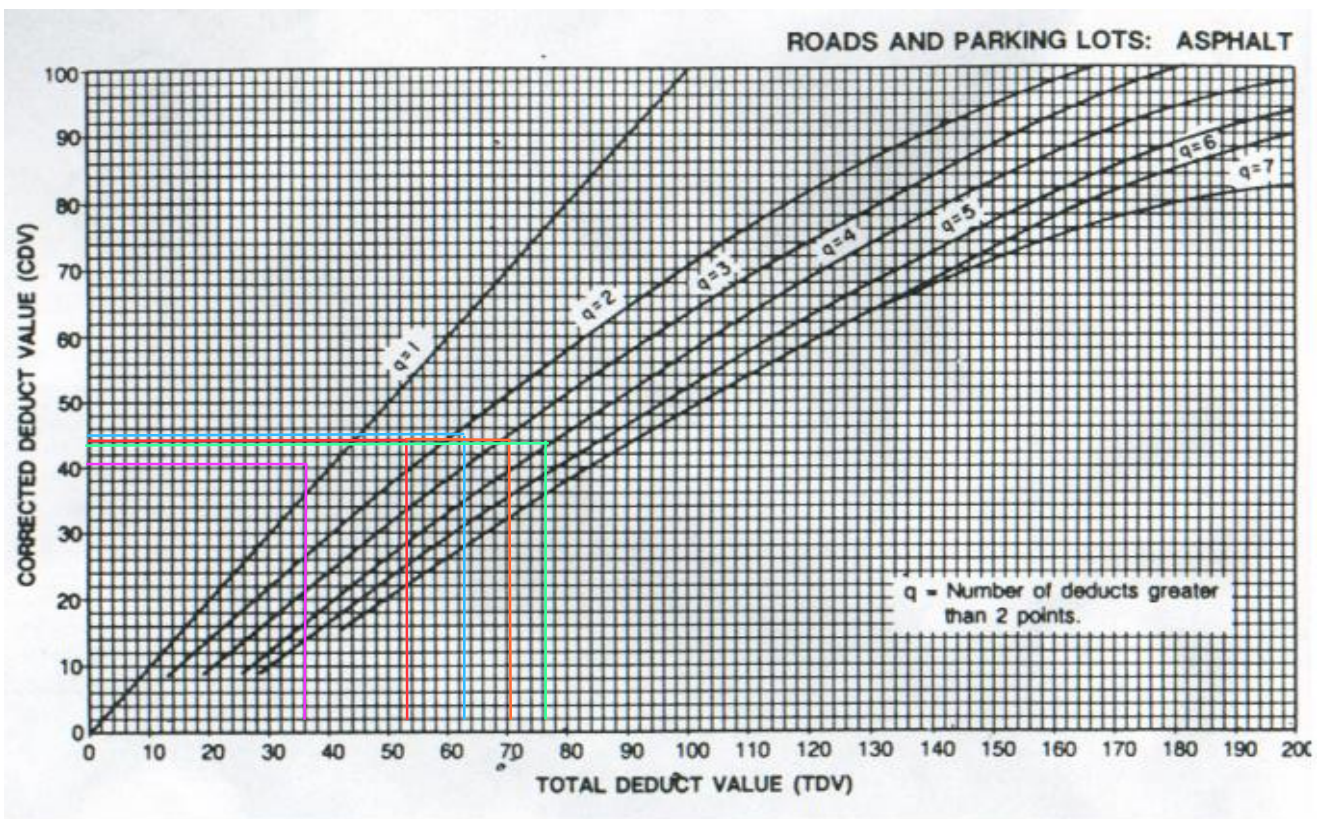
Muestra 114



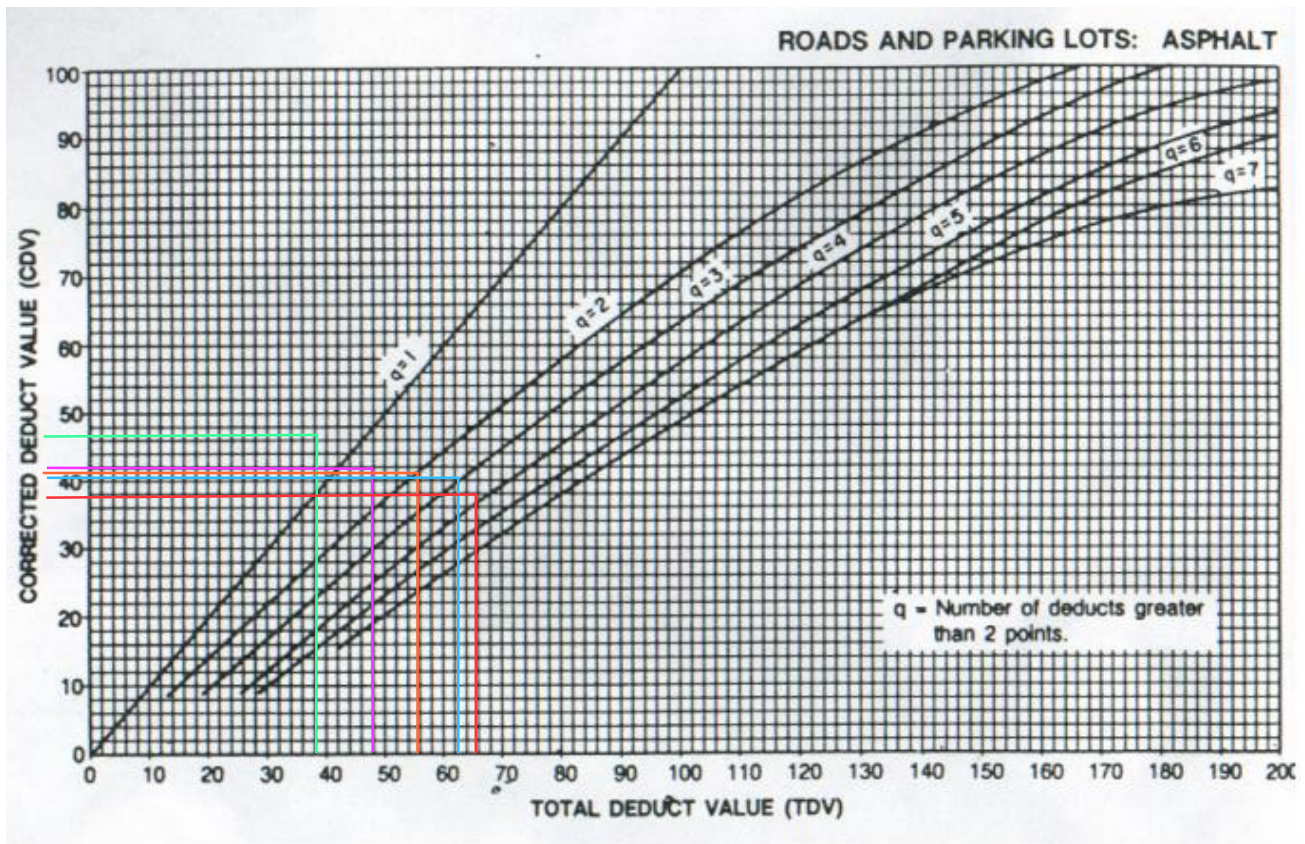
Muestra 130.



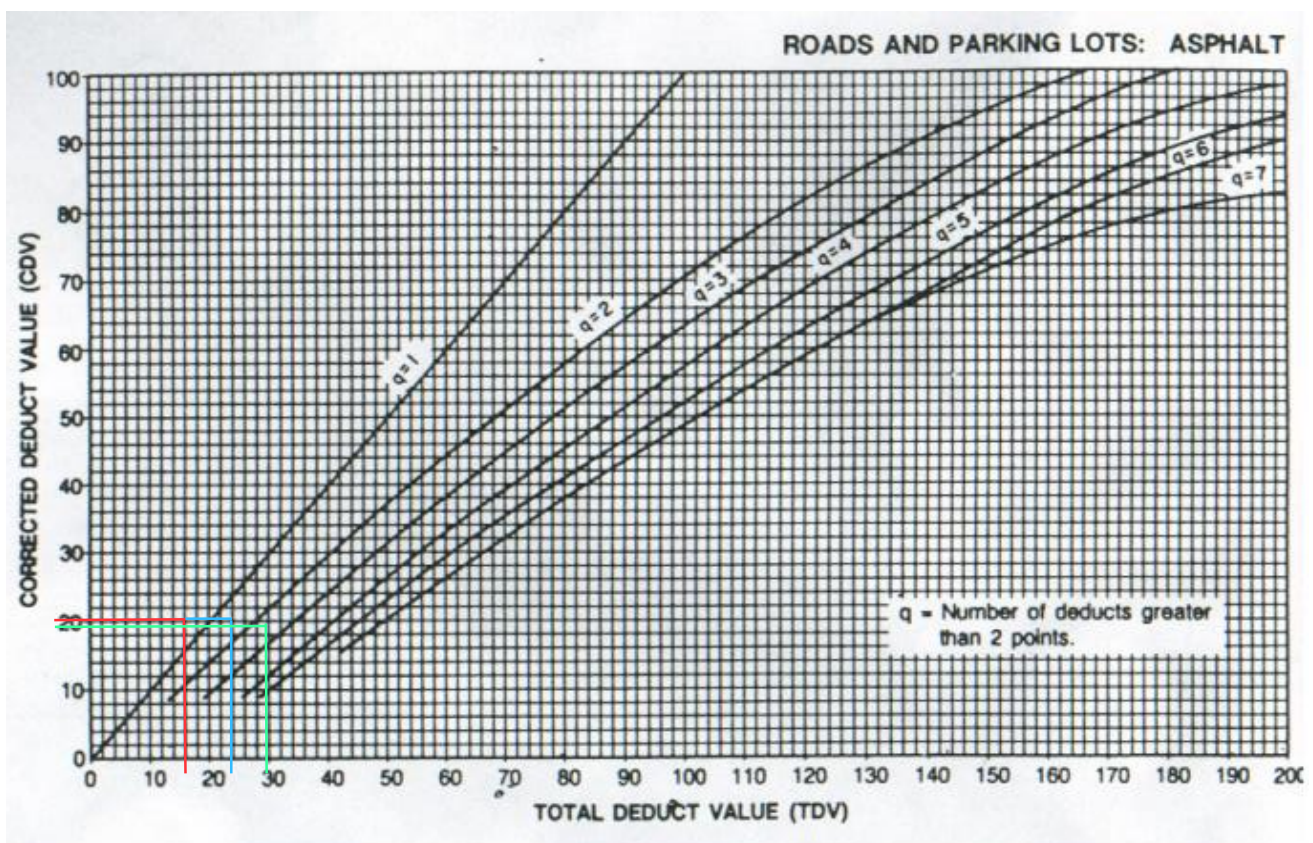
Muestra 146.



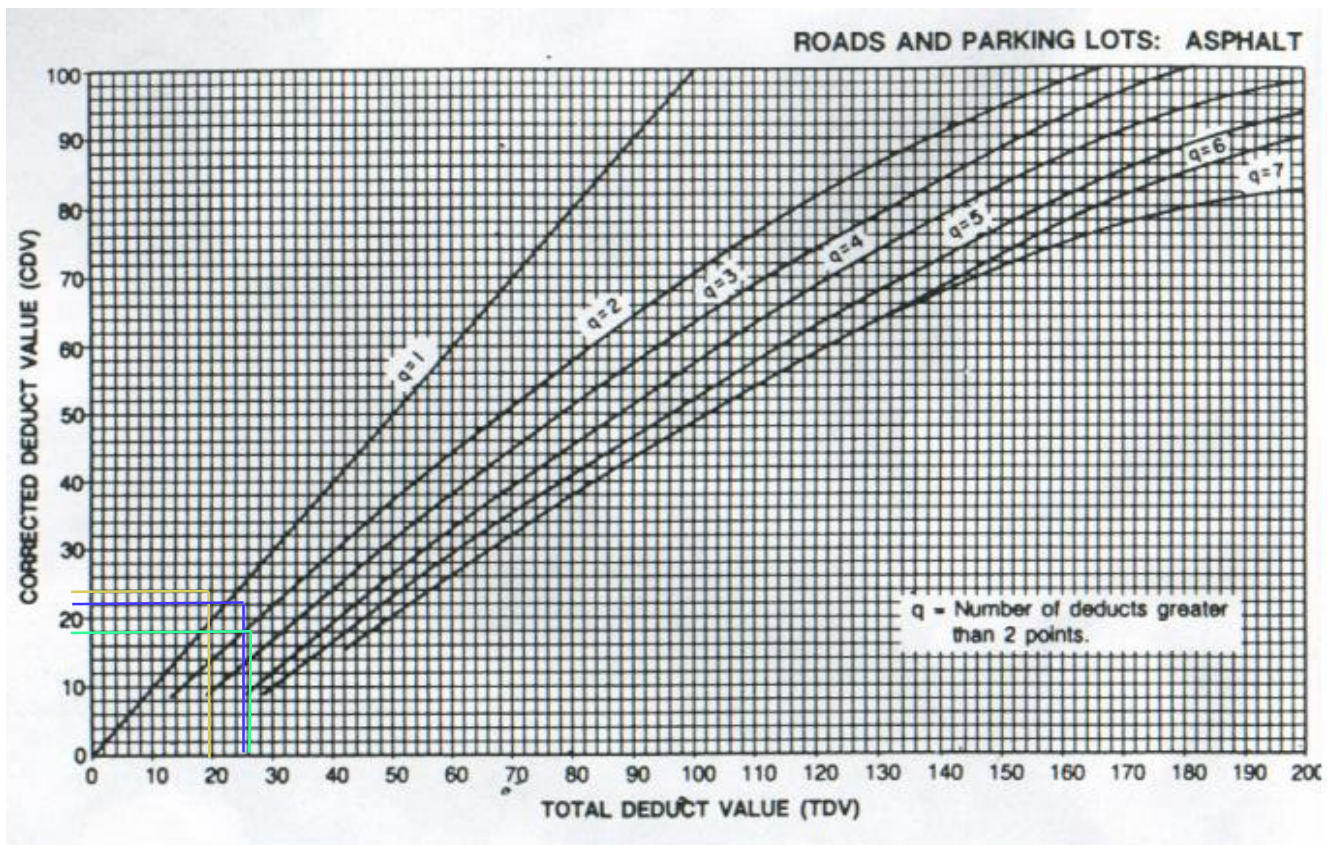
Muestra 162.



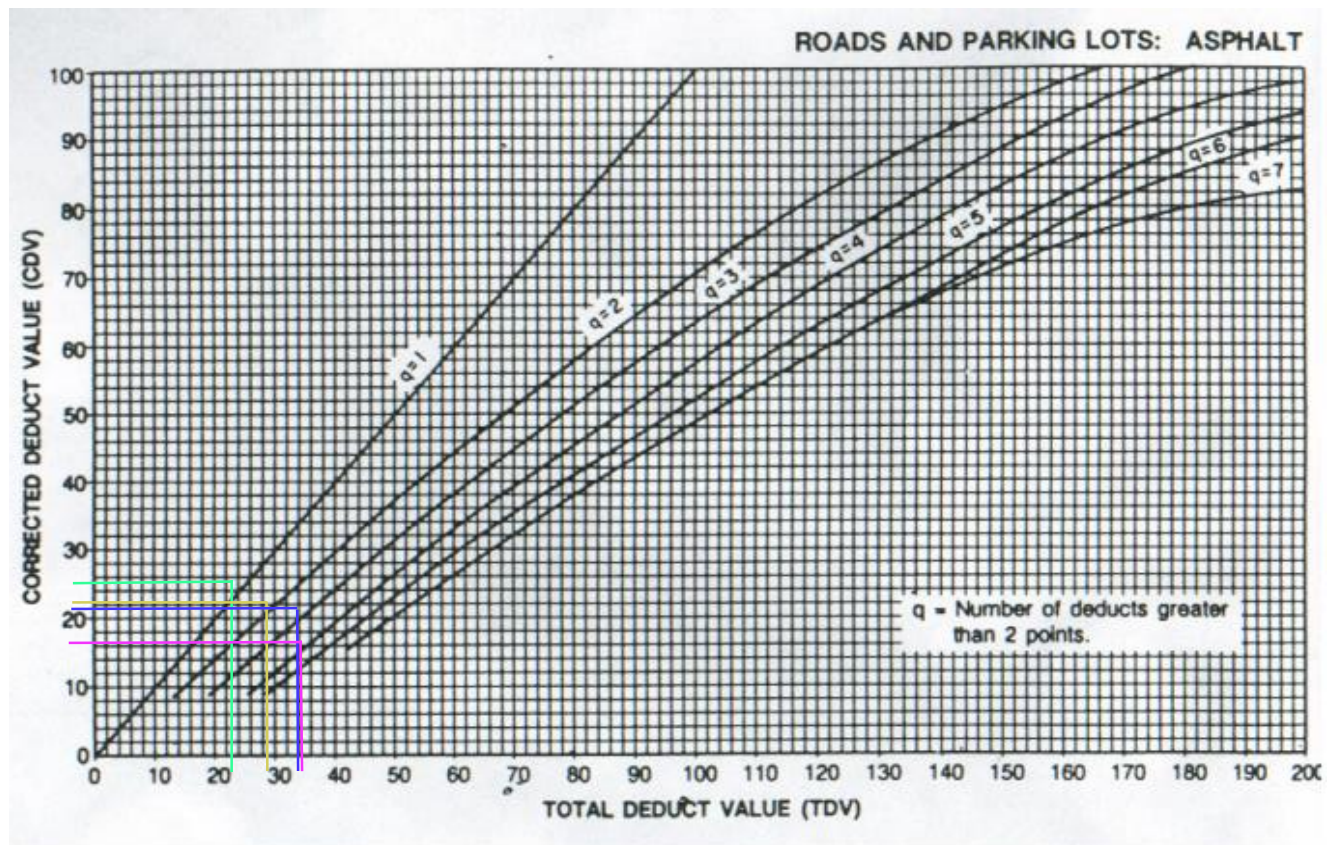
Muestra 178.



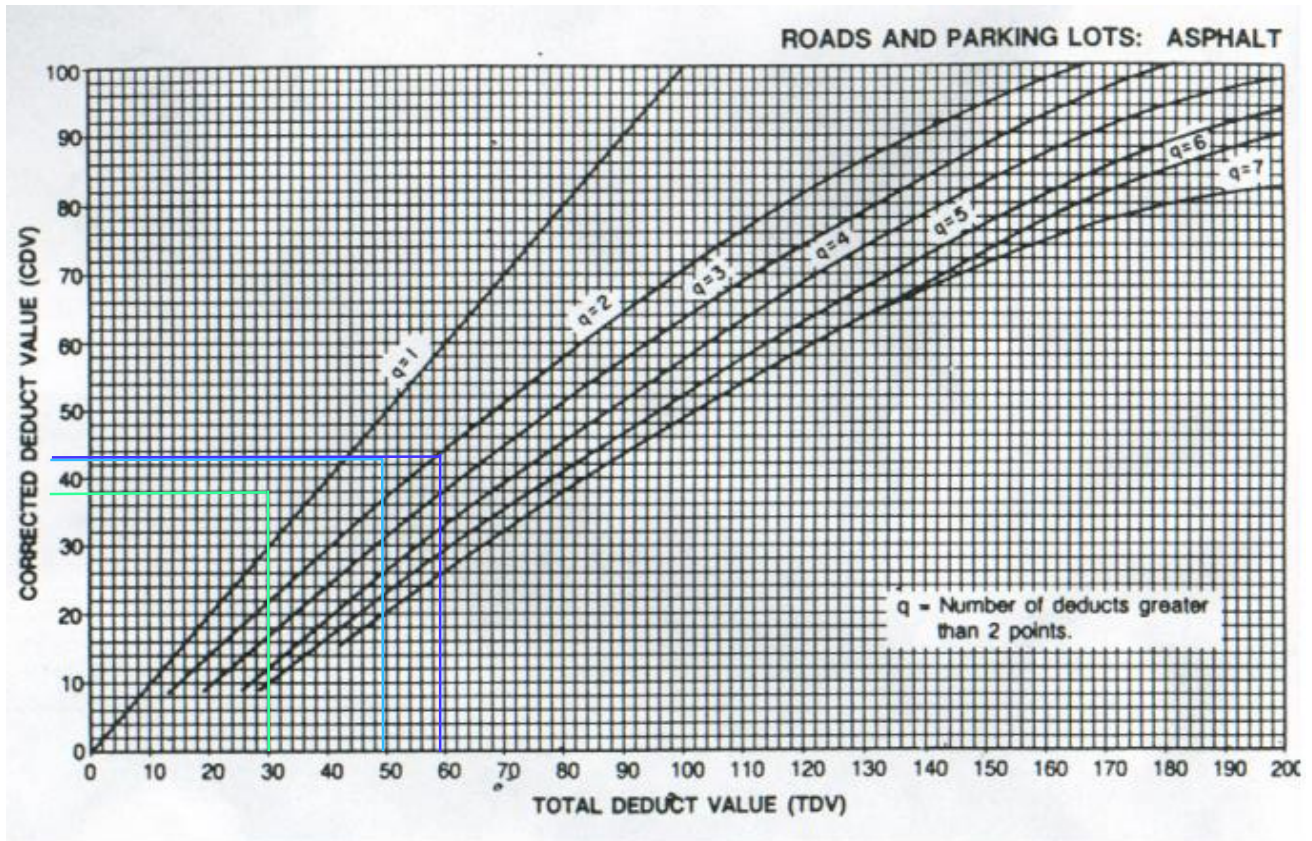
Muestra 194.



Muestra 210.



Muestra 226.



Anexos E. Informe fotográfico.





