

CAPÍTULO I

EVALUACIÓN SUPERFICIAL DE PAVIMENTO FLEXIBLE

AV. FROILÁN TEJERINA

1.1. ANTECEDENTES

La evaluación de un pavimento es una primera aproximación al problema que presentan los pavimentos que están deteriorados y que no ofrecen las vías de comunicación las condiciones óptimas de comodidad y confort adecuadas para el usuario, siendo un aporte a los sistemas de conservación de pavimentos, ya que generalmente no se sabe porqué se produce un estado de falla o la aparición de un defecto, lo que hace que la obra de mantenimiento o de conservación no sea la adecuada y vuelva aparecer el defecto, sin explicación alguna.

La realización de una evaluación de un pavimento flexible implica la observación y cuantificación de las características superficiales del pavimento (capa asfáltica), así se presentan dentro de la evaluación superficial, los indicadores de estado como lo son el PCI, PSI e IRI desde el momento que el pavimento se pone en servicio.

Este tipo de evaluaciones debe basarse en:

- Evaluar objetiva y cuantitativamente las condiciones superficiales del pavimento, que cuantifica las fallas existentes sus áreas y severidades correspondientes.
- Muestras aleatorias del tramo vial en estudio, con el fin de reducir la inspección visual.
- Aplicar métodos como la inspección visual, manual y equipos adecuados para realizar la evaluación.

El desarrollo del trabajo consiste en dar una introducción al tema de las fallas y deterioros en pavimentos flexibles, indicando sus características, exigencias, propiedades, esfuerzos a los que se ven solicitados, tanto por efecto del tránsito como

por el ambiente, todo esto para determinar los posibles agentes patógenos que pueden afectar el comportamiento de los pavimentos, estos agentes son diferenciados en endógenos y exógenos, para poder determinar la naturaleza de la falla.

Una de las grandes preocupaciones de los administradores e ingenieros de infraestructura vial es el mantenimiento de los pavimentos. La preservación del valor del patrimonio de las áreas pavimentadas depende, fundamentalmente, del mantenimiento de rutina y/o correctivo.

Desde el punto de vista de diseño, los pavimentos flexibles están formados por una serie de capas y la distribución de la carga está determinada por las características propias del sistema de capas.

Pavimentos en buenas condiciones proporcionan además de menores costos, mayor seguridad a los usuarios, la conservación y restauración es un factor importante a ser considerado. La falta de mantenimiento significa desperdiciar inversiones realizadas anteriormente. El mantenimiento de pavimentos equivale a un costo de conservación. El gasto realizado para el mantenimiento de los pavimentos a lo largo del tiempo será compensado, pues, la no conservación de ellos trae consigo costos mayores que muchas veces no pueden ser considerados en las inversiones anuales. Con un buen mantenimiento se llega a tener un ahorro considerable en las inversiones anuales, ya que los pavimentos de una carretera o vía puedan funcionar de forma segura, suave y sin que ocurran fenómenos inadecuados en la interacción movilidad versus pavimento.

A lo largo de la vida útil de un pavimento se van presentando distintos grados de deterioro debidos a múltiples causas, principalmente a la acción del tránsito y a las condiciones climáticas entre otros, lo que hace necesario llevar a cabo trabajos de conservación con el fin de mantener en buen estado tanto la superficie de rodamiento, como la capacidad estructural para la que fue diseñado, minimizando los sobrecostos de operación en los que incurriría el transporte al transitar por carreteras en mal estado superficial.

Los defectos que presenta un pavimento y que disminuyen la comodidad del usuario o la vida de servicio de esa estructura, frecuentemente corresponden a defectos constructivos y difícilmente pueden clasificarse como deterioros.

La calidad del pavimento se analiza determinando la regularidad superficial, que tiene que ver con las irregularidades verticales acumuladas a lo largo de un kilómetro, con respecto a un plano horizontal en un pavimento. Éstas se deben principalmente a dos causas: la primera, al procedimiento constructivo, y la segunda al daño producido a la carretera misma por el tránsito vehicular. En ocasiones, dichas irregularidades son una combinación de ambas; así por ejemplo, las diferentes capas que constituyen un pavimento suelen presentar afectaciones debidas a asentamientos o acomodos de los materiales que las constituyen, y son función de las cargas que circulan sobre el pavimento. También pueden tener su origen en un deficiente proceso constructivo.

1.2. IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

El problema que existe en la av. Froilán Tejerina es que se identificó diversas fallas y deterioros que presenta el pavimento flexible debido a que por esta avenida circulan muchos vehículos pesados y una gran cantidad de vehículos livianos y medianos.

Además dicha avenida tiene más de 10 años de servicio por el cual circulan todo tipo de vehículos.

Los daños que presenta el pavimento flexible se deben a múltiples causas

Cuadro N° 1 Causas Por Las Cuales Un Pavimento Falla

FALLA EN:	CAUSAS
 Trafico de Diseño	➤ Cargas mayores a las de diseño ➤ Incremento del trafico
 Proceso Constructivo	➤ Deficiencias en los procesos constructivos
 Deficiencias de Proyecto	➤ Diseños inadecuados ➤ Mala calidad y dosificación de los materiales ➤ Mala valoración en la sub rasante

Fuente: Elaboración propia

- ✚ **Trafico de diseño:** En muchos casos se tiene un tráfico de diseño del pavimento incorrecto, ya que las cargas son bastante mayores a las previstas. Se debe a errores de aproximación de cargas o también al incremento de tráfico con el transcurso de los años.
- ✚ **Proceso constructivo:** Deficiencias en los procesos constructivos hacen una estructura débil del pavimento. Esto se debe a inadecuados espesores y mezclas, así como una deficiencia en la distribución y compactación de capas.
- ✚ **Deficiencia de proyecto:** Diseños inadecuados y una mala valoración de la sub rasante. Por otro lado, a veces se tiene una mala calidad de materiales usados en la producción.
- ✚ **Factores ambientales:** Elevación de la napa freática, inundaciones, lluvias prolongadas, así como insuficiencia en el drenaje superficial o profundo.
- ✚ **Deficiencia de mantenimiento:** Falta de mantenimiento y conservación del pavimento.

Es por esta razón que el pavimento de la av. Froilán Tejerina presenta fallas, fisuras debido a múltiples causas como por ejemplo cargas excesivamente altas es por eso que se debe hacer el estudio de evaluación superficial del pavimento.

1.3. JUSTIFICACIÓN

El problema que se trata en la presente evaluación, que es el diagnóstico de deterioros y fallas que presenta el pavimento flexible utilizado. Debe tenerse en cuenta que el pavimento desde su puesta en servicio, va a sufrir el deterioro de sus características iniciales, a fin de poder prestar un servicio adecuado a los usuarios, resultan imprescindibles actuaciones de conservación.

Un planeamiento adecuado en las operaciones de mantenimiento o conservación no sólo preserva la ruta, también previene su deterioro. Estas actividades deben

realizarse en forma continua, de manera que garantice la inversión inicial de construcción, y prolongue la vida tanto de la vía como de los vehículos que transitan.

Es de mucha importancia determinar las fallas, fisuras y deterioros que presenta la avenida Froilán Tejerina, ya que es una avenida principal y sobre todo comercial, donde circula la mayoría de la población, la cual se encuentra con muchas dificultades de transitabilidad.

Esta evaluación permite:

- Conocer los aspectos generales del diseño y construcción de pavimentos nuevos (flexibles) en vialidad urbana.
- Comprender el proceso de deterioro de los pavimentos flexibles y familiarizarnos con las diferentes acciones de mantenimiento y rehabilitación aplicables.
- Entender la importancia de la selección de acciones de mantenimiento y rehabilitación de pavimentos adecuadas a condiciones específicas, así como su ejecución de manera oportuna para lograr el mayor aprovechamiento de las inversiones económicas en obras y el mayor beneficio de los usuarios.
- Analizar el estado del pavimento flexible mediante la tipología, evaluación de fallas y deterioros para tomar medidas preventivas.

Por esta avenida circulan vehículos de transporte liviano, mediano y pesado los cuales hacen más rápido el deterioro, es por esta razón que se debe realizar el estudio de evaluación superficial de pavimento flexible.

La evaluación del pavimento flexible en la Av. Froilán Tejerina responde a las necesidades de la comunidad, puesto que una vez conocidos los diferentes tipos de patologías que presenta se puede realizar el tratamiento adecuado de estas, para así solucionar los problemas de incomodidad que se presentan al transitar por esta vía.

1.4. OBJETIVOS

1.4.1. OBJETIVO GENERAL

Realizar la Evaluación Superficial del Pavimento Flexible Sobre Empedrado en la Av. Froilán Tejerina, por los métodos: PCI, PSI e IRI.

1.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar y determinar las causas y los deterioros en el pavimento de la Av. Froilán Tejerina.
- Clasificar las fallas de acuerdo a la severidad (alto, medio, bajo).
- Identificar las causas que influyen en el pavimento flexible sobre empedrado.
- Analizar, evaluar y cuantificar los deterioros y fallas con los distintos métodos como ser PCI, PSI, IRI.
- Determinar la relación que existe entre los métodos empleados.
- Definir una propuesta de tratamiento y mejoramiento de la av. para recuperar la servicialidad de rodadura, brindar un mejor confort como también el mejoramiento del pavimento flexible sobre empedrado.
- Analizar técnicamente un pavimento flexible con paquete estructural vs. pavimento flexible sobre empedrado en las patologías.

1.5. ALCANCE

La filosofía del mantenimiento está orientada a no dejar que ningún tramo vuelva a ser rehabilitado. Se trata de aprovechar la capacidad remanente del soporte estructural del pavimento, y sobre esta estructura existente, recapear, reforzar o aplicar cualquier otro tratamiento que sea el más rentable en el tiempo.

En cuanto a los otros elementos de la infraestructura vial, el mantenimiento se orienta a aplicar el tratamiento más adecuado para devolver o mejorar su condición estructural y funcional.

Los estudios de mantenimiento periódico, nos exigen que se elabore una priorización escalonada de la inversión año por año, sustentada en una programación que permita decidir qué sectores del tramo tienen que intervenir de inmediato, y qué sectores pueden ejecutarse en los años subsiguientes.

El estudio seleccionará los tipos de tratamiento a aplicar, de acuerdo al estado del Pavimento, así como de su aplicación, definiendo el diseño definitivo óptimo del mantenimiento periódico.

Para el caso específico del pavimento, los tratamientos producto de estos estudios, están orientados a controlar la fisuración y rugosidad, surge entonces la necesidad de plantear la mejor alternativa para prolongar la vida del pavimento existente, sea mediante el uso de su valor residual, o mediante el Estudio Definitivo para el Mantenimiento De Rutina permanente de la Av. Froilán Tejerina

El alcance que tiene este trabajo es el de conocer el estado en que se encuentra la capa de rodadura sobre empedrado, de dicha avenida, para ello en primer lugar, se llevará a cabo una zonificación de la vía a ser evaluadas, luego se realizará una inspección visual y manual a la capa de rodadura existente, aplicando las siguientes metodologías de la inspección visual y manual por ser consideradas las más adecuadas.

La metodología se explicará más adelante, en un capítulo de este trabajo ya que los métodos tienen un fin común que es de conocer el estado del pavimento. La identificación y el grado de severidad de las fallas encontradas, serán de gran utilidad para planteamiento de cualquier método de conservación de pavimentos.

Las diferentes fallas se pueden clasificar de una manera más generalizada, según su severidad y el porcentaje de fallas que se encuentra en la vía. Otra clasificación es el tipo de origen que tiene el mismo, en este trabajos se tomarán las fallas de tipo superficial que son aquellas que sólo afectan a la superficie del pavimento de la capa.

Se resalta que ciertas acciones del mantenimiento o conservación de los pavimentos flexibles son de carácter rutinario y permanente, acciones que definitivamente siempre deben ser contempladas en este tipo de trabajo.

La necesidad de mantener una red vial dentro de un nivel de conservación aceptable busca que se minimice los costos de operación de los usuarios y de esta forma optimicen las utilidades obtenidas por la inversión en infraestructura vial. Los requerimientos de inversión generalmente cuentan con recursos limitados y es necesaria una adecuada distribución de forma que rindan beneficios al máximo posible.

Metodologías Y Técnicas.

Las necesidades de los sectores que administran las redes viales han llevado a desarrollar una amplia gama de metodologías para la evaluación de pavimentos que se basan en conceptos muy variados.

Se pueden clasificar los métodos de evaluación de pavimentos en dos grandes grupos:

- Métodos de evaluación estructural, llamados “mecanicistas”
- Métodos de evaluación de la condición por inspección visual, llamado “empíricos”.

Métodos De Evaluación De La Condición De Pavimentos Por Inspección Visual.

La principal característica de los métodos de evaluación de pavimentos por inspección visual es que son empíricos, esto se justifica plenamente con el hecho de que es prácticamente imposible hallar un método mecanicista (teórico) que evalúe la condición de un pavimento a partir de inspecciones visuales y que tenga relación directa con la serviciabilidad que presta al usuario.

Estos métodos empíricos se basan en el relevamiento de los deterioros visibles del pavimento para inferir su grado de deterioro o calificación general. Esta calificación se hace mediante la asignación de “deducciones” que varían dependiendo del tipo de deterioro encontrado. En la asignación de estas deducciones es donde influye mucho la experiencia y la percepción del comportamiento de los pavimentos.

Estos métodos han probado ser muy eficaces a la hora de realizar evaluaciones periódicas en redes viales, esto se debe a que generalmente son de alto rendimiento y bajo costo

El método inspección visual.- Con el que se recogerá datos para conocer el grado de severidad en la que se encuentra pavimento (capa de rodadura) y la identificación de los tipos de fallas que se encuentran en la Av. Froilán Tejerina.

Luego se tomará datos con la ayuda de un nivel y una mira para poder conocer un primer parámetro como lo es el IRI y después de la tabulación de datos de campo y con ayuda de ábacos se encontrarán los demás indicadores de estado de pavimentos como lo son el PCI y el PSI.

Y finalmente se determinará el costo del recapamiento de la avenida.

CAPITULO II

FUNDAMENTO DE PAVIMENTO FLEXIBLE

2.1. Concepto de pavimentos.

El pavimento es el conjunto de capas de material seleccionado que reciben en forma directa las cargas del tránsito y las transmiten a los estratos inferiores en forma disipada, proporcionando una superficie de rodamiento, la cual debe funcionar eficientemente.

Las condiciones necesarias para un adecuado funcionamiento son: el ancho, el trazo horizontal y vertical, la resistencia adecuada a las cargas para evitar las fallas y los agrietamientos, además de una adherencia adecuada entre el vehículo y el pavimento aún en condiciones húmedas.

El pavimento deberá presentar la resistencia adecuada para soportar los esfuerzos destructivos del tránsito, de la intemperie y del agua. Debe tener una adecuada visibilidad y contar con un paisaje agradable para no provocar fatigas. Se presentan dos tipos de pavimentos, los mismos que se diferencian por la estructura que presentan y las capas que la conforman.

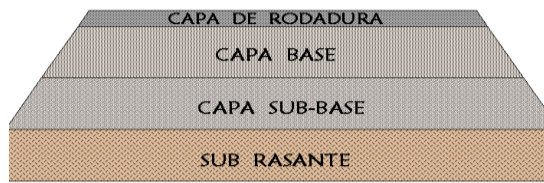
Un pavimento rígido se compone de losas de concreto hidráulico que en algunas ocasiones presenta un armado de acero. Este tipo de pavimentos no puede plegarse a las deformaciones de las capas inferiores. La sección transversal de un pavimento rígido está compuesta por la losa de concreto hidráulico que va sobre la subbase y éstas sobre la subrasante.

Tiene un costo inicial más elevado que los pavimentos flexibles y su periodo de vida varía entre 20 y 40 años. El mantenimiento que requiere es mínimo y se orienta generalmente al tratamiento de juntas de las losas.

Por otro lado un pavimento flexible cuenta con una carpeta asfáltica en la superficie de rodamiento, la cual permite pequeñas deformaciones de las capas inferiores sin

que su estructura se rompa. Este tipo de pavimento está compuesto principalmente de una carpeta asfáltica, de la base granular y de la capa subbase. El pavimento flexible resulta más económico en su construcción inicial, tiene un periodo de vida de entre 10 y 15 años, pero tienen la desventaja de requerir mantenimiento periódico para cumplir su vida útil.

Figura 2.1 PAQUETE ESTRUCTURAL



Fuente: “Transportation Engineering”

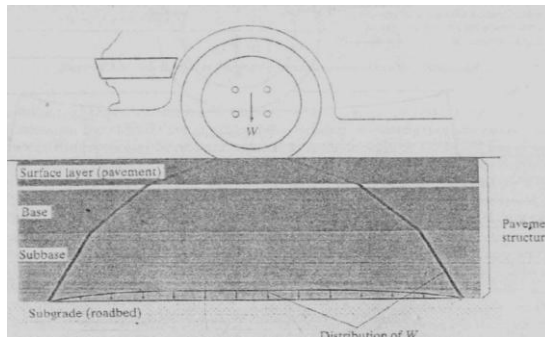
2.1.1. Componentes del pavimento flexible.

Los pavimentos están formados por capas de resistencia decreciente con la profundidad.

Generalmente se componen de: carpeta de rodamiento – que puede ser de asfáltica o de hormigón-base y subbase apoyado todo este conjunto sobre la subrasante. La función de cada una de las capas del pavimento es doble:

- 1) distribuir las tensiones provenientes de la parte superior reduciéndolas hasta Valores admisibles para las capas inferiores y,
- 2) ser suficientemente resistentes por sí mismas para soportar, sin deformaciones permanentes, las cargas a las cuales están sujetas.

Figura 2.2 Distribución del peso de la rueda



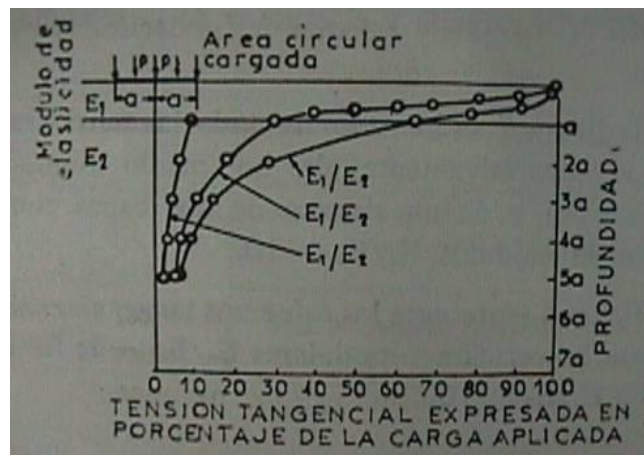
Fuente: “Transportation Engineering”

Figura 2.2: Distribución del peso de la rueda desde el punto de contacto hasta la última capa de suelo. Caso particular de pavimento flexible.

En la **figura 2.3** se representan los esfuerzos tangenciales calculados para relaciones modulares E_1/E_2 iguales a 1, 10 y 100.

Del análisis de la figura se desprende claramente la influencia en la distribución de tensiones que tienen las capas con módulos resistentes elevados. Las tensiones en las capas inferiores disminuyen sensiblemente, en tanto que se produce una concentración de tensiones en la capa superior.

Figura 2.3 Distribución De Tensiones



Puente: Transportations Engineering”

2.1.2. Criterios en las etapas de los pavimentos.

Los pavimentos antes, durante y después de la servicialidad, afrontan diferentes criterios que permiten comprender la degradación a que éstos están sometidos. Estas etapas están referidas a la construcción, rehabilitación y mantenimiento.

Construcción

La primera etapa para la construcción de un pavimento es la investigación de campo o la recopilación de información. Esta investigación comprende la búsqueda de la información disponible, los análisis de tráfico, la calidad de materiales y otros aspectos necesarios para el diseño.

Antes de proceder a la toma de decisión sobre la metodología de investigación a utilizar en un proyecto en particular, debe realizarse un análisis de toda la información disponible como ser:

- A) La calidad de los materiales disponibles en canteras y zonas locales
- B) Evaluación de la subrasante.
- C) Ensayos de laboratorio
- D) La planificación y los niveles finales del pavimento

En lo posible debe recopilarse la mayor cantidad de información disponible sobre el tráfico y en caso de no contar con ella, realizar las estimaciones necesarias.

Luego de realizar la debida recopilación de datos, trabajos de campo y los ensayos de laboratorio, se procede al diseño correspondiente. El cual consiste en escoger una adecuada combinación de espesores de capas y características de materiales para que los esfuerzos y deformaciones causados por las sollicitaciones a que se somete la estructura.

Rehabilitación.

La rehabilitación es una actividad necesaria para “devolver” a la estructura de pavimento las condiciones de soporte de carga con las que inicialmente se construyó, así como su nivel de servicio en términos de seguridad y comodidad.

Un pavimento puede soportar dos tipos de rehabilitación, superficial o estructural.

La información con la cual se podría contar, es la siguiente:

- El diseño del pavimento original.
- Los espesores de las capas construidas junto con cualquier cambio en los diseños especificados del diseño.
- Los resultados de los procesos y los ensayos de control de calidad desarrollados durante la construcción.

Las medidas de rehabilitación superficial, resuelven problemas que se encuentran confinados a las capas superiores del pavimento, usualmente dentro de los 100 mm. Superiores, inconvenientes que están relacionados con el envejecimiento del asfalto y con el agrietamiento que se origina en la superficie debido a factores térmicos.

La rehabilitación para resolver problemas de la estructura del pavimento normalmente se trata como una solución a largo plazo. Al resolver problemas estructurales, debe recordarse que la estructura del pavimento es la que tiene fallas y no necesariamente los materiales que la forman. El objetivo de la rehabilitación estructural es maximizar el valor de recuperación del pavimento existente.

Existen muchas opciones disponibles para rehabilitar una carretera, pero lo difícil es determinar cuál de ellas es la más adecuada. Los puntos más importantes para tomar una decisión es:

- La viabilidad de los métodos de rehabilitación.
- El ordenamiento del tráfico.
- Las condiciones climáticas.

- La disponibilidad de recursos.

Mantenimiento.

En todo tipo de pavimento los deterioros pueden ser pequeños al principio, pero más adelante probablemente sean más serios y aceleren la falla de la vía. Por ello, una obra requiere un mantenimiento adecuado y continuo para cuando menos asegurar su vida útil y proporcionar un servicio adecuado. Los pavimentos se deterioran a medida que pasa el tiempo debido a las cargas del tráfico y por lo tanto estos pavimentos tienen que ser mantenidos para asegurar que cumplan con su función.

Un mantenimiento regular y una buena práctica de limpieza mejoraran la apariencia total del pavimento al igual que de cualquier otro material de superficie.

2.1.3. Pavimento flexible sobre Empedrado.

Un pavimento flexible realizado sobre empedrado, es una manera de ahorrar tiempo ya que se tiende una carpeta asfáltica sobre una calle ya empedrada con anterioridad utilizando el empedrado como capa base.

El proceso de empedrado de la calle se lo realiza con el fin de mejorar la calidad de vida de las personas que transitan la misma.

En este capítulo se realizará una descripción de la ejecución del pavimento flexible sobre empedrado dividiendo en dos etapas diferentes.

❖ Empedrado

❖ Pavimento

Empedrado:

Se conoce como empedrado, a aquella capa de rodadura elaborada con piedra, obtenida de las orillas de los ríos o mediante un proceso de explotación y trituración. El empedrado presenta gran durabilidad y resistencia.

Siendo el comportamiento de los empedrados, similares a los de un pavimento flexible, en su diseño se deben considerar los siguientes parámetros:

- Variables de tiempo.
- Tráfico.
- Características de la sub rasante.
- Factores ambientales, clima y drenajes.
- Resistencia de los materiales

El empedrado bien ejecutado a mano, puede ser considerado como una carpeta que recibe las cargas de los vehículos y los transmite a la capa subyacente.

Las piedras deben tener adecuada resistencia a la compresión y el desgaste. Su forma no tiene especificaciones sin embargo, preferentemente debe usarse, las de canto rodado por ser esferoides.

El empedrado es una forma de mejorar las condiciones de transitabilidad de una calle, es una manera muy útil para lograr aumentar la calidad de vida de las personas que viven en los alrededores y para las personas que transitan por la misma.

La secuencia constructiva de un empedrado, implica considerar algunas actividades claves que deben aplicarse.

- Explotación de material.
- Transporte de material.
- Empedrado.

Explotación de material.

Descripción:

Este trabajo consistirá en obtener material seleccionado para construir empedrados, en cantidad suficiente y calidad adecuada para los requerimientos del proyecto. La explotación podrá realizarse manualmente o mediante la utilización de maquinarias.

Figura 2.4 – Fuente de Materiales: terraza aluvial



Fuente: Manual Andino Para La Construcción Y Mantenimiento De Empedrados

Características del Material a explotar.- El material a explotar puede ser de minas a cielo abierto (terrazas aluviales) o canteras (conglomerados), y su explotación puede ser manual o con maquinaria pesada, en función de la fuente de material.

Equipo.- Si el procedimiento de explotación se realiza mecánicamente, el equipo necesario se constituirá por una cargadora frontal, excavadora o retroexcavadora, volqueta de al menos $6m^3$, zaranda con paso máximo de 15 cm, y zaranda con paso máximo de 8 cm.

En caso de que la explotación sea manual se requerirá exclusivamente una retroexcavadora o cargadora frontal para efectuar la carga en la volqueta.

Figura 2.5. Carga de material a Volqueta



Fuente: Manual Andino Para La Construcción Y Mantenimiento De Empedrados

Procedimiento de Trabajo.- Para el procedimiento de trabajo se tomará en cuenta la posibilidad de explotar la mina de forma manual y de forma mecánica.

Explotación Manual.- Una vez identificada la mina y realizado el análisis de su potencia, se dispondrán de cuadrillas de 4 personas que cargarán el material seleccionado al cucharón de la retroexcavadora o de la cargadora frontal.

Una vez que se ha llenado el cucharón, se dispondrá el material en una volqueta para su posterior transporte.

Este procedimiento usualmente se lo realizará cuando la mina es una terraza aluvial. La ventaja de este tipo de explotación, es que un alto índice de ocupación de mano de obra directa y se utiliza el 100% del material clasificado, como se señala más adelante.

Figura 2.6 – Explotación manual



Fuente: Manual Andino Para La Construcción Y Mantenimiento De Empedrados.

Explotación Mecánica.- Una vez identificada la mina y realizado el análisis de su potencia, la retroexcavadora procederá con el descapote de la mina (apertura), extrayendo el material y depositándolo en una volqueta.

Figura 2.7 – Explotación Mecánica



Fuente: Manual Andino Para La Construcción Y Mantenimiento De Empedrados

Transporte de material.

Descripción.- Este trabajo consistirá en el transporte autorizado de la piedra seleccionada para la construcción del camino.

Procedimiento y Acopio de Material.- Cuando la distancia de la mina sea inferior a 200 metros, se procurará realizar un transporte manual mediante el empleo de carreterillas y con la participación de la comunidad; si el transporte fuese menor al señalado, el material clasificado será transportado en volquetas hasta el proyecto, y se distribuirá de tal manera que la distancia entre cada montón de piedra permita una correcta utilización del material.

De la experiencia lograda en la ejecución de empedrados, se puede indicar referencialmente que un metro cúbico de piedra seleccionada permite empedrar hasta $8 m^2$.

En todo caso el fiscalizador realizará un muestreo en el campo para verificar el índice de eficiencia de la explotación para el proyecto y la relación entre el volumen de material transportado y el área de empedrado realmente ejecutado.

Figura 2.8 – Transporte y Acopio de Material en el Proyecto



Fuente: Manual Andino Para La Construcción Y Mantenimiento De Empedrados

Empedrado.

Descripción.- Este trabajo consistirá en construir una superficie de rodadura con una capa de cantos rodados o de piedra partida. Esta superficie se la elaborará de acuerdo a los requerimientos de los documentos y las instrucciones del fiscalizador.

Materiales.- El empedrado se realizará con cantos rodados o con piedra partida (triturada), en concordancia con lo establecido en los documentos contractuales y con la disponibilidad de los mismos.

Este trabajo no se efectuará en una subrasante que no cumpla con los valores de CBR señalados en el cuadro N° 2.

Cuadro N° 2 Características del material

CARACTERÍSTICAS	VALOR REQUERIDO
Tipo de suelo clasificación SUCS	ML o CL
Tipo de suelo clasificación AASHTO	A4 o A6
CBR mínimo	6%
CBR recomendado	8%
% de compactación de la subrasante luego de la re conformación (relación a Proctor Modificado)	≥ 95%
Bombeo de calzada	3 - 4%
Gradiente longitudinal mínima	0.5%
Gradiente longitudinal máxima	15%
Máximo longitud de tramo con pendiente ≥ 15%	500 m

Fuente: Manual Andino Para La Construcción Y Mantenimiento De Empedrados

La piedra partida o canto rodado deberá cumplir los valores establecidos en el cuadro N° 3. La clasificación y selección de las piedras adecuadas se lo hará en el lugar de explotación y no se permitirá el uso de piedras que no satisfagan los requerimientos de tamaño y características mecánicas.

Cuadro N° 3 Especificaciones para el empedrado

CARACTERÍSTICAS	VALOR REQUERIDO
Pérdida por abrasión en máquina de los Ángeles (500 revoluciones)	$\leq 40\%$
Pérdida de peso mediante ensayo de durabilidad luego de 5 ciclos de inmersión y lavado con sulfato de sodio	$\leq 12\%$
Densidad mínima	2.3 gr/cm ³
Diámetro mínimo para empedrado	8 cm
Diámetro máximo para empedrado	12 cm
Diámetro mínimo para maestra o cordones maestros	10 cm
Diámetro máximo para maestra o cordones maestros	15 cm

Fuente: Manual Andino Para La Construcción Y Mantenimiento De Empedrados

Equipo.- La piedra partida o canto rodado será colocada a mano, para lo cual requiere de un martillo o combo de 2 kg, que servirá para hincar las piedras.

Adicionalmente, una vez terminada la capa de empedrado, se deberá compactar la piedra mediante el paso sin vibración de un rodillo liso de 4 a 8 toneladas.

Procedimiento de Trabajo.- La subrasante sobre la que se colocará el empedrado deberá hallarse debidamente conformada y compactada, en función de la especificación del transporte del material.

A la subrasante terminada y compactada, se la disgregará en un espesor de 2 cm aproximadamente, que servirá como cama de apoyo para la colocación de la piedra; este trabajo se efectuará con herramientas manuales, esto es picos y rastrillos.

Figura 2.9 – Disgregación de Subrasante



Fuente: Manual Andino Para La Construcción Y Mantenimiento De Empedrados

Una vez disgregada la subrasante se colocarán las piedras maestras o cordones maestros con la piedra de mayor tamaño en los ejes, bordes o límites de carriles.

Adicionalmente deben colocarse maestras longitudinales intermedias entre el eje y el borde del camino. La distancia entre maestras no debe ser mayor a 1.50 metros.

Si la gradiente longitudinal del camino es mayor de 10%, deberán colocarse maestras transversales cada 3.5 metros, de tal manera que se conforme un encajonamiento que evite desprendimientos de la piedra. En curvas de retorno se colocarán maestras transversales cada 2 metros, cuya referencia será el radio interno de la curva, de forma tal que éstas funcionen como bermas.

Conformadas las maestras, se completará la calzada con la colocación de piedra de menor tamaño (8 – 12 cm), de tal manera que se logre un confinamiento adecuado entre las piedras, procurando disminuir al máximo los intersticios que se formen, para lo cual se hincarán las piedras con un combo o martillo de 2 kg.

Figura 2.10 – Colocación de Maestras o Cordones maestros



Fuente: Manual Andino Para La Construcción Y Mantenimiento De Empedrados

Figura 2.11 – Colocación e Hincado de Piedra en Empedrado



Fuente: Manual Andino Para La Construcción Y Mantenimiento De Empedrados

Inmediatamente se esparcirá material de relleno en los espacios entre las piedras para aumentar la adherencia entre éstas y disminuir la filtración de aguas lluvias. Este material será arcilla o material ligante de las mismas características del material de la

subrasante. Se conseguirá una penetración completa y uniforme de este material, por medios de escobas y riego de agua.

Figura 2.12 –Rellenado con material fino



Fuente: Manual Andino Para La Construcción Y Mantenimiento De Empedrados

El emporado deberá cubrir completamente las piedras para facilitar el compactado. La compactación y fijación se llevará a cabo de inmediato, utilizando un rodillo liso sin vibración, iniciando el trabajo en los costados y desplazándose hacia el centro.

Figura 2.13 – Compactado del Emporado



Fuente: Manual Andino Para La Construcción Y Mantenimiento De Empedrados

2.1.3.2.Pavimento

Luego de realizado el empedrado de la calzada y aún con el propósito de seguir mejorando las condiciones de transitabilidad de la vía y calidad de las personas que viven y transitan por la misma, se procede a realizar el pavimentado de la vía para la cual se hace el tendido de una carpeta asfáltica.

Como ya se mencionó antes que es un procedimiento sólo en nuestro medio y que además se lo viene practicando muchos años atrás.

Este tipo de pavimento flexible, esta conformado por dos capas, la base y la carpeta asfáltica como capa de rodadura, la base esta compuesta por el empedrado, y la capa de rodadura es una carpeta asfáltica.

Imprimación o riego asfáltico

Para la realización de la imprimación o riego de liga primeramente se tiene que verificar que el empedrado se encuentre uniforme, es decir en condiciones óptimas de impermeabilidad además que para el pavimentado es un requisito muy importante que la calle tenga cordones en ambos lados de la calzada.

Después de la verificación del estado del empedrado de la calzada se tiene que realizar una limpieza total de la misma, eliminando las impurezas como ser limo, hierba y otros, para luego realizar la imprimación o riego asfáltico.

Para realizar la imprimación se utiliza una mezcla de cemento asfáltico diluido con kerosén que es denominado emulsión MC (curado medio), o también puede utilizarse una mezcla de cemento asfáltico con gasolina llamado RC (curado rápido), cuando la imprimación o riego asfáltico se hace con la emulsión MC se tiene que esperar 72 horas para realizar el asfaltado, pero cuando se utiliza la emulsión RC se puede realizar el asfaltado después de 12 horas, esta emulsión se usa cuando hay razones de costo t tiempo, cuando la zona a pavimentar son varias y no se puede estar yendo de un lugar a otro.

La mezcla para la emulsión de curado medio o curado rápido se lo hace a razón de 1 litro de gasolina o kerosén para un metro cuadrado.

Figura 2.14 Imprimación o riego de liga



Fuente: Manual para el Mantenimiento de la Red Vial Secundaria

Mezclas en planta o en caliente

Luego de realizar la imprimación se procede a realizar un control en la planta para preparar la mezcla asfáltica suelta.

La dosificación que se usa para la mezcla asfáltica esta estandarizada y se hace a razón de 20% de grava de entre 3/4 de pulgada hasta 3/8 de pulgada, 35% de gravilla de entre 3/8 de pulgada hasta N°4 y 45% de arena entre N° 4 hasta N° 200 retenido.

La planta consta de tres silos (depósitos cónicos) que tienen su cinta transportadora mediante la cual el material granular es llevado al “tambor” donde entra para su secado. El “tambor de secado” funciona con gas natural.

Transporte de la mezcla

Una vez que la mezcla se encuentra en el silo (deposito cónico) cargado a volquetas que se encarga de transportar el material al lugar de la obra. Donde el material será cubierto para mantener su temperatura hasta desalojar el material dentro del equipo pavimentador.

Figura 2.15 colocado del material a la maquina pavimentadora



Fuente: Manual para el Mantenimiento de la Red Vial Secundaria

Capa de rodadura

Una vez que el material es colocado a la máquina terminadora se procede a pavimentar con las especificaciones indicadas teniendo en cuenta el espesor de la capa de rodadura.

La capa de rodadura es la parte superior de un pavimento flexible. Es una capa de material pétreo cementado con asfalto que se coloca sobre la base. Los materiales pétreos para ser empleados en la carpeta asfáltica deben cumplir con ciertas características dadas por la granulometría, dureza, forma de la partícula y adherencia con el asfalto.

El contenido óptimo de asfalto para una carpeta, es la cantidad de asfalto que se necesita para formar alrededor de la partícula una membrana con un espesor suficiente para resistir los elementos de la intemperie, para que el asfalto no se oxide. El espesor no debe ser muy grande porque se pierde resistencia y estabilidad.

Las funciones de la carpeta asfáltica son las siguientes:

- Proporciona una superficie de rodamiento que permita un tránsito fácil y cómodo para los vehículos.

- Impedir la infiltración de agua de lluvia hacia las capas inferiores.
- Resistir la acción de los vehículos

En síntesis podemos decir que tiene como objeto impermeabilizar la capa base y darle una superficie lisa.

Figura 2.16 Equipo Pavimentador



Fuente: Manual para el Mantenimiento de la Red Vial Secundaria (Pavimentada y en Afirmado)

Compactación.

Luego de que el material ha sido extendido por la maquina terminadora se procede a la compactación con rodillo realizando las pasadas necesarias.

2.2. Evaluación de pavimentos.

La evaluación de pavimentos permite conocer el estado situacional de la estructura y establecer medidas correctivas para cumplir objetivos de servicialidad.

2.3. Evaluación superficial.

Existen varios métodos utilizados para la evaluación superficial de los pavimentos, los más conocidos son:

- La propuesta por la Universidad de Wisconsin (PASER)

- Consorcio de Rehabilitación Vial (CONREVIAL)
- Índice de Condición de Pavimentos (PCI)
- Índice de Servicialidad Presente (PSI)
- Índice de Rugosidad Internacional (IRI)

Los métodos son sencillos de aplicar y no requieren equipos experimentados, la inspección visual es una de las herramientas más importantes en la aplicación y evaluación de estos métodos, y forma parte esencial de toda la investigación. La inspección visual se realiza generalmente en dos etapas, una inicial y otra detallada.

Con la inspección visual inicial se pretende obtener una inspección general del proyecto. Esta tarea se realiza sobre un vehículo conduciendo a baja velocidad abarcando toda la longitud de la vía.

Por otro lado la inspección visual detallada consiste en inspeccionar la vía caminando sobre ella y tomando notas detalladas de las fallas encontradas en la superficie y se anotan también otras observaciones adicionales que se consideran necesarias. Los diferentes modos y tipos de fallas se describen en función de su severidad, frecuencia y ubicación, de esta forma se tendrá una herramienta importante a la hora de fijar la estrategia de rehabilitación.

2.3.1. Características Superficiales de los Pavimentos.-

Las características superficiales de los pavimentos dependen de la naturaleza y del acabado de la capa de rodadura y no están directamente relacionadas con la resistencia estructural; las características superficiales de los pavimentos son muy importantes, porque de ellas dependen la buena funcionalidad de la carretera y estas son en realidad las únicas características que interesan al usuario, ya que de ellas dependen en gran medida su seguridad y la comodidad de circulación, e incluso en el medio urbano las características superficiales de los pavimentos interesan a los vecinos y peatones.

Las características y propiedades que se consideran son las siguientes:

- * Resistencia al deslizamiento.
- * Resistencia a la rodadura.
- * Ruido de rodadura.
- * Permeabilidad.
- * Drenabilidad.
- * Limpieza.

Estas características influyen, sobre diversos aspectos relativos a la funcionalidad de las carreteras, como en la seguridad y comodidad de circulación, en los gastos de explotación, y en la contaminación ambiental.

La exigencia de los usuarios va aumentando de forma continua y lo que ahora se considera de calidad excepcional; en un futuro puede valorarse como de calidad media. Sin embargo, es posible dar una respuesta adecuada tanto a las necesidades de la circulación como a la demanda de los usuarios.

2.3.2. Medición de la regularidad superficial:

La medición del grado de uniformidad o regularidad superficial, puede efectuarse por medio de numerosos aparatos cuyo principio es la comprobación del perfil longitudinal, o el registro de las impulsiones producidas por la desnivelación de la calzada sobre un vehículo en movimiento.

El método más sencillo es la regla rodante de 3 metros provista en su centro de un listón en el que se puede medir la distancia entre la capa y la regla, colocando ésta en cualquier punto y dirección, aleatoriamente o de acuerdo con un protocolo de medición previamente establecido. Esta regla se utiliza mucho para comprobar la uniformidad en el momento de su construcción, con el fin de aumentar el rendimiento la variante de las reglas móviles.

A continuación citaremos los aparatos más conocidos:

1. **El perfilógrafo** del inspector general BOUTET. El perfil ideal queda materializado colocando reglas rigurosamente paralelas a la rasante, sobre estas reglas circula un aparato registrador cuyo estilete es accionado por una rueda en contacto con la calzada. Este equipo es empleado para medir la regularidad superficial en el sentido del eje de la carretera, su rendimiento es en general bajo.
2. **El perfilómetro digital** (fig. 2.11). Es un equipo portátil que permite la adquisición de los datos del perfil longitudinal, necesarios para el cálculo del IRI. Basados en clinómetros, permite la medición del perfil real del pavimento mediante la obtención de la pendiente cada 25 cm. Es un equipo de muy bajo rendimiento (1 km/día), pero que no sólo permite la medición de la regularidad, si no también de peraltes, escalonamientos, etc.

FIGURA 2.17 Perfilógrafo Digital



Fuente: (Google Archivos pdf.)

3. **El viógrafo**, equipo diseñado como analizador de la regularidad superficial de carreteras, que mide las variaciones locales del perfil longitudinal con relación a la línea media del mismo (fig. 2.12), el punto medio está dado por la cota media, obtenida por articulaciones sobre balancines, de ocho ruedas, en una longitud total de 10 metros, la desnivelación con respecto a este punto medio viene dada por una rueda exploradora. Este aparato se remolca a 4 o 5 km/h. Se define la regularidad de una calzada por un coeficiente proporcional a la superficie total

comprendida entre la línea media y la curva registrada. La regularidad se considera:

- Excelente si el coeficiente es menor 5
- Bastante buena si él está comprendido entre 8 y 20
- Mediocre, si es mayor a 20

FIGURA 2.18 El Viágrafo



Fuente: (Google Archivos pdf.)

Este aparato es actualmente el más empleado; pero cuando existe un gran defecto localizado sobre la calzada, sus indicaciones son bastantes distintas de la realidad, sucede lo mismo en las curvas peraltadas; el aparato, al descubrir una cuerda, registra desnivelaciones que no existen siguiendo el arco.

- 4. Indicador de confort** (roughness indicator). Se reprocha a los métodos anteriores el defecto de no tener en cuenta suficientemente los efectos dinámicos reales. De aquí la necesidad de recurrir a aparatos registradores de choques, el indicador de confort tiene una rueda remolcada a 32 km./h, unida a un pequeño chasis por una suspensión suave con amortiguaciones de aceite, cuando las desnivelaciones de las amortiguaciones sobrepasan un cierto recorrido, un contador automático registra una impulsión (Fig. 2.19).

El coeficiente de rodamiento es igual al número de impulsiones correspondiente a 50 vueltas de la rueda, este aparato es muy interesante, porque da rápida y directamente los resultados y porque es relativamente barato.

- 0 – 3 corresponde a una calzada excelente.
- 6 a una buena calzada.
- 15 o > a una calzada mediocre.

FIGURA 2.19 Indicador de Confort



Fuente: (Google Archivos pdf.)

CAPÍTULO III

INGENIERÍA DEL PROYECTO

3.1. Identificación de las fallas en el pavimento.

La identificación de las fallas que existen en el pavimento se las hace visualmente de cada tramo

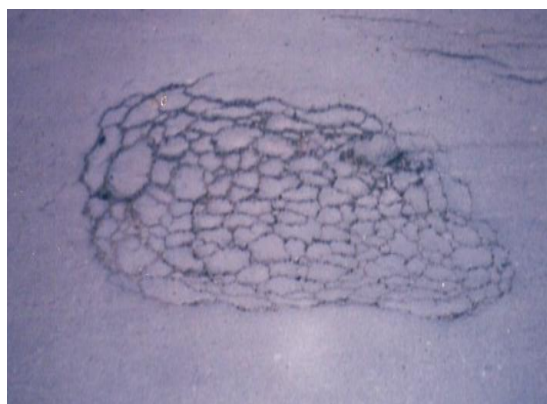
3.1.1. Determinación de las fallas.

Se debe tomar fotografías y detalles de cada falla como ser: área, longitud, profundidad, cantidad, todas por separado dependiendo de la severidad que tengan.

3.1.2. Severidad de los distintos tipos de fallas.

3.1.2.1. GRIETA PIEL DE COCODRILO

Figura 3.1 Grieta Piel De Cocodrilo



Fuente: Pavement Condition Index (PCI)

Niveles de Severidad:

BAJA (L). Fisuras y grietas son muy finas, longitudinales y paralelas con poca o ninguna interconexión entre ellas.

MEDIA (M):

- Grietas más desarrolladas e interconectadas con algo de desintegración en los bordes.

ALTA (H):

- Las grietas han progresado de tal manera que forman bloques o partículas bien definidos con fuertes desintegraciones de los bordes y algunos pedazos se pueden soltar fácilmente.

Forma de medición:

Se mide en metros cuadrados (m^2) de área afectada, es frecuente encontrar diferente severidad en una misma área afectada, en caso que no se pueda separar o estimar las áreas correspondientes a cada nivel se debe considerar el área total por afectada de la mayor severidad.

3.1.2.2. EXSUDACIÓN DEL ASFALTO

Figura 3.2 Exsudación Del Asfalto



Fuente: Pavement Condition Index (PCI)

Esta falla consiste en la formación de una película de material asfáltico en la superficie del pavimento flexible creando una superficie brillante y reflectaba, comúnmente pegajosa, la exudación es la causa de exceso asfalto en la mezcla en

aplicación de sellos o bajos contenidos de vacíos, esto suele ocurrir cuando se producen altas temperaturas o en climas cálidos.

Nivel de Severidad:

BAJA (L):

- La exudación ha ocurrido en un menor grado y apenas se puede notar, el asfalto todavía no se pega a los neumáticos.

MEDIA (M):

- La exudación se ha incrementado, el asfalto ya se pega a los neumáticos de los vehículos pero esto sucede en los días más calurosos.

ALTA (H):

- La exudación es severa y extensa, una considerable cantidad de asfalto se pega a los neumáticos de los vehículos al aumentar las temperaturas considerablemente.

Forma de medición:

Se mide en metros cuadrados (m^2) de área afectada.

3.1.2.3. GRIETAS DE CONTRACCIÓN O BLOQUES

Figura 3.3 Grietas De Contracción



Fuente: Pavement Condition Index (PCI)

Son grietas interconectadas que dividen el pavimento en bloques aproximadamente rectangulares con lados entre 0.30m y 3m respectivamente, estas grietas son principalmente producidas por la contracción del asfalto por efecto de las variaciones climáticas de la temperatura, no están asociadas con cargas ni fatiga, indican que el asfalto se ha endurecido considerablemente, estas ocurren generalmente en áreas grandes de pavimento y algunas veces donde no hay tráfico vehicular.

En general difieren de los baches o piel de cocodrilo por el tamaño de los bloques, y que estas últimas son causadas por carga por (fatiga) y existen en áreas que hay mucho tráfico.

Nivel de Severidad:

BAJA (L):

- Grietas sin sellar hasta un ancho menor a 10mm.
- Grietas selladas de cualquier ancho de abertura.

MEDIA (M):

- Grietas sin sellar entre un ancho de 10 a 51mm.
- Grietas sin sellar hasta un ancho de 51mm pero con grietas finas adyacentes.
- Grietas finas de cualquier ancho pero con grietas finas adyacentes.

ALTA (H):

- Grietas selladas o sin sellar con grietas adyacentes de media o alta severidad.
- Grietas sin sellar más de 51mm. De ancho.
- Grietas de cualquier ancho en las que varios centímetros del pavimento adyacentes están severamente dañadas.

Forma de medición:

Grietas de contracción son medidas en (m^2) de área afectada, normalmente ocurren con una sola severidad en la misma área del pavimento, si ocurren diferentes casos de severidad esto deben reportarse separadamente.

3.1.2.4. ELEVACIONES – HUNDIMIENTOS

Figura 3.4 Elevación



Fuente: Pavement Condition Index (PCI)

Las elevaciones son pequeñas y localizadas protuberancias de la superficie del pavimento, a diferencia de las deformaciones producidas por empuje que son producidas por la inestabilidad del pavimento, las elevaciones son producidas por:

- Movimiento y levantamiento de trozos de losas debajo de la carpeta asfáltica.
- Hinchamiento por localización
- Infiltración de material en las juntas.

Los hundimientos son pequeñas deformaciones de la superficie del pavimento, no debe confundirse esta falla con las deformaciones mas pronunciadas y largas, producidas por el hinchamiento.

Nivel de Severidad:

BAJA (L):

- Producen bajo efecto sobre la calidad de la rodadura.

MEDIA (M):

- Producen medio efecto sobre la calidad de la rodadura.

ALTA (H):

- Producen alto efecto sobre la calidad de la rodadura.

Forma de medición:

Las elevaciones y hundimientos se miden en metros lineales (ml), si estas fallas se presentan perpendicularmente al tráfico y separadas menos de 3 metros se denominan corrugaciones, si estas se presentan conjuntamente con grietas ambas deben ser contadas.

3.1.2.5. CORRUGACIONES

Figura 3.5 Corrugaciones



Fuente: Pavement Condition Index (PCI)

Éstas están conformadas por hundimientos y crestas (ondulaciones), espaciadas menos de 3m en sentido transversal al tráfico vehicular, estas son causadas normalmente por tráfico en pavimento de base o de una superficie inestable.

Nivel de Severidad:**BAJA (L):**

- Producen bajo efecto sobre la calidad de la rodadura.

MEDIA (M):

- Producen medio efecto sobre la calidad de la rodadura.

ALTA (H):

- Producen alto efecto sobre la calidad de la rodadura.

Forma de medición:

Se miden en metros cuadrados (m²) de área afectada.

3.1.2.6. DEPRESIONES

Figura 3.6 Depresiones



Fuente: Pavement Condition Index (PCI)

Son áreas del pavimento con elevaciones inferiores a las adyacentes, las pequeñas depreciaciones son difíciles de observar en pavimentos secos a simple vista. Bajo la lluvia se producen empozamientos de agua que generalmente dejan una marca de contorno al secar. Generalmente son productos del asentamiento de la fundación o fallas constructivas, pueden producir rugosidades y ser muy peligrosas al llenarse con agua, se diferencian de los hundimientos porque no son abruptos.

Nivel de Severidad:

BAJA (L):

- 13 a 25mm.

MEDIA (M):

- 25 a 51mm

ALTA (H):

- Más de 51mm.

Forma de medición:

Se miden en (m^2) de área afectada.

3.1.2.7. GRIETAS DE BORDE

Figura 3.7 Grietas de Borde



Fuente: Pavement Condition Index (PCI)

Son grietas longitudinales y paralelas contenidas en una franja de 30 a 60 cm. En el borde extremo del pavimento, esta falla es acelerada por las cargas y puede ser causada por el congelamiento de la base o subrasante, materiales expansivos y falla del soporte lateral, en algunos casos se puede llegar a producir la pérdida del borde por disgregación.

Nivel de Severidad:

BAJA (L):

- Grietas de baja severidad sin disgregación.

MEDIA (M):

- Grietas de media severidad con algo de disgregación y rotura de borde.

ALTA (H):

- Considerable rotura de borde y disgregación en grietas.

Forma de medición:

Este tipo de fallas se mide en metros lineales (ml)

3.1.2.8. GRIETAS DE REFLEXIÓN DE JUNTAS

Figura 3.8 Grietas de Reflexión o de Juntas



Fuente: Pavement Condition Index (PCI)

Sólo ocurren en capas asfálticas de pavimentos de concreto (rígidos), no incluyen grietas de reflexión de ningún otro, tipo de base o material bajo el asfalto superficial, normalmente son longitudinales y transversales causadas por expansión y contracción o movimiento de las losas por infiltración del agua, como también por la mala ejecución de las juntas de construcción de la carpeta asfáltica o de las juntas en zonas de ampliación. Este tipo de falla no está asociada con el tráfico vehicular, sin embargo éste puede producir disgregación en los bordes, el conocer las dimensiones de la losa de concreto nos ayuda en la identificación de estas grietas de reflexión.

Se localizan generalmente en el eje de la vía, coincidiendo con el ancho de los carriles, zonas de ensanche y en zonas de unión entre dos etapas de colocación de pavimento asfáltico.

Nivel de Severidad:

BAJA (L):

- Grietas sin sellar con un ancho inferior a 10 mm.
- Grietas selladas adecuadamente de cualquier ancho.

MEDIA (M):

- Grietas sin sellar de ancho entre 10 y 51 mm.

- Grietas sin sellar hasta 51mm. Con grietas finas adyacentes.
- Grietas selladas de cualquier ancho con grietas finas adyacentes.

ALTA (H):

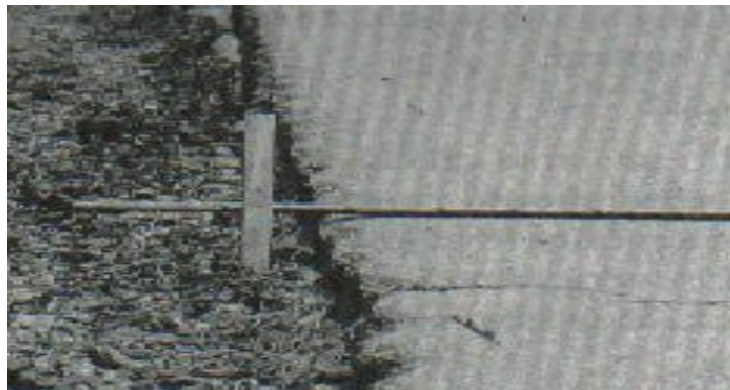
- Grietas selladas o sin sellar con grietas adyacentes de media o alta severidad.
- Grietas sin sellar más de 51mm. de ancho.
- Grietas de cualquier ancho en las que varios centímetros del pavimento adyacentes están severamente dañadas.

Forma de medición:

Se miden en metros lineales (ml), la longitud correspondiente a diferente severidad debe anotarse por separado aun cuando se trate de una sola grieta, si se observan elevaciones o hundimientos deben anotarse por separado.

3.1.2.9. DESNIVEL CALZADA – HOMBRILLO

Figura 3.9 Desnivel de Calzada



Fuente: Pavement Condition Index (PCI)

Diferencia de elevación entre el borde del pavimento y el hombrillo, normalmente causado por la erosión o asentamiento del hombrillo, o elevación de la calzada sin nivelar la altura del hombrillo.

Nivel de Severidad:**BAJA (L):**

- La diferencia de elevación es de 25 a 51mm.

MEDIA (M):

- La diferencia de elevación es de 51 a 102mm.

ALTA (H):

- La diferencia de elevación es mayor a 102mm.

Forma de medición:

Este tipo de fallas se mide en metros lineales (ml).

3.1.2.10. GRIETAS LONGITUDINALES Y TRANSVERSALES

Figura 3.10 Grietas longitudinales y transversales



Fuente: Pavement Condition Index (PCI)

Las grietas longitudinales son paralelas al eje del pavimento o el eje de construcción causadas por:

- Por mala construcción de junta de franjas del asfalto.
- Contracción del asfalto debido a cambios de temperatura y el envejecimiento.
- Reflexión de las grietas del pavimento inferior, grietas en el asfalto.

Las grietas transversales son aproximadamente perpendiculares al eje del pavimento y pueden ser causadas por las mismas razones indicadas, este tipo de grietas no están asociadas con el tráfico o tipo de carga.

Nivel de Severidad:

BAJA (L):

- Grietas sin sellar con un ancho inferior a 10mm.
- Grietas selladas adecuadamente de cualquier ancho.

MEDIA (M):

- Grietas sin sellar de ancho entre 10 y 51mm.
- Grietas sin sellar hasta 51mm. Con grietas finas adyacentes.
- Grietas selladas de cualquier ancho con grietas finas adyacentes.

ALTA (H):

- Grietas selladas o sin sellar con grietas adyacentes de media o alta severidad.
- Grietas sin sellar más de 51mm. De ancho.
- Grietas de cualquier ancho en las que varios centímetros del pavimento adyacentes están severamente dañadas.

Forma de medición:

Las grietas longitudinales y transversales se miden en metros lineales (ml), la longitud y severidad de cada grieta debe ser identificada. Si una grieta muestra varias severidades, estas deben de diferenciarse. Si su elevación o hundimiento ocurre simultáneamente, también estas deben anotarse.

3.1.2.11. BACHEO Y ZANJAS REPARADAS

Figura 3.11 Bacheo y Zanjas reparadas



Fuente: Pavement Condition Index (PCI)

Un bacheo es un área de un pavimento que ha sido reparada mediante el empleo de material nuevo. Un bache es considerado un defecto, independiente de lo bien que haya sido ejecutado, pero éste produce algo de rugosidades.

Nivel de Severidad:

BAJA (L):

- Bache bien curado y en condiciones satisfactorias, tiene un bajo efecto sobre la calidad de la rodadura.

MEDIA (M):

- El bache presenta un poco de deterioro, tiene un efecto medio sobre la calidad de la rodadura.

ALTA (H):

- Bache severamente deteriorado que debe ser reemplazado, tiene un alto efecto sobre la calidad de la rodadura.

Forma de medición:

Este tipo de fallas se mide en metros cuadrados (m^2) de área afectada, si un mismo bache presenta diferentes niveles de severidad, estos deben anotarse por separado en base al área que ocupen.

Ninguna otra falla como grietas o deformaciones por empuje es anotada dentro de un bache, solo se cuenta el área del bache en función de su severidad, si una excesiva área de un pavimento ha sido reemplazada ésta debe considerarse como un pavimento nuevo no como un bache.

3.1.2.12. AGREGADOS PULIDOS

Figura 3.12 Agregados Pulidos



Fuente: Pavement Condition Index (PCI)

Esta falla es producida por pasos continuos del tráfico vehicular, la adherencia con los neumáticos se reduce considerablemente. El agregado pulido se cuenta cuando un examen detallado revela que la textura del pavimento es inadecuada y las superficies de las partículas del agregado son suaves al tacto, este tipo de falla está asociada con la baja resistencia a la fricción.

Nivel de Severidad:

No se define el nivel de severidad, sin embargo el grado de pulidora debe ser significativo antes que se lo incluya como defecto.

Forma de medición:

Este tipo de fallas se mide en (m^2) de área afectada. Si hay exudación debe contarse y el agregado pulido no se considera.

3.1.2.13. HUECOS

Figura 3.13 Huecos



Fuente: Pavement Condition Index (PCI)

Los huecos son pequeñas fallas de forma cóncava y diámetros inferiores a 90cm. Usualmente tienen bordes angulosos y verticales en las cercanías de la superficie, crecen rápidamente por el agua acumulada en el propio hueco. Son producidos por pequeñas áreas del pavimento, éste se desintegra debido a los defectos de la mezcla, puntos débiles de la base o la subrazante o grietas piel de cocodrilo de alta severidad, los huecos son causados generalmente por la falla estructural y no debe confundirse con disgregación o desintegración. Cuando los huecos son causa del deterioro progresivo de fallas el tipo piel de cocodrilo debe considerarse como huecos y no como disgregación o desintegración.

Nivel de Severidad:

El nivel de severidad para huecos de diámetro 76.2cm. Se basa en el diámetro y la profundidad.

Cuadro N°3.1 Nivel de severidad para Huecos

PROFUNDIDAD MÁXIMA EN cm.	DIÁMETRO PROMEDIO EN cm.		
	10 a 20	20 a 45	45 a 76
1,2 a 2,5cm.	L	L	M
2,5 a 5cm.	L	M	H
>5cm.	M	M	H

Fuente: Pavement Condition Index (PCI)

Si el hueco tiene más de 76cm. De diámetro el área debe medirse en (m^2) y dividirse entre $0.47m^2$ para determinar el número equivalente de huecos. Si la profundidad es menor a 2.5cm. Se considera que la severidad es media (M), si la profundidad es mayor a 2.5cm. Se considera de severidad alta (H).

Forma de medición:

Se cuenta el número de huecos clasificándolos en cada nivel de severidad por separado (L, M, H).

3.1.2.14. REJILLAS DE DRENAJE- ACCESO A PUENTES Y TAPAS DE ALCANTARILLADO

Figura 3.14 Tapas De Alcantarillado Y Rejillas De Drenaje



Fuente: Pavement Condition Index (PCI)

Éstos producen depresiones y elevaciones a la rodadura.

Nivel de Severidad:**BAJA (L):**

- Producen bajo efecto sobre la calidad de la rodadura.

MEDIA (M):

- Producen medio efecto sobre la calidad de la rodadura.

ALTA (H):

- Producen alto efecto sobre la calidad de la rodadura.

Forma de medición:

Se miden en metros cuadrados (m^2) de área afectada. Si la junta entre la estructura y el pavimento no afectó a la calidad de la rodadura se debe de ignorar.

3.1.2.15. AHUELLAMIENTO

Figura 3.15 Ahuellamiento



Fuente: Pavement Condition Index (PCI)

El ahuellamiento es una depresión longitudinal, bajo las huellas de los neumáticos. El pavimento puede levantarse a lo largo de los bordes de la depresión. Generalmente el ahuellamiento se observa después de la lluvia, al llenarse de agua las depresiones.

El ahuellamiento es originado por la deformación permanente de la subrasante o alguna capa del pavimento, normalmente causado por la consolidación o movimiento lateral de los materiales bajo el efecto del tráfico. El excesivo ahuellamiento puede producir una falla excesiva en el pavimento en su estructura.

Nivel de Severidad: Profundidades del ahuellamiento.

BAJA (L):

- 6 a 13mm.

MEDIA (M):

- 13 a 25mm.

ALTA (H):

- Mayor a 25mm.

Forma de medición:

Se miden en metros cuadrados (m^2) de área afectada. Y la severidad se calcula por la profundidad media de ahuellamiento.

3.1.2.16. DEFORMACIÓN POR EMPUJE

Figura 3.16 Deformación por Empuje



Fuente: Pavement Condition Index (PCI)

Es un desplazamiento o deformación permanente producidos por el tráfico en un área localizada del pavimento. Cuando el tráfico empuja sobre el pavimento produce una corta y abrupta en la superficie. Este tipo de falla se produce mayormente en mezclas con asfaltos líquidos o emulsiones, así como en las mezclas de baja estabilidad.

Nivel de Severidad:**BAJA (L):**

- Producen bajo efecto sobre la calidad de la rodadura.

MEDIA (M):

- Producen medio efecto sobre la calidad de la rodadura.

ALTA (H):

- Producen alto efecto sobre la calidad de la rodadura.

Forma de medición:

Se miden en metros cuadrados (m^2) de área afectada.

3.1.2.17. GRIETAS DE DESLIZAMIENTO

Figura 3.17 Grietas de Deslizamiento



Fuente: Pavement Condition Index (PCI)

Son grietas en forma de media luna, con sus puntas en el sentido de la dirección de tráfico. Son causadas por los deslizamientos de las capas asfálticas superficiales y ocurren por falta o exceso de riego de adherencia.

Nivel de Severidad:**BAJA (L):**

- El ancho de grieta es menor a 10 mm.

MEDIA (M):

- El ancho de grietas entre 10 y 38 mm.
- El área adyacente a las grietas presenta grietas finas.

ALTA (H):

- Ancho de grietas mayores ha. 38mm.
- El área adyacente a las grietas presenta trozos sueltos.

Forma de medición:

Se miden en metros cuadrados (m^2) de área afectada.

3.1.2.18. HINCHAMIENTOS

Figura 3.18 Hinchamientos



Fuente: Pavement Condition Index (PCI)

Es un desplazamiento del pavimento localizado hacia arriba, debido al hinchamiento de la subrazante o alguna porción de la estructura del pavimento. Generalmente causado por la humedad en los suelos expansivos o esponjamientos por congelación de las capas granulares.

Nivel de Severidad:

BAJA (L):

- Producen bajo efecto sobre la calidad de la rodadura.

MEDIA (M):

- Producen medio efecto sobre la calidad de la rodadura.

ALTA (H):

- Producen alto efecto sobre la calidad de la rodadura.

Forma de medición:

Se miden en metros cuadrados (m^2) de área afectada.

3.1.219. DISGREGACIÓN Y DESINTEGRACIÓN

Figura 3.19 Desintegración Del Pavimento



Fuente: Pavement Condition Index (PCI)

La disgregación es el desprendimiento o pérdida sucesiva de material superficial, por la abrasión del tráfico el clima es causado generalmente por el uso de métodos de construcción pobres, la utilización de agregados de baja calidad. En épocas de lluvia forman los charcos de agua.

Nivel de Severidad:

BAJA (L):

- Producen bajo efecto sobre la calidad de la rodadura.

MEDIA (M):

- Producen medio efecto sobre la calidad de la rodadura.

ALTA (H):

- Producen alto efecto sobre la calidad de la rodadura.

Forma de medición:

Se miden en (m^2) de área afectada.

3.2. Métodos para la determinación de evaluación superficial.

Los métodos para determinar el estado del pavimento son los siguientes y se describen a continuación:

3.2.1. Método de evaluación del PCI.

El deterioro de la estructura del pavimento es una función de la clase de daño, su severidad y cantidad o densidad del mismo. La formulación de un índice que tuviese en cuenta tres factores mencionados ha sido problemática al gran número de posibles condiciones. Para superar esta dificultad se introdujeron los valores deducidos, como un arquetipo de factor de ponderación, con el fin de indicar el grado de afectación que cada combinación de clase de daño, nivel de severidad y densidad tiene sobre la condición del pavimento.

Cuadro 3.2 RANGO DE CALIFICACIÓN DEL PCI

RANGO	CALIFICACIÓN
100 – 85	Excelente
85 – 70	Muy bueno
70 – 55	Bueno
55 – 40	Regular
40 – 25	Malo
25 – 10	Muy malo
10 - 0	Fallado

Fuente: Pavement Condition Index (PCI)

El cálculo del PCI se fundamenta en los resultados de un inventario visual de la condición del pavimento en el cual se establecen clases, severidad cantidad de cada año.

El PCI se desarrollo para obtener un índice de integridad estructural del pavimento y de la condición operacional de la superficie.

Procedimiento de evaluación de la condición del pavimento.-

La primera etapa corresponde al trabajo de campo en el cual se identifican los daños teniendo en cuenta la clase, severidad y extensión de los mismos. Esta información se registra en formatos adecuados para tal fin.

Unidades de Muestreo.- se divide la vía en secciones o unidades de muestreo cuyas dimensiones varían de acuerdo con los tipos de vías y la capa de rodadura.

Cuadro 3.3 Unidades De Longitud Respecto El Ancho De Calzada

Ancho de calzada en (m)	Unidades de longitud de muestreo en (m)
5	46
5.5	42
6	38
6.5	35
7.3	32
8	29
8.5	27
9	26
9.5	24
10	23
10.5	22
11	21
11.5	20
12	19

Fuente: Pavement Condition Index (PCI)

3.2.2. Método de evaluación del PSI.

La evaluación de estado del pavimento consiste en el relevamiento de las fallas más significativas que afectan al mismo éstas son:

- Deformación Longitudinal
- Deformación Transversal
- Figuración
- Desprendimiento

El índice de serviciabilidad presente (PSI) representa una orientación del estado del pavimento desde el punto de vista el usuario por lo que es necesario que se exprese la rugosidad en términos de serviciabilidad. Para este fin se adopta una escala que en base a estudios realizados por el instituto de asfaltos esta en un rango de 0 – 5 de acuerdo a escala el PCI es igual a 5 y la rugosidad de 0 siendo el índice más alto de serviciabilidad.

Un método práctico desarrollado por los ensayos de la AASHTO para los pavimentos flexibles corresponde a la siguiente ecuación:

$$PSI = 6.20 - 0.8 * C1 - 0.3 * C2 - 0.1 * C3$$

Donde:

C1, C2, C3 son apreciaciones en el terreno de la superficie del pavimento de acuerdo a la escala siguiente.

El valor final del índice de serviciabilidad presente (PSI) es:

$$PSI_F = \frac{\sum PSI_i}{n}$$

n= número de unidades que existen en la sección

Cuadro 3.4 Coeficiente C1, C2, C3

RUGOSIDAD LONGITUDINAL	VALOR C1
Perfectamente lisa	1
Algo rugosa	2
Medianamente rugosa	3
Rugosidad alta	4
Extremadamente rugosa	5
INTENSIDAD DE GRIETAS Y PARTES	VALOR DE C2
Ausencia de grietas	1
Grietas y parches escasas	2
Fuertemente agrietado y parchado	3
Extremadamente agrietado y parchado	4
DEFORMACION TRANSVERSAL	VALOR C2
Sin deformación ni Ahuellamiento	1
Medianamente deformado y ahuellado	2
Fuertemente deformado y ahuellado	3

Fuente: Pavement Condition Index (PCI)

Cuadro 3.5 Rangos De Calificación De Psi

RANGO	CALIFICACION
5.00 – 4.25	Excelente
4.25 – 3.50	Muy bueno
3.5 – 2.75	Bueno
2.75 – 2.00	Regular
2.00 – 1.25	Malo
1.25 – 0.50	Muy malo
0.50 – 0.00	Fallado

Fuente: Pavement Condition Index (PCI)

3.2.3. Método de evaluación del IRI.

Definición

El IRI de una carretera se define como un coeficiente entre el desplazamiento relativo acumulado por la suspensión del vehículo tipo y distancia recorrida por dicho vehículo se expresa en mm/m o en m/km, valores a 2m/km representan una magnífica rugosidad superficial para todo tipo de carretera, para carreteras secundarias la velocidad específica entorno a los 80km/h es suficiente con un IRI menor a 5m/km.

Para establecer criterios de calidad y comportamiento de los pavimentos que indicaran las condiciones actuales y futuras del estado superficial de un camino, surgió la necesidad de establecer un índice que permitiera evaluar las deformaciones verticales de un camino, que afectan la dinámica de los vehículos que transitan sobre él. Se trató de unificar los criterios de evaluación con los equipos de medición de rugosidad a nivel mundial, tales como los perfilómetros o los equipos de tipo

respuesta, y que de alguna manera sustituyera el método de la AASHO, ahora AASHTO, que permite calificar la condición superficial de un camino solo en forma subjetiva.

El Índice Internacional de Rugosidad, mejor conocido como IRI (International Roughness Index), fue propuesto por el Banco Mundial en 1986 como un estándar estadístico de la rugosidad y sirve como parámetro de referencia en la medición de la calidad de rodadura de un camino. El Índice Internacional de Rugosidad tiene sus orígenes en un programa Norteamericano llamado Nacional Cooperative Highway Research Program (NCHRP) y está basado en un modelo llamado "Golden Car" descrito en el reporte 228 del NCHRP.

El cálculo matemático del Índice Internacional de Rugosidad está basado en la acumulación de desplazamientos en valor absoluto, de la masa superior con respecto a la masa inferior (en milímetros, metros o pulgadas) de un modelo de vehículo (cuarto de carro, Figura 3.20), dividido entre la distancia recorrida sobre un camino (en m, km. o millas) que se produce por los movimientos al vehículo, cuando éste viaja a una velocidad de 80 km/hr. El IRI se expresa en unidades de mm/m, m/km, in/mi, etc.

Así, el IRI es la medición de la respuesta de un vehículo a las condiciones de un camino. El IRI sirve como estándar para calibrar los equipos de medición de la regularidad superficial de un camino.

Antecedentes

EL Banco Mundial patrocinó varios programas de investigación en los años setentas para conocer los problemas en los países en vías de desarrollo. Algunos de ellos arrojaron que los caminos con poca inversión en infraestructura resultan costosos a estos países, debido a los costos que los usuarios pagan al circular por esos caminos. La rugosidad de las carreteras fue identificada como un factor primario en los análisis que involucran la calidad del camino, en función de los Índice Internacional de Rugosidad, aplicación en la red carretera de México costos de los usuarios. Se vio que los datos de la rugosidad de las diferentes partes del mundo no podían ser

comparados, debido a que los datos, aun de un mismo país, eran poco confiables, ya que las mediciones estaban basadas en métodos diferentes.

La gran variedad de equipos utilizados para medir la regularidad superficial y los numerosos índices y escalas existentes para establecer los criterios de aceptación de la funcionalidad de una carretera, llevaron a considerar la conveniencia de adoptar un "índice único". Debido a que cada país contaba con un equipo propio, no se podía imponer un solo equipo a todos y tampoco se podía coartar las futuras mejoras de los equipos existentes o el desarrollo de nuevos equipos.

En 1982, el Banco Mundial inició un experimento en Brasil para establecer correlaciones y un estándar de calibración para las mediciones de rugosidad. Se observó que los valores de los equipos de medición de la rugosidad superficial existentes eran correlacionales. Una vez establecido este punto, uno de los objetivos de las investigaciones fue encontrar un índice de referencia al que posteriormente se denominó Índice Internacional de Rugosidad".

EL Índice Internacional de Rugosidad es el primer índice de perfil ampliamente utilizado, donde el método de análisis está adaptado para trabajar con diferentes tipos de equipos de medición de rugosidad y se puede decir que es una propiedad del perfil de un camino. Las ecuaciones de análisis fueron desarrolladas y ensayadas para minimizar los efectos de algunos parámetros de mediciones de perfil, tales como el intervalo de muestreo.

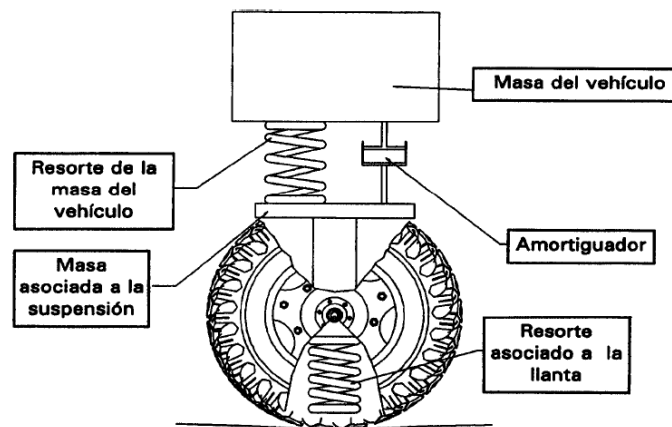
El cálculo del Índice Internacional de Rugosidad se basa en un modelo matemático llamado Cuarto de Carro (Quarter-Car). El sistema del Cuarto de Carro calcula la deflexión de la suspensión de un sistema mecánico simulado como una respuesta similar a la que tuviera el pasajero, Los desplazamientos de la suspensión del modelo son acumulados y divididos entre la distancia recorrida para dar el Índice Internacional de Rugosidad, en unidades de m/km., mm/m, in/mi, etc.

Características del modelo

El modelo de Cuarto de Carro utilizado en el algoritmo del IRI debe su nombre a que implica la cuarta parte de un vehículo. El modelo se muestra en la Figura 3; que incluye una rueda representada por un resorte vertical, la masa del eje soportada por la llanta, un resorte de la suspensión, un amortiguador, y la masa del vehículo soportada por la suspensión de dicha rueda.

Índice internacional de rugosidad (IRI)

Figura3.20 modelo de cuarto carro



Fuente: Planificación y Gestión Vial. 2006

EL modelo Cuarto de Carro fue ajustado para poder establecer una correlación con los sistemas de medición de rugosidad del tipo respuesta.

Escala y características del IRI

La escala y características involucradas en el IRI son las siguientes:

- Las unidades están en mm/m, m/km o in/mi
- El rango de la escala del IRI para un camino pavimentado es de 0 a 12 m/km. (0 a 760 in/mi), donde 0 es una superficie perfectamente uniforme y 12 un camino intransitable. En la Figura 4 se presentan las características de los pavimentos

dependiendo del valor del IRI, según las experiencias recogidas por el Banco Mundial en diversos países.

Índice Internacional de Rugosidad, aplicación en la red carretera de México

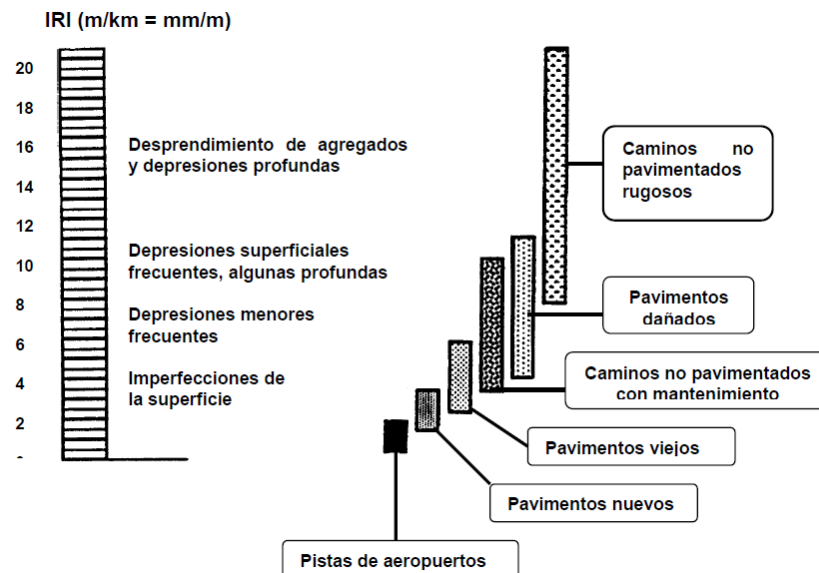
•Para una superficie con pendiente constante sin deformaciones (plano inclinado perfecto), el IRI es igual a cero. Por lo que la pendiente, como tal, no influye en el valor del IRI, no así los cambios de pendiente.

El Índice Internacional de Rugosidad en la red nacional carretera

La capa de rodadura de una carretera posee una serie de características técnicas y funcionales, obtenidas a partir de criterios y especificaciones de construcción. Su estado depende de la calidad inicial y del desgaste o deterioro producido por el tránsito y los factores climáticos, entre otros.

A nivel de red, partiendo de las mediciones de rugosidad de un camino, se puede definir el estado de los pavimentos mediante el índice de rugosidad; si se realiza un programa de evaluación anual en esos mismos caminos se puede llegar a conocer el comportamiento del deterioro a través del tiempo.

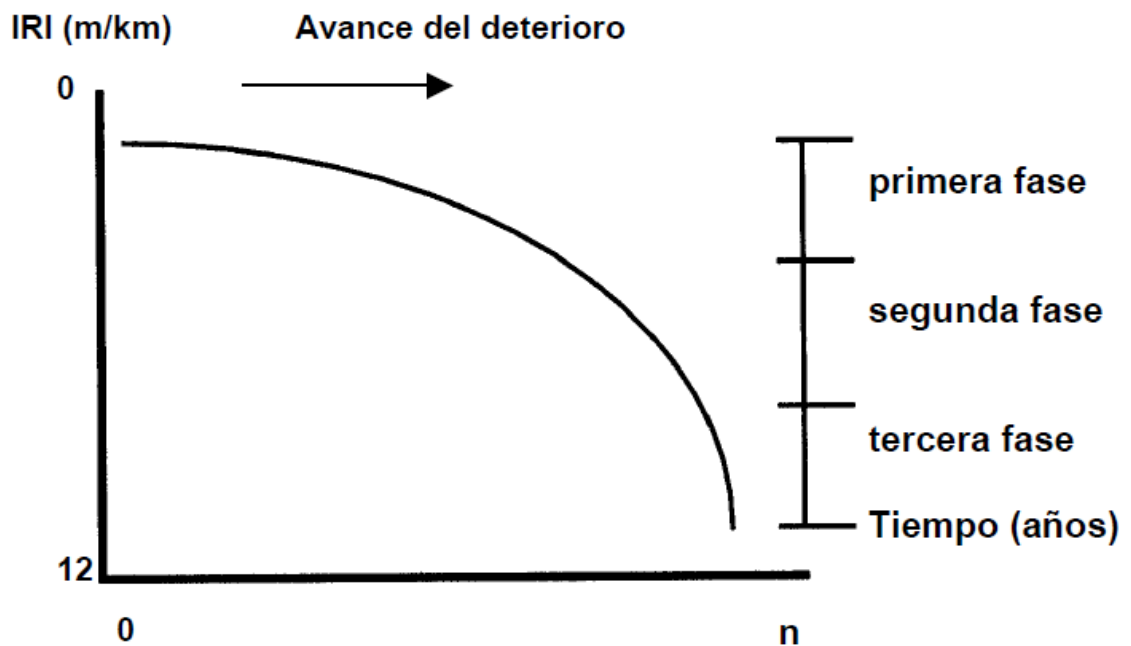
Figura 3.21 Escala De Valores Del IRI Y Las Características De Los Pavimentos.



Fuente: Planificación y Gestión Vial. 2006

El comportamiento típico de la condición superficial respecto al tiempo se puede representar en la Figura 3.22, en la que se observa que a partir de un cierto nivel de rugosidad del camino, los factores que afectan al mismo son el tránsito, el medio ambiente, etc., que ocasionan la disminución de la calidad superficial. Esta disminución no es lineal sino que se puede dividir en tres etapas o fases, donde la primera tiene un deterioro poco significativo en los primeros años; la segunda presenta un Índice Internacional de Rugosidad intermedio y requiere comenzar a programar un mantenimiento para no dejar avanzar el deterioro, la tercera significa una etapa de deterioro acelerado, ya que en pocos años el nivel de servicio cae de forma importante, con lo que va a llegar a un costo significativa de mantenimiento del camino y, como límite, puede ser necesaria una reconstrucción total del mismo.

Figura 3.22 Grafica Típica Del Avance Del Deterioro De Un Camino Respecto Al Tiempo



Fuente: Planificación y Gestión Vial. 2006

Los sistemas de gestión deben tratar de que gran parte de las carreteras por las que pasa la mayor riqueza del país, se mantengan con una buena calidad de servicio, a base de programar su rehabilitación a tiempo y con recursos suficientes.

El papel preponderante que están asumiendo los programas de mantenimiento carretero dentro de la administración de la infraestructura para el transporte, implica la necesidad de aplicar nuevas tecnologías que permitan no solamente la ejecución de los trabajos de mantenimiento en forma eficaz y económica, sino también el manejo oportuno y fidedigno de un gran número de datos sobre la red.

El gran número de datos surge, por una parte, de la extensión de la red y por el deterioro en que se encuentra, y por la otra, de la obligación de aplicar eficazmente los recursos que se canalizan a la conservación.

3.3. Relación de los métodos de evaluación.

Cuadro 3.6 Relación De Valores Entre Los Métodos (QI) Y (PSI)

RELACIÓN DE RUGOSIDAD (QI) CON EL (PSI)		
(QI) UNIDADES/KM	(PSI)	DESCRIPCIÓN
0 – 20	3.0 – 3.0	El pavimento es completamente nuevo
20 – 35	2.5 – 3.0	Pavimentos de concreto asfáltico de buena calidad, tratamiento superficial muy, no existen corrugaciones ni baches.
35 – 65	1.0 – 2.5	El pavimento presenta tramos con los primeros deterioros, baches ocasionales (1-3 baches cada 50m 2% de baches), depresiones (20 a 40 mm. Cada 5m o de 10 a 20 mm cada 3m) velocidad normal de conducción 75km/hr
65 - 110	0.4 – 1.0	El pavimento está severamente afectado, con depresiones profundas y desiguales (mayores o iguales a 20mm/3m). Baches frecuentes (15 – 20 baches cada 50m o 15% de baches)

Fuente: Pavement Condition Index (PCI)

Cuadro 3.7 Relación De Valores Entre Los Métodos (PCI), (QI) Y (PSI)

RANGOS DE RELACIÓN (PCI), (QI), (PSI)				
PCI	DESCRIPCIÓN	QI UNIDADES/KM	PSI	DESCRIPCIÓN
90 – 100	Muy bueno, excelente	0 – 20	3 – 5	El pavimento es completamente nuevo
60 – 90	Bueno	20 – 35	2.5 – 3	Pavimento de concreto asfáltico de buena calidad, tratamiento superficial muy bueno, no existen corrugaciones ni baches
40 – 60	Regular	35 – 65	1 – 2.5	El pavimento presenta tramos con los primeros deterioros, baches ocasionales (1-3 baches cada 50m 2% de baches), depresiones (20 a 40mm cada 5m o de 10 a 20mm cada 3m) velocidad normal de conducción 75km/hr.
20 – 40	Muy pobre			
0 – 20	Fallado	65 - 110	0.4 - 1	El pavimento esta severamente afectado, con depresiones profundas y desiguales (mayores o iguales a 20mm/3m) baches frecuentes (15 – 20 baches cada 50m o 15% de baches).

Fuente: Pavement Condition Index (PCI)

Cuadro 3.8 Relación De Valores Entre Los Métodos (IRI), (QI) Y (PSI)

RANGOS DE RELACIÓN (IRI), (QI), (PSI)			
(IRI)	(QI) UNIDADES/KM	(PSI)	DESCRIPCIÓN
0 – 1.6	0 - 20	3 – 5	El pavimento es completamente nuevo
1.6 – 2.8	20 – 35	2.5 – 3	Pavimentos de concreto asfaltico de buena calidad, tratamiento superficial muy bueno, no existen corrugaciones ni baches.
2.8 – 5.2	35 – 65	1 – 2.5	El pavimento presenta tramos con los primeros vestigios de deterioros, baches ocasionales (1-3 baches cada 50m. 2% de baches), depresiones (20 a 40mm) cada 5m o de 10 a 20mm cada 3m.), velocidad normal de conducción 75km/hr
5.2 – 8.8	65 – 110	0.4 - 1	El pavimento está severamente afectado, con depresiones profundas y desiguales (mayores o iguales a 20mm/3m), baches frecuentes (15 – 20 baches cada 50m o 15% de baches)

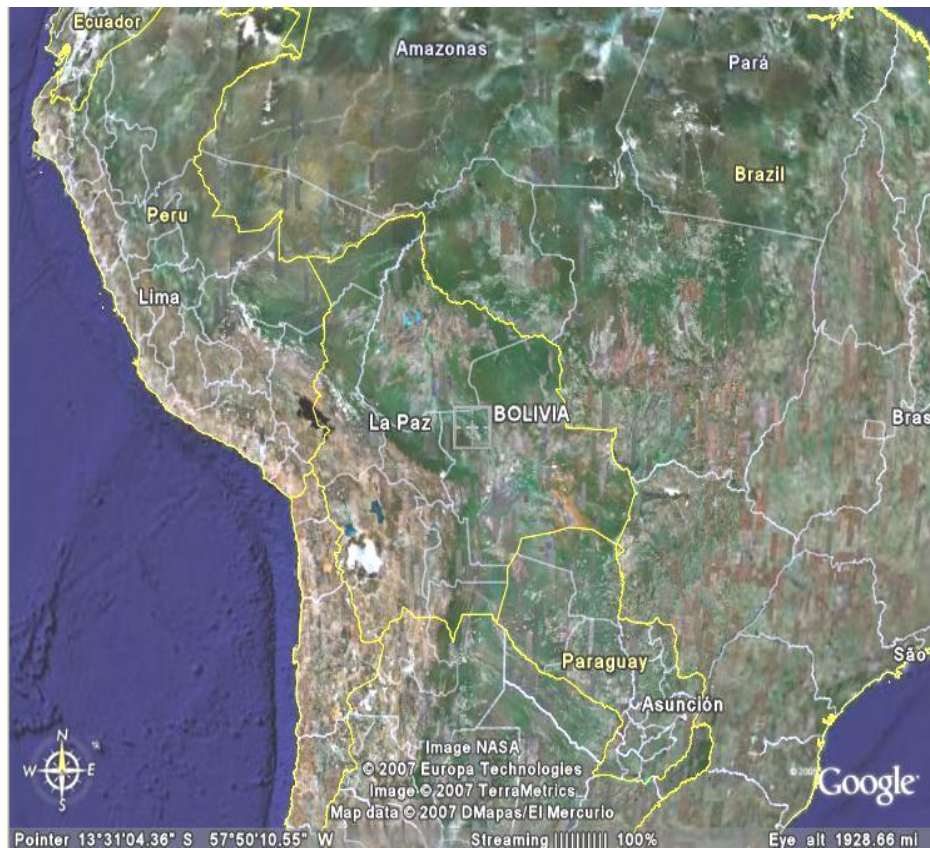
Fuente: Pavement Condition Index (PCI)

CAPITULO IV

APLICACIÓN DE LOS MÉTODOS

4.1. Ubicación y descripción del área de estudio

FIGURA 4.1 Fotografía Satelital De Bolivia



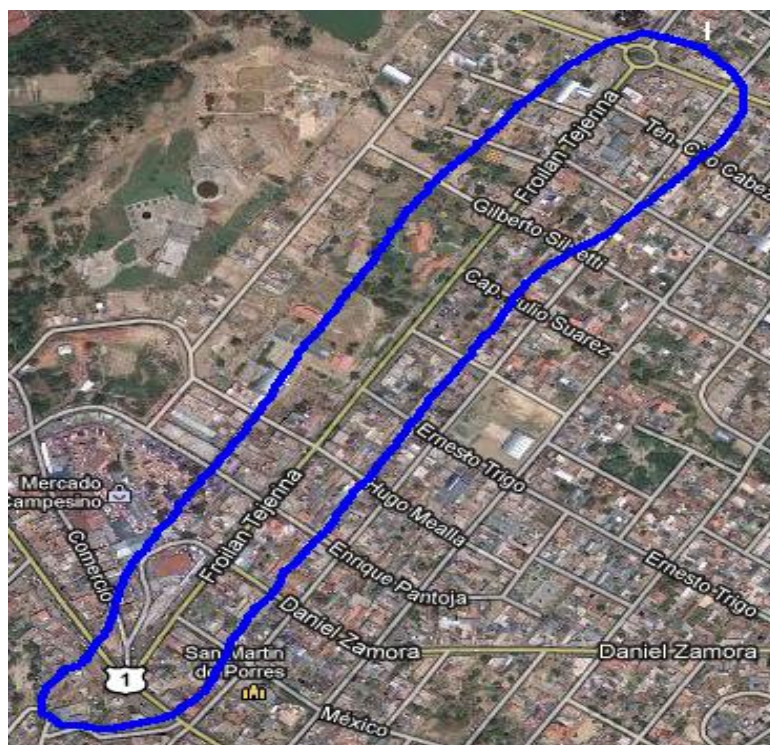
FUENTE: Google Eart

FIGURA 4.2 Fotografía Satelital Del Departamento De Tarija



FUENTE: Google Eart

FIGURA 4.3 Fotografía Satelital Del Área de Estudio



FUENTE: Google Eart

4.2. Descripción de las fallas encontradas.

FALLA	PIEL DE COCODRILO
Descripción	Son fisuras y grietas que se desintegran en los bordes esto varía según su severidad
Foto	
Causas posibles	• Abrasión del tráfico • La excesiva cantidad de tráfico • La utilización de agregados de baja calidad.

FALLA	GRIETAS LONGITUDINALES
Descripción	Las grietas longitudinales son paralelas al eje del pavimento o el eje de construcción.
Foto	
Causas posibles	• Por mala construcción de junta de franjas del asfalto. • Contracción del asfalto debido a cambios de temperatura y el envejecimiento. • Reflexión de las grietas del pavimento inferior, grietas en el asfalto.

FALLA	GRIETAS TRANSVERSALES
Descripción	Las grietas transversales son aproximadamente perpendiculares al eje del pavimento y pueden ser causadas por las mismas razones indicadas, este tipo de grietas no están asociadas con el tráfico o tipo de carga.
Foto	
Causas posibles	• Por mala construcción de junta de franjas del asfalto. • Contracción del asfalto debido a cambios de temperatura y el envejecimiento. • Reflexión de las grietas del pavimento inferior, grietas en el asfalto.

FALLA	HUECO
Descripción	Los huecos son pequeñas fallas de forma cóncava y diámetros inferiores a 90cm. Usualmente tienen bordes angulosos y verticales en las cercanías de la superficie, crecen rápidamente por el agua acumulada en el propio hueco.
Foto	
Causas posibles	Son producidos por pequeñas áreas del pavimento, éste se desintegra debido a los defectos de la mezcla, puntos débiles de la base o la subrazante o grietas piel de cocodrilo de alta severidad, los huecos son causados generalmente por la falla estructural y no debe confundirse con disgregación o desintegración. Cuando los huecos son causa del deterioro

FALLA	BACHEO Y ZANJAS REPARADAS
Descripción	Un bacheo es un área de un pavimento que ha sido reparada mediante el empleo de material nuevo. Un bache es considerado un defecto, independiente de lo bien que haya sido ejecutado, pero éste produce algo de rugosidades.
Foto	
Causas posibles	Debido a desprendimiento de los ojos de gato debido a la mala adherencia al pavimento, se forman pequeños huecos que a medida del tiempo va aumentado su severidad.

FALLA	AGREGADO PULIDO
Descripción	El agregado pulido se cuenta cuando un examen detallado revela que la textura del pavimento es inadecuada y las superficies de las partículas del agregado son suaves al tacto, este tipo de falla está asociada con la baja resistencia a la fricción.
Foto	
Causas posibles	Esta falla es producida por pasos continuos del tráfico vehicular, la adherencia con los neumáticos se reduce considerablemente.

FALLA	AHUELLAMIENTO
Descripción	El Ahuellamiento es una depresión longitudinal, bajo las huellas de los neumáticos. El pavimento puede levantarse a lo largo de los bordes de la depresión. Generalmente el ahuellamiento se observa después de la lluvia, al llenarse de agua las depresiones.
Foto	
Causas posibles	El ahuellamiento es originado por la deformación permanente de la subrazante o alguna capa del pavimento, normalmente causado por la consolidación o movimiento lateral de los materiales bajo el efecto del tráfico. El excesivo ahuellamiento puede producir una falla excesiva en el pavimento en su estructura.

4.3. Método de evaluación del PCI

Para la realización de este método se siguieron los siguientes procedimientos los cuales nombramos a continuación:

4.3.1. Procedimiento de cálculo.

La primera etapa corresponde al trabajo de campo en el cual se identifican los daños teniendo en cuenta la clase, severidad y extensión de los mismos. Esta información se registra en formatos adecuados para tal fin.

Unidades de Muestreo.- Se divide la vía en secciones o unidades de muestreo cuyas dimensiones varían de acuerdo con los tipos de vías y la capa de rodadura.

CUADRO 1 Ancho de calzada en (m)	Unidades de longitud de muestreo en (m)
5	46
5.5	42
6	38
6.5	35
7.3	32
8	29
8.5	27
9	26
9.5	24
10	23
10.5	22
11	21
11.5	20
12	19

Se obtiene una unidad de muestreo de 27 metros el cual medirá cada tramo

Con el dato obtenido que era de 8.5 metros nos dio una longitud de muestreo de 27 metros pero para la práctica asumimos 30 y así una vez obtenido el área la cual será de $255 (m^2)$.

ETAPA 1: Cálculo de valores deducidos

1. a.- Totalice cada tipo y nivel de severidad de daño y registro en la columna Total del formato elegido de acuerdo al manual del PCI. El daño puede medirse en área, longitud o por número según tipo.

1. b.- Divida la cantidad de cada clase de daño, en cada nivel de severidad, entre en el área total de la unidad de muestreo y exprese el resultado como porcentaje. Ésta es la densidad de daño, en nivel de severidad especificado, dentro de la unidad con estudio.

$$Densidad.\% = \frac{Clase.\ da\tilde{no}}{Area.\ total} \times 100 = \%$$

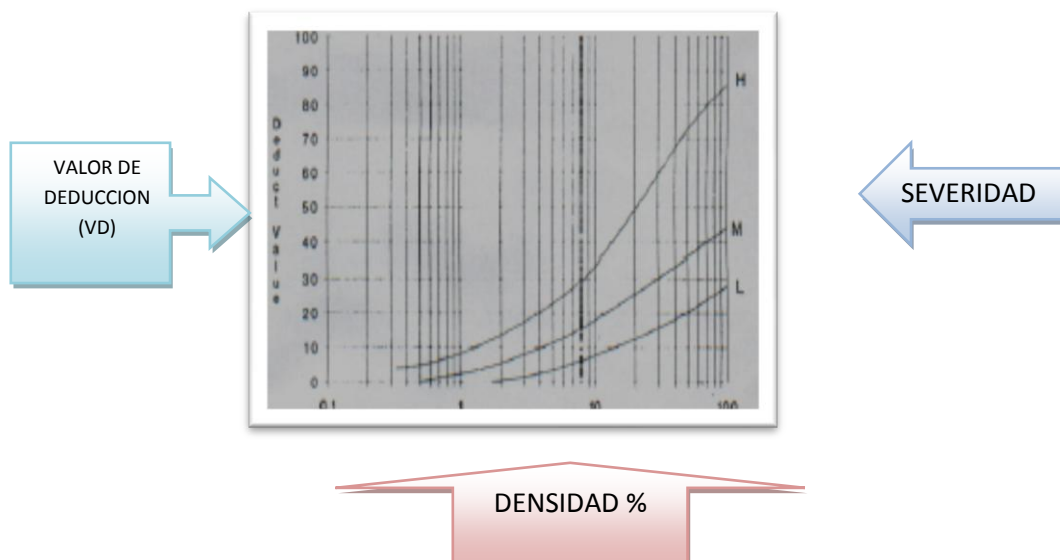
1. c.- Determine el valor deducido para cada tipo de daño y su nivel de severidad, mediante curvas denominadas “valor deducido del daño” que se adjunta en el anexo de este documento, de acuerdo al tipo de falla observado en la tabla.

Ejemplo:

Con el valor de la severidad ya sea tipo L, M, H y con el dato obtenido de la densidad en porcentaje se lee la tabla.

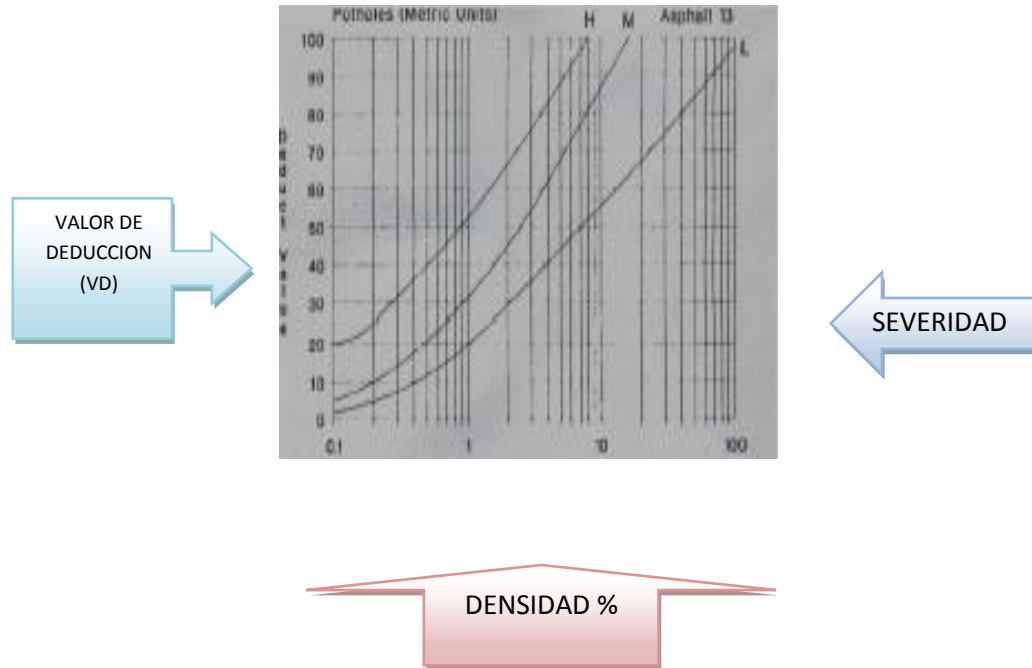
GRIETAS LONGITUDINALES Y TRANSVERSALES

Deterioro N°10



HUECOS

Deterioro N°13



ETAPA 2: Cálculo del número máximo admisible de valores deducidos

2. a.- Si ninguno o tan sólo uno de los valores “valor deducido” es mayor que 2, se usa el valor “valor deducido total” en lugar del mayor “valor deducido corregido” (VDC).

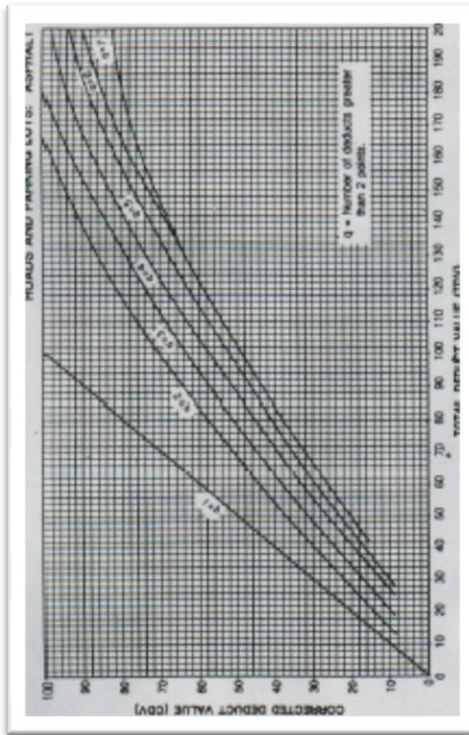
ETAPA 3: Cálculo del “Máximo valor deducido corregido” (VDC)

El máximo (VDC) se determina mediante el siguiente proceso iterativo.

3. a.- Determine el número de valores deducidos “q” mayores que 2.
3. b.- Determine el valor “Valor deducido total” sumando todos los valores deducidos individuales.

3. c.- Determine el (VDC) con “q” y el “valor deducido total” en la curva de corrección pertinente al pavimento.

CURVAS DE DEDUCCIÓN PARA SUPERFICIE ASFÁLTICA



3. d.- Reduzca a 2 el menor de los valores “Valores deducidos” individuales que sea mayor que 2 y se repita en las etapas 3.a y 3.C hasta que “q” sea igual a 1.

3. e.- El máximo (VDC) es el mayor de los (VDC) obtenido en este proceso.

ETAPA 4: Cálculo del PCI

Calcule el PCI de la unidad restando de 100 el máximo VDC obtenido en la etapa 3.

El valor final del ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI):

$$PCI_f = \frac{\sum PCI_i}{n}$$

Donde:

PCI_i= PCI de cada unidad evaluada

n= Numero de unidades que existen en la sección

PCI_f= Índice de condición del pavimento final del tramo en estudio.

4.3.2. Cálculo del método PCI.

CÁLCULO DE PCI TRAMO DERECHO							
HOJA DE DATOS PARA EL TRAMO DE ESTUDIO A INSPECCIONAR LA CONDICIÓN SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO							
LUGAR DE ESTUDIO: Av. Froilán Tejerina			FECHA: 27-octubre-2011		ÁREA DE ESTUDIO: 255 m2		
EVALUADOR: Cristhian A. Mamani Belen			SECCIÓN: 0+30 m		TRAMO: N° 1		
FALLA	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	TIPO DE FALLA	SEVERIDAD	TOTAL	DENSIDAD	VALOR DE DEDUCCIÓN
1	grieta piel de cocodrilo	m2	7	M	18,8	7,059	11,9
2	exudación del asfalto	m2	10	H	15,6	6,118	5,1
3	grietas de contracción	m2	10	M	30	11,765	19,86
4	elevaciones- hundimientos	m	11	M	15,4	6,039	24,68
5	corrugaciones	m2	11	H	18	7,059	44,86
6	depresiones	m2	12	H	180	70,588	15,5
7	grietas de borde	m	19	M	15	5,882	14,5
8	grietas de reflexión de juntas	m	3	M	30,6	12	17,8
9	desnivel calzada - hombrillo	m	13	M	1	0,39	17,1
10	grietas longitudinales y transversales	m					
11	baches y zanjas reparadas	m2					
12	agregado pulido	m2					
13	huecos	n°					
14	rejillas de drenaje- tapa alcantarillado	m2					
15	ahuellamiento	m2					
16	deformación por empuje	m2					
17	grietas de deslizamiento	m2					
18	hinchamiento	m2					
19	disgregación y desintegración	m2					
TOTAL DEL VALOR DE DEDUCCIÓN (VD)					VTD	=	171,3
MÁXIMO VALOR DE DEDUCCIÓN CORREGIDO					VDC = 76,8		
PCI = 100 - VDC					PCI = 23,2 (Muy Malo)		

NOTA: LAS DEMAS PLANILLAS ESTAN EN ANEXO

4.3.3. Planilla de resultados

TRAMO DERECHO				TRAMO IZQUIERDO		
1	23,2			1	16	
2	25,8			2	21,93	
3	30			3	39,9	
4	29			4	49,14	
5	38,8			5	44,84	
6	65,9			6	52,7	
7	56,2			7	65	
8	59,5			8	60,31	
9	58,5			9	55,5	
10	61,6			10	49,5	
11	54,1			11	54,5	
12	46,3			12	46,3	
13	59			13	54,1	
14	57,2			14	52,07	
15	46,5			15	60,2	
16	43,61			16	51,08	
17	64,94			17	54	
18	62,9			18	55	
19	59,75			19	68,75	
20	65,44			20	65,56	
21	66,62			21	42,38	
22	68,2			22	46	
23	67,29			23	49,58	
24	67,14			24	39,8	
25	17,78			25	51,22	
26	19,44			26	52,25	
27	50,8			27	65	
28	60,65			28	60,31	
29	64,3			29	55,08	
30	55,5			30	64,94	
31	60,3			31	68,78	
32	67,9					
				suma =	1611,72	
suma =	1674,16					
PCI =	52,3175	REGULAR		PCI =	51,9997	REGULAR

4.4. Método De Evaluación Del PSI.

Un método práctico desarrollado por los ensayos de la AASTHO para los pavimentos flexibles

Este método sólo toma en cuenta la rugosidad, grietas, parches y ahuellamientos del pavimento.

4.4.1. Procedimiento de cálculo.

Primeramente se procede a la inspección visual del pavimento para luego con los datos se determina los coeficientes, los cuales se obtiene de la siguiente tabla.

Coeficiente C1, C2, C3

RUGOSIDAD LONGITUDINAL	CALOR C1
Perfectamente lisa	1
Algo rugosa	2
Medianamente rugosa	3
Rugosidad alta	4
Extremadamente rugosa	5
INTENSIDAD DE GRIETAS Y PARTES	VALOR DE C2
Ausencia de grietas	1
Grietas y parches escasas	2
Fuertemente agrietado y parchado	3
Extremadamente agrietado y parchado	4
DEFORMACIÓN TRANSVERSAL	VALOR C2
Sin deformación ni Ahuellamiento	1
Medianamente deformado y ahuellado	2
Fuertemente deformado y ahuellado	3

Una vez determinadas las constantes se procede a reemplazar en la fórmula los valores en la siguiente fórmula:

$$PSI = 6.20 - 0.8 * C1 - 0.3 * C2 - 0.1 * C3$$

Se determina el valor del PSI, luego se entra a la tabla para verificar en que estado se encuentra el pavimento.

4.4.2. Cálculo y resultado del método PSI.

CÁLCULO DE PSI TRAMO DERECHO

TRAMO N°1

C1 =	5	PSI = 6,2 - 0,8*C1 - 0,3*C2 - 0,1*C3
C2 =	3	
C3 =	2	PSI = 1,1 MUY MALO

TRAMO N°2

C1 =	5	PSI = 6,2 - 0,8*C1 - 0,3*C2 - 0,1*C3
C2 =	3	
C3 =	1	PSI = 1,2 MUY MALO

TRAMO N°3

C1 =	4	PSI = 6,2 - 0,8*C1 - 0,3*C2 - 0,1*C3
C2 =	3	
C3 =	1	PSI = 2 MALO

TRAMO N°4

C1 =	4	PSI = 6,2 - 0,8*C1 - 0,3*C2 - 0,1*C3
C2 =	4	
C3 =	1	PSI = 1,7 MALO

TRAMO N°5

C1 =	4	PSI = 6,2 - 0,8*C1 - 0,3*C2 - 0,1*C3
C2 =	3	
C3 =	1	PSI = 2 REGULAR

4.4.3. Planilla de cálculos

TRAMO DERECHO				TRAMO IZQUIERDO	
1	1,1			1	1,2
2	1,2			2	0,9
3	2			3	1,2
4	1,7			4	1,9
5	2			5	2,3
6	2			6	2
7	2,2			7	2
8	3,1			8	2,3
9	2,7			9	2,8
10	2,2			10	2,7
11	2,7			11	2
12	3,5			12	3
13	2,3			13	2,7
14	2,7			14	2,7
15	2			15	2,2
16	1,2			16	2
17	2,2			17	2
18	2,7			18	2,3
19	2,8			19	3
20	2,3			20	2
21	3,1			21	2
22	3			22	2,8
23	2			23	2
24	2,3			24	2,7
25	2			25	2
26	1,9			26	1,1
27	2,2			27	1,2
28	1,9			28	2,8
29	2,3			29	2,7
30	2,8			30	2,3
31	2			31	2,7
32	2,8				
SUMA =	72,9			SUMA =	67,5
PSI =	2,28			PSI =	2,18
	REGULAR				REGULAR

4.5. Método de evaluación del IRI.

4.5.1. Procedimiento de cálculo.

Primeramente se hace un recorrido sobre el tramo, luego con un equipo topográfico se procede a determinar las cotas del terreno cada 0.50 m de esta manera se determina todos los puntos del tramo.

Una vez determinados las cotas se procede a introducirlo en el programa INPACO mediante el cual se obtendrá el valor del IRI de cada tramo, el tramo comprende 30 m de longitud

4.5.2. Cálculo y resultado del método IRI.

CÁLCULO DEL IRI TRAMO IZQUIERDO				
		TRAMO #1		
PROGRESIVA	COTA		PROGRESIVA	COTA
0	910.694		15,5	910.447
0,5	910.686		16	910.450
1	910.688		16,5	910.445
1,5	910.67		17	910.436
2	910.669		17,5	910.440
2,5	910.654		18	910.430
3	910.646		18,5	910.427
3,5	910.638		19	910.424
4	910.635		19,5	910.427
4,5	910.622		20	910.417
5	910.614		20,5	910.414
5,5	910.610		21	910.417
6	910.598		21,5	910.408
6,5	910.591		22	910.409
7	910.583		22,5	910.405
7,5	910.575		23	910.398
8	910.570		23,5	910.395
8,5	910.559		24	910.398
9	910.551		24,5	910.393
9,5	910.543		25	910.398
10	910.539		25,5	910.386
10,5	910.527		26	910.388
11	910.517		26,5	910.389
11,5	910.518		27	910.379
12	910.503		27,5	910.380

12,5	910.495		28	910.381
13	910.487		28,5	910.373
13,5	910.485		29	910.376
14	910.471		29,5	910.371
14,5	910.463		30	910.365
15	910.455			
IRI = 5,5231				

4.5.3. Planilla de Resultados

PLANILLA DE RESULTADOS IRI				
TRAMO DERECHO			TRAMO IZQUIERDO	
1	5,2165		1	5,5231
2	6,6399		2	5,4524
3	5,046		3	5,4717
4	4,1393		4	5,1773
5	4,4667		5	5,5155
6	4,5229		6	5,3875
7	4,7738		7	5,6775
8	5,7591		8	3,294
9	4,7718		9	4,0812
10	4,9293		10	3,2008
11	5,1775		11	4,2655
12	4,8363		12	4,8095
13	3,6369		13	4,3353
14	4,6098		14	4,6425
15	5,418		15	4,4942
16	3,5125		16	5,3755
17	4,0448		17	7,5024
18	7,5896		18	3,1707
19	3,7661		19	3,9709
20	3,5251		20	7,3716
21	6,5849		21	5,5781

22	5,1368			22	3,5773
23	3,5941			23	7,4951
24	6,4582			24	3,0051
25	3,8487			25	3,766
26	3,5929			26	3,849
27	3,5485			27	3,8158
28	3,5698			28	3,8948
29	4,288			29	4,224
30	3,0141			30	4,1916
31	3,914			31	
suma =	143,9319			suma =	142,1159
IRI =	4,64296452			IRI =	4,73719667

4.6. REHABILITACIÓN

4.6.1. Fisuras y Grietas por Fatigamiento

Descripción:

- Normalmente son una serie de fisuras y grietas interconectadas entre sí y que se encuentran en fase inicial de desarrollo.
- Forman muchos trozos de ángulos agudos: en etapas avanzadas del deterioro forman una “malla de gallinero” o “piel de cocodrilo”.
- Ocurren con más frecuencia en las zonas del pavimento que reciben la mayor parte de las sollicitaciones.

Figura. 4.4. Piel de Cocodrilo



Fuente: Elaboración Propia

Causas Posibles:

- Espesor del pavimento inadecuado para el nivel de sollicitaciones y/o de la capacidad de soporte de la subrasante.
- Drenaje inadecuado en zonas localizadas.
- Mezcla asfáltica muy rígida.

Reparación:

- **Severidad baja:** colocar un sello en cada una de las áreas afectadas.
- **Severidad media:** colocar un sello en todo el pavimento.
- **Severidad alta:** reemplazar las capas del pavimento que se encuentren afectadas.

4.6.2. Fisuras y Grietas en Bloque

Descripción:

- Agrietamiento que divide el pavimento en trozos aproximadamente rectangulares de diversas dimensiones.

Figura 4.5. Grietas en Bloque



Fuente: Elaboración Propia

Causas Posibles:

- Mezcla asfáltica muy rígida.
- Espesor del pavimento inadecuado para el nivel de solicitaciones y/o baja capacidad de soporte de la subrasante.

Reparación:

- **Severidad baja y media:** reparar mediante un sello en toda la superficie.
- **Severidad alta:** reencarpetar o reciclar la mezcla en las zonas afectadas.

4.6.3. Grietas de Borde

Descripción:

- Fisuras y grietas en forma de medialuna o que se desarrollan en forma más o menos continua interceptando el borde del pavimento; se originan exclusivamente cuando las bermas no son pavimentadas.
- El agrietamiento se desarrolla normalmente entre el borde del pavimento y hasta unos 600mm hacia el interior.
- También dentro de esa franja, pero fuera de la huella por donde transita la mayor parte del tránsito, pueden existir fisuras y grietas longitudinales.

Figura 4.6. Grietas de Borde



Fuente: Elaboración Propia

Causas:

- Falta de confinamiento lateral de una carpeta mal adherida a la base.

Reparación:

- **Severidad baja y media:** Reconstruir las bermas colocando material perfectamente compactado y, al menos, revestido con un tratamiento superficial. Sellar todas las áreas del pavimento comprometidas.
- **Severidad Alta:** reconstruir la franja del pavimento afectada.

- Reconstruir las bermas, colocando material compactado y al menos revestido con un tratamiento superficial

4.6.4. Fisuras y Grietas Longitudinales

Descripción:

- Fisuras y grietas que son predominantemente paralelas al eje de la calzada, de preferencia localizadas dentro de las huellas por donde circula la mayor parte de tránsito; también pueden coincidir con el eje de la calzada.

Figura 4.7. Grietas Longitudinales



Fuente: Elaboración Propia

Causas:

- Cuando coinciden con el eje de la calzada son producto de una mala construcción.
- En otras posiciones son originadas por gradientes térmicos, en especial en mezclas asfálticas muy rígidas.
- Asentamientos de la base o de la subrasante, por una compactación inadecuada.

Reparación:

- Para cualquier nivel de deterioro, sellar las grietas utilizando los productos que correspondan según su ancho.

4.6.5. Fisuras y Grietas Transversales

Descripción:

- Fisuras y Grietas predominantemente perpendiculares al eje de la calzada, en carpetas que no recubren pavimento de hormigón o base tratada con cemento.

Figura 4.8. Grietas transversales



Fuente: Elaboración Propia

Causas:

- Gradientes térmicos, en especial en mezclas muy rígidas.
- Juntas de construcción mal construidas.

Reparación:

- Para niveles de severidad baja y media, sellar.
- Para nivel de severidad alta, reencarpetar con un espesor adecuado o reconstruir completamente la carpeta.

4.6.6. Huecos.

Figura 4.9. Huecos



Fuente: Elaboración Propia

Causas.

Los baches son causados, generalmente, por debilidad del pavimento, resultante de la escasez de asfalto, superficie de asfalto demasiado delgada, demasiados finos, pocos finos, o drenaje deficiente.

Reparación.

Generalmente los baches aparecen cuando es difícil hacer una reparación permanente, requiriéndose entonces aplicar medidas de emergencia. Las reparaciones temporales consisten, usualmente, en la limpieza del hueco y su relleno con un material asfáltico de bacheo premezclado. La reparación permanente se realiza abriendo un hueco hasta alcanzar el material firme por lados y por el fondo, y rellenándolo con un nuevo material de base y de superficie.

Reparación Permanente

Para realizar este trabajo, se procede de la siguiente manera:

- Bache sin tratar.
- La superficie y la base han sido removidas hasta alcanzar un apoyo firme.
- Aplicando la capa de pega.

- Compactación de la mezcla después de rellenar todo el hueco con mezcla asfáltica.
- El parche terminado se compacta hasta emparejarlo con la superficie circundante.

4.6.7. Desprendimiento de Agregados

Figura 4.10. Desprendimiento de Agregados



Fuente: Elaboración Propia

Causas.

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

Reparación.

Bajo: No se hace nada. Sello superficial. Tratamiento superficial.

Medio: No se hace nada. Sello superficial. Tratamiento superficial.

Alto: Tratamiento superficial. Sobre carpeta. Reciclaje. Reconstrucción

4.6.8. Recapado Asfáltico

Generalidades

La actividad de Colocación de Recapados Asfálticos consiste en la puesta de una sobrecarpeta de mezcla asfáltica en caliente sobre el pavimento flexible existente, previo el tratamiento de los daños puntuales presentes en carpeta asfáltica antigua.

El objetivo de la Colocación de Recapados Asfálticos es recuperar las condiciones estructurales y superficiales del pavimento para alcanzar una adecuada circulación vehicular con seguridad, comodidad, rapidez y economía.

La Colocación de Recapados Asfálticos debe ser realizada como parte de la conservación periódica del pavimento flexible cuando éste se encuentra en un estado regular, el cual deberá ser determinado técnicamente a través de pruebas de auscultación. El estado regular de un pavimento flexible se ha alcanzado cuando el Índice de Rugosidad Internacional IRI, tiene un valor entre 2,8m/km y 4,0m/km.

El conocimiento de las condiciones anteriores requiere de una auscultación periódica del pavimento flexible para poder determinar la fase crítica a partir de la cual se debe colocar el recapado.

Materiales

Los materiales a utilizar para la ejecución de esta actividad son esencialmente Riego de Liga y Mezcla de Concreto Asfáltico en Caliente que deben cumplir con los requerimientos establecidos por norma

Procedimiento de Ejecución

El procedimiento general a seguir para la ejecución de los trabajos de Colocación de los Recapados Asfálticos, es el siguiente:

1. Colocar señales preventivas y dispositivos de seguridad.
2. El personal debe contar con los uniformes, cascos y todos los elementos de seguridad industrial de acuerdo con las normas establecidas.
3. Identificar las zonas a intervenir y proceder a delimitarlas para el trabajo diario, de acuerdo con lo indicado en el Expediente Técnico elaborado previamente.

4. Tomar fotografías de los casos más relevantes y/o representativos en la situación inicial y en las posteriores actividades de avance.
5. Elaborar el programa detallado del trabajo para el recapado asfáltico y distribuir el personal a emplear.
6. Preparar la superficie para aplicar el recapado asfáltico haciendo bacheo y sellos de fisuras y grietas, si es del caso, y efectuar la limpieza de la superficie a recapar haciendo un barrido cuidadoso hasta eliminar toda basura, polvo, barro y otros materiales sueltos. En algunos casos ha de requerirse el fresado de la carpeta asfáltica existente y quizá de parte de la capa de base hasta llegar a la profundidad indicada en el Expediente Técnico.
7. Verificar que las condiciones climáticas sean favorables, sin lluvias durante todo el proceso. Asimismo, verificar las condiciones de los equipos para lograr eficiencia y eficacia en su utilización.
8. Aplicar un riego de liga y permitir su curado.
9. Ejecutar la Colocación del Recapado Asfáltico con la extendedora de mezcla asfáltica en caliente o máquina pavimentadora y luego compactar la mezcla extendida con cilindro vibratorio.

Los procedimientos que se utilicen para realizar estos trabajos no deberán afectar, en forma alguna, otras áreas del pavimento, de las bermas y demás elementos de la vía no incluidos en el trabajo.
10. Hacer la limpieza general del sitio de trabajo y los materiales extraídos o sobrantes deberán trasladarse a los depósitos de excedentes autorizados.
11. Al terminar los trabajos, retirar las señales y dispositivos de seguridad.

CAPÍTULO V

5.1. CONCLUSIONES

Al finalizar la evaluación superficial de pavimentos flexible sobre empedrado se determino las siguientes conclusiones:

- ✚ Para realizar una evaluación superficial de pavimentos, es muy importante la evaluación visual de la carpeta asfáltica, porque así se obtiene un rápido diagnóstico que permita tomar decisiones y programar un adecuado mantenimiento y conservación de las mismas.
- ✚ Las fallas que presentan en la rodadura de la avenida fueron evaluadas de acuerdo a las clases de patologías que se presentan generalmente en los pavimentos, flexibles de acuerdo a la norma Colombiana.
- ✚ El pavimento cuenta con muchas y distintas fallas de diversas severidades, a las cuales afectan al tránsito vehicular originando peligro de accidentes, deterioro de los vehículos que transitan e incomodidad en el usuario.
- ✚ Los resultados obtenidos están conforme a la evaluación y análisis realizado en la Av. Froilán Tejerina, se determinó las posibles causas de cada falla y llegamos a la conclusión que hubo deficiencias en la construcción tanto del empedrado como del pavimento como también otros factores externos al mismo, como ser el excesivo flujo vehicular por ser una zona comercial en la cual circulan alrededor de 567 vehículos por hora.
- ✚ Como también el estudio de suelos realizado demuestra que el suelo de la Av. Froilán Tejerina tiene un CBR de 3.5, el cual es menor al CBR mínimo que es 6, por lo tanto también es por esta razón que el pavimento presente estos deterioros.
- ✚ El pulimento de agregados observado por excesivo tráfico demuestra que el pavimento ha reducido su adherencia con las llantas del vehículo, esto es perjudicial para la seguridad de los usuarios de la vía tanto conductor como peatón, aunque no siempre se circula a gran velocidad, pero es igualmente peligrosa.
- ✚ El método PSI es un método no muy preciso por la desventaja de no tomar todas las fallas que pueden presentarse en un pavimento flexible.
- ✚ El método IRI tiene como desventaja el basarse sólo en los desniveles del lado de la huella en el pavimento.

- ✚ Las vías urbanas que cuentan con jardineras centrales, si no son ejecutadas debidamente, causan la infiltración de agua hacia la estructura del pavimento, que luego se refleja en su superficie provocando en deterioro prematuro.
- ✚ Los huecos son de mucha incidencia en la calidad de rodado, además, el agua acumulada en los mismos hizo que éstos crecieran paulatinamente con el tiempo, provocando accidentes.
- ✚ En cuanto al tráfico se puede indicar que circulan una cantidad excesiva de vehículos los cuales afecta a la rodadura del pavimento.
- ✚ Se ha llegado a la conclusión de que el pavimento flexible sobre empedrado de la Av. Froilán Tejerina no se encuentra en buenas condiciones, debido al transcurso de los años, dicha avenida ya cumplió su vida útil.
- ✚ Se llegó a la conclusión de que el estado en el que se encuentra la Avenida es de regular a malo, lo cual fue demostrado por los distintos métodos de evaluación.

METODO	PCI	ESTADO	TIPO DE MANTENIMIENTO
TRAMO DERECHO	52,3175	REGULAR	Mantenimiento de rutina permanente
TRAMO IZQUIERDO	51.9997	REGULAR	Mantenimiento de rutina permanente

METODO	PSI	ESTADO	TIPO DE MANTENIMIENTO
TRAMO DERECHO	2.28	REGULAR	Mantenimiento de rutina permanente
TRAMO IZQUIERDO	2.18	REGULAR	Mantenimiento de rutina permanente

METODO	IRI	ESTADO	TIPO DE MANTENIMIENTO
TRAMO DERECHO	4.6429	MALO	Mantenimiento de rutina permanente
TRAMO IZQUIERDO	4.7372	MALO	Mantenimiento de rutina permanente

- ✚ Para finalizar se realizó costo de rehabilitación para el recapamiento de toda la avenida con un espesor de 3cm.

COSTO TOTAL DE RECAPAMIENTO= 1.440.308,75 Bs.

5.2. RECOMENDACIONES

- ✚ Los tres métodos de evaluación superficial son importantes, para obtener resultados confiables debe seguirse la metodología para así poder obtener resultados confiables y seguros para evitar que la misma llegue a un nivel de severidad mayor con un mantenimiento preventivo o rutinario.
- ✚ Como también recomendar que el método PCI es el mejor método para aplicar en una evaluación de pavimentos ya que se realiza una inspección visual, como también cuantificar y medir los diferentes tipos de fallas de acuerdo a su severidad.
- ✚ Al momento de ejecutar las jardineras centrales de las vías, es necesario que antes se realicen algunos tratamientos especiales o la colocación de subdrenes, para que el exceso de agua no se infiltre y vayan a dañar el paquete estructural de la calzada adyacente a ella.
- ✚ Conociendo las fallas o deterioros que se presentan en la superficie del pavimento, se debe realizar un **“mantenimiento de rutina permanente y mantenimiento periódico”**. Para eliminar los problemas que éstos representan. El mantenimiento debe planificarse y ejecutarse de forma efectiva según el requerimiento ya que al no ser asistida influye en el nivel de severidad de los diferentes daños que se presenten en el pavimento.
- ✚ Es necesario realizar tratamientos superficiales para aumentar el ciclo de vida del pavimento. Para no tener defectos prematuros en la carretera se debe realizar una buena construcción, ya sea en la compactación de sus respectivas capas, la utilización de materiales adecuados para las mismas o hacer cumplir las especificaciones técnicas y estructurales del proyecto

- ✚ Es conveniente recomendar que estas cuenten con todo un paquete estructural bien elaborado para garantizar que éste cumpla con su periodo de vida útil para el que fue diseñado.
- ✚ La aplicación de pavimento sobre empedrado es una aplicación que se está realizando con mayor frecuencia en nuestro medio ya que muchas de las calles están empedradas puesto que antes hubo proyectos sociales para la implementación de empedrado en diferentes calles de la ciudad y luego se aplicó una capa de pavimento, Cuando se realiza una rehabilitación es muy incomodo trabajar con un pavimento sobre empedrado ya que es morosa esta rehabilitación, como también es más costosa ya que requiere de mucho mantenimiento o rehabilitación.
- ✚ Como también se realizo el recapamiento, ya que esta actividad de rehabilitación brindara mayores comodidades para el usuario además alargando su vida útil, ya que dicho pavimento cumplió su vida útil.