

CAPITULO I
INTRODUCCIÓN

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. ANTECEDENTES

Durante estos ocho años en la Provincia José María Avilés del Departamento Tarija diferentes comunidades fueron beneficiadas con el asfaltado como ser el tramo “Calamuchita – El Valle de la Concepción”, utilizando para ello una carpeta asfáltica, dicha capa se la colocó sobre la capa base y sub-base.

Al transcurrir el tiempo se puede observar que en la mayor parte del tramo “Calamuchita – El Valle de la Concepción” se presentan deterioros y fallas considerables como ser rugosidades, fisuraciones, disgregaciones, deformaciones, etc., haciendo que esta carretera se vuelva una incomodidad transitable, el cual será motivo de nuestro estudio de evaluación.

Hasta la fecha no se ha realizado una evaluación superficial de estos pavimentos, es necesario poder efectuar esta evaluación, para luego poder adoptar criterios firmes para llevar adelante un adecuado mantenimiento de dicha carretera.

1.2. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL ÁREA DEL PROYECTO

El proyecto se encuentra ubicado en “Calamuchita y el Valle de la Concepción”, la Comunidad de Calamuchita pertenece a la Primera Sección del Valle de la Concepción de la Provincia José María Avilés. Y el Valle de la Concepción es la Primera Sección de la Provincia José María Avilés del departamento de Tarija.

El tramo en estudio es muy importante porque es la única carretera que los une a la comunidad Calamuchita y la Provincia primera sección Valle de la Concepción

La comunidad de Calamuchita (inicio del proyecto) se encuentra a una distancia de 4.3 km de la Provincia primera sección Valle de la concepción.

Sus coordenadas geográficas son:

21° 36' Latitud Sur

64° 36' Longitud Oeste

21° 41' Latitud Sur

64° 39' Longitud Oeste

FOTOGRAFÍA DEL TRAMO EN ESTUDIO



FIG. 1.1

1.3. IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

La identificación del problema es que hay deterioros y fallas que presenta el pavimento flexible en el tramo Calamuchita - el Valle de la Concepción y por esa razón se debe hacer la evaluación superficial del pavimento flexible para ver el estado del mismo.

1.4. 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 sufrir un deterioro de sus características iniciales, a fin de poder prestar un servicio adecuado a los usuarios, resultan imprescindibles actuaciones de conservación.

El tramo Calamuchita - El Valle de la Concepción es una ruta obligada para todos los vehículos.

Por el hecho de ser el único acceso principal asfaltado por donde transitan los vehículos, que circulan con altas velocidades, el lugar se torna en una vía peligrosa e insegura para la circulación de los vehículos, puesto que los defectos y fallas que presenta la vía, disminuye la comodidad de los usuarios que transitan por esta carretera.

Un planeamiento adecuado en las operaciones de mantenimiento o conservación no solo preserva la ruta, también previene su deterioro, estas actividades deben realizarse en forma continua, de manera que garantice la inversión inicial de construcción, y prolongar la vida de la vía como de los vehículos que la usan.

1.5. OBJETIVOS

1.5.1. OBJETIVO GENERAL

- Realizar la evaluación superficial de pavimento flexible en el tramo “Calamuchita y el Valle de la Concepción”, para así buscar las alternativas de un adecuado mantenimiento.

1.5.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar los deterioros o fallas superficiales existentes en el tramo.

Para ello existen varias formas de realizar dicha cuantificación, entre ellas tenemos: Mediante inspección visual, utilizando instrumentos o equipos que nos permitan obtener las características de la superficie de rodadura del tramo.

- Evaluar los efectos de los deterioros y las formas de mantenimiento.

Una vez detectados los tipos de fallas existentes en el tramo de estudio, se debe analizar cuáles son los efectos que estos deterioros causan, y en qué proporción se presentan, para ello existen elementos que nos determinan el estado de la carretera, como ser la rugosidad, deformación, etc.

- Clasificar los deterioros y las fallas que se presentan en el pavimento flexible de acuerdo a la gravedad de las mismas.
- Analizar el estado del pavimento flexible mediante la tipología, evaluación de fallas y deterioros para tomar medidas preventivas.

1.6. ALCANCE

- La evaluación superficial del pavimento flexible, es el que se llevará adelante en este proyecto, para ello se emplearán metodologías que pueda ser aplicable en nuestro medio.
- Realizar la evaluación superficial del pavimento, y medición de los deterioros.

Para la evaluación superficial del pavimento flexible se utilizarán los siguientes métodos:

- Método del Cuerpo de Ingenieros de los EE.UU., denominado PCI (Pavement Condition Index) Índice de Condición del pavimento.
 - Método del PSI (Present Serviceability Index) Índice de Servicialidad Presente.
 - Utilización del software INPACO del Ministerio de Obras Públicas y Transporte Colombiano, para la determinación del coeficiente IRI (Índice de regularidad Internacional) que emplea el método Mira – Nivel.
- Realizar alternativas recomendadas de reparación, para los diferentes tipos de deterioros que puedan presentarse en el tramo de estudio.

CAPÍTULO II
CARACTERÍSTICAS DE LOS PAVIMENTOS
FLEXIBLES

CAPITULO II
CARACTERÍSTICAS DE LOS PAVIMENTOS FLEXIBLES

2.1. PAVIMENTOS.

Se define al pavimento como la estructura formada por varias capas superpuestas, relativamente horizontales y de varios centímetros de espesor, de diferentes materiales, adecuadamente compactados. Estas estructuras estratificadas se apoyan en la subrasante ó terreno natural obtenido por el movimiento de tierras y han de soportar las cargas de tráfico.

También se lo puede definir como el conjunto de capas de materiales seleccionados que reciben en diferente grado la carga de los vehículos que transitan y las transmiten a las capas inferiores distribuyéndolas con uniformidad.

Todos hemos tenido la oportunidad de observar un pavimento, ya sea en largas caminatas en la vía o simplemente al conducir nuestro automóvil, sin embargo solo vemos una inmensa capa asfáltica o de concreto, pero un pavimento no solo es esa capa externa y observable, es toda una estructura compleja, que necesita un diseño especial.

Los pavimentos están clasificados de acuerdo a las características de su capa superficial ó capa de rodadura, teniéndose así los siguientes pavimentos:

Pavimento flexible

Pavimento rígido

Para lograr el correcto funcionamiento de un pavimento se debe cumplir con determinados objetivos entre los cuales citados a continuación:

Resistir y distribuir adecuadamente las cargas producidas por el tránsito.

Tener la impermeabilización necesaria.

Resistir la acción destructora de los vehículos.

Tener resistencia a los agentes atmosféricos.

Tener una superficie adecuada de rodadura.

Presentar cierta flexibilidad para adaptarse a algunas fallas de la base o sub-base

2.1.1. COMPONENTES DEL PAVIMENTO FLEXIBLE

No existe una terminología única para designar las diferentes partes que forman un pavimento, sin embargo se define el pavimento como la estructura formada por varias capas

superpuestas por encima del nivel de la subrasante o terreno natural obtenidas por el movimiento de tierras; estas capas tienen objetivos particulares y específicos. Dependiendo de la última capa denominada; **capa de rodadura** los pavimentos están clasificados en dos tipos: los pavimentos rígidos o de concreto hidráulico y los pavimentos flexibles o de asfalto. La diferencia estructural entre ellos estriba en que los pavimentos flexibles presentan muy poca resistencia a flexión.

En el caso de los pavimentos flexibles, están compuestos por una capa de áridos envueltos y aglomerados con betún asfáltico, de espesor mínimo de 25 mm. Sobre capas de sustentación como base granular, asfáltica, hormigón o pavimento de bloques.

Sus partes constitutivas son:

COMPONENTES DEL PAVIMENTO FLEXIBLE

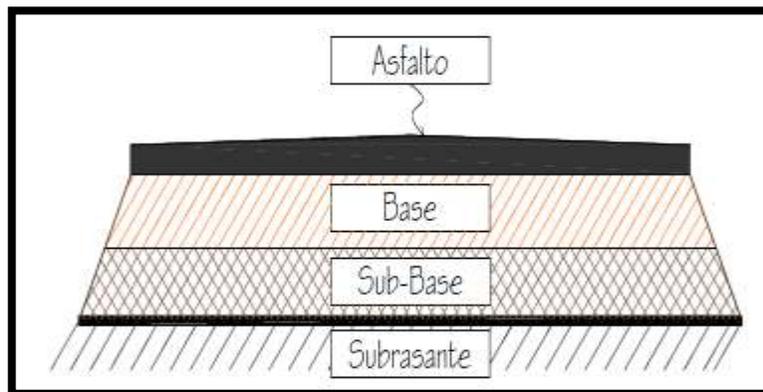


Figura 2.1

En un pavimento flexible la **Subrasante** o terreno de fundación es la capa o asiento sobre la que está apoyado todo el pavimento cuyo espesor depende precisamente de las características físico – mecánicas que tiene la capa subrasante.

La **Sub base** es la capa de material que se construye directamente sobre la subrasante y que está formada por un material de mejor calidad que el de aquella, obtenido en la mayoría de los casos de depósitos cercanos a la obra.

La **Base** es la capa de material que se construye sobre la sub base, en caso de ausencia de esta, sobre la subrasante también llamada terracería, debiendo estar formada por materiales de mejor calidad que el de la sub base.

La **Carpeta asfáltica**, que constituye la capa de rodadura, es de material pétreo cementado con asfalto que se coloca sobre la base y soporta directamente las sollicitaciones del tráfico. Mencionadas capas deben satisfacer las siguientes funciones:

2.1.2. PROPÓSITO DE LAS CAPAS DEL PAVIMENTO FLEXIBLE

a) RESISTIR Y DISTRIBUIR ADECUADAMENTE LAS CARGAS PRODUCIDAS POR EL TRÁNSITO

Un pavimento flexible debe estar constituido de tal manera que las cargas que sobre el pavimento se apliquen, y no provoquen deformaciones permanentes y perjudiciales en la subrasante sobre la cual está colocado y a la vez, se impida la formación de grietas internas en la estructura del mismo y el desplazamiento de partículas ocasionadas por la acción del tránsito. Por lo tanto un pavimento de asfalto debe tener el espesor necesario para soportar y distribuir las cargas del tránsito.

RESISTIR Y DISTRIBUIR ADECUADAMENTE LAS CARGAS PRODUCIDAS POR EL TRANSITO

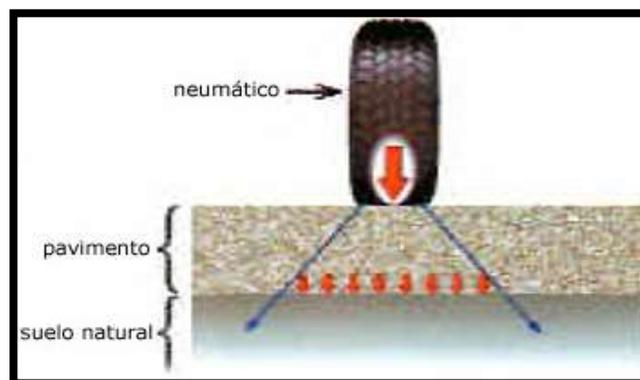


Figura 2.2

b) POSEER IMPERMEABILIDAD NECESARIA

El pavimento debe tener la suficiente impermeabilidad para impedir la infiltración de agua de lluvia hacia las capas inferiores, para impedir que el agua disminuya su capacidad para soportar cargas, ya que si esta penetra en exceso, provoca la lubricación de las partículas con su consiguiente pérdida en la capacidad de soporte. De esto se deduce que siempre será buena práctica el que se cuente con suficiente drenaje al proyectarse un pavimento, ya que incorporado ello a la impermeabilidad necesaria del pavimento en sí, redundara en una obra estable.

POSEER IMPERMEABILIDAD NECESARIA

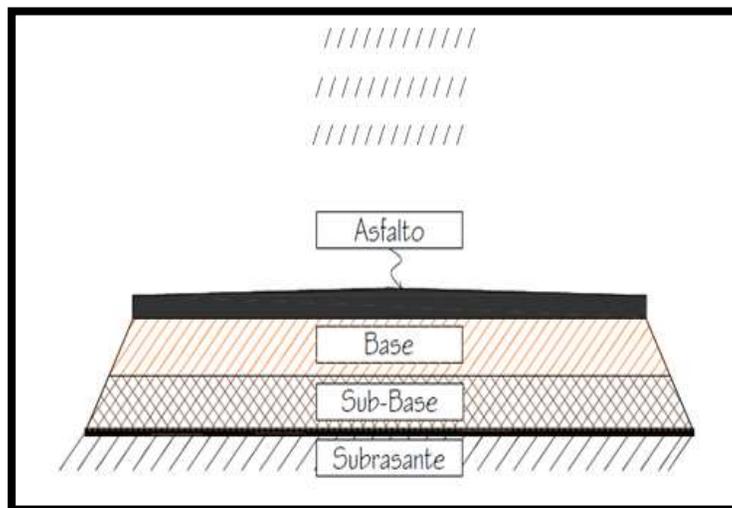


Figura 2.3

c) RESISTIR LA ACCIÓN DESTRUCTORA DE LOS VEHÍCULOS

La acción abrasiva de las llantas de los vehículos provoca desgaste de la superficie y desprendimiento de diferentes partículas de pavimento. También el tránsito provoca cierta acción de molienda y amasado. Es de ahí que se exige que el pavimento deba resistir estos efectos.

RESISTIR LA ACCIÓN DESTRUCTORA DE LOS VEHÍCULOS

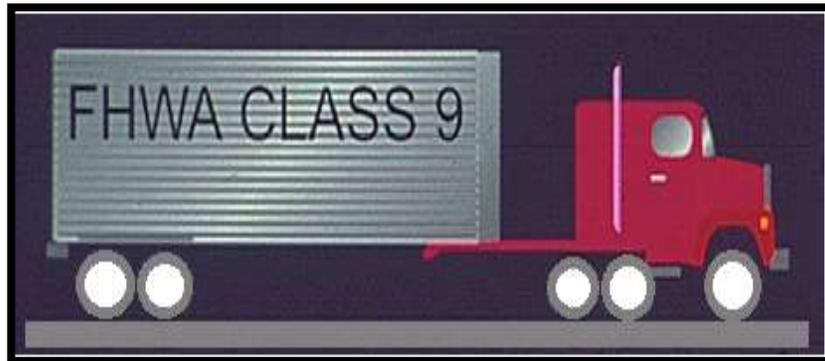


Figura 2.4

d) TENER RESISTENCIA A LOS AGENTES ATMOSFÉRICOS

Los agentes atmosféricos actúan continuamente sobre la superficie de los pavimentos provocando la meteorización y alteración de los materiales que lo forman.

Es de tenerse en cuenta que hay materiales que resisten mejor que otros estos efectos y por lo tanto la vida económica y útil del pavimento será mayor cuando los materiales que lo formen tengan más capacidad de resistencia a los agentes químicos y físicos.

TENER RESISTENCIA A LOS AGENTES ATMOSFÉRICOS

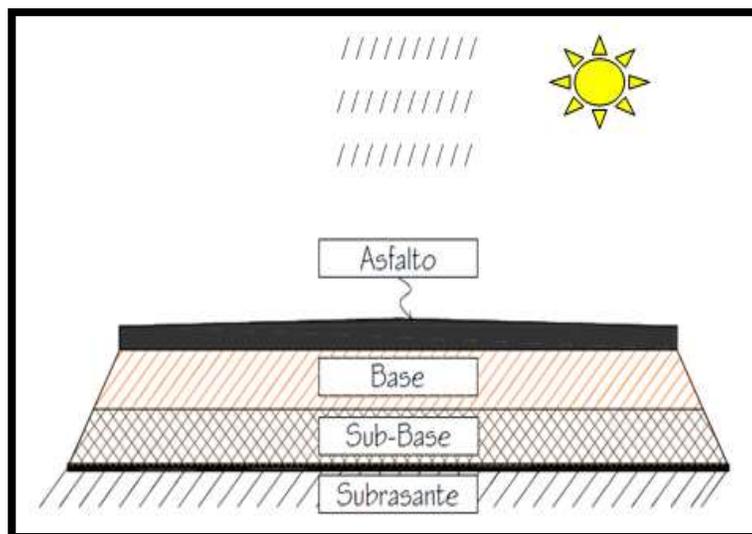


Figura 2.5

- e) **PROPORCIONAR UNA SUPERFICIE DE RODADURA ADECUADA, QUE PERMITA EN TODO TIEMPO, UN TRÁNSITO FÁCIL Y CÓMODO DE LOS VEHÍCULOS**

La superficie de rodamiento de un pavimento debe de ser segura para la conducción de los vehículos y lo suficientemente liza para proporcionar una marcha confortable y una larga vida de los vehículos, sin embargo, esa superficie lisa y uniforme debe ser siempre antideslizante cuando se encuentre húmeda.

PROPORCIONAR UNA SUPERFICIE DE RODADURA ADECUADA, QUE PERMITA EN TODO TIEMPO, UN TRÁNSITO FÁCIL Y CÓMODO DE LOS VEHÍCULOS

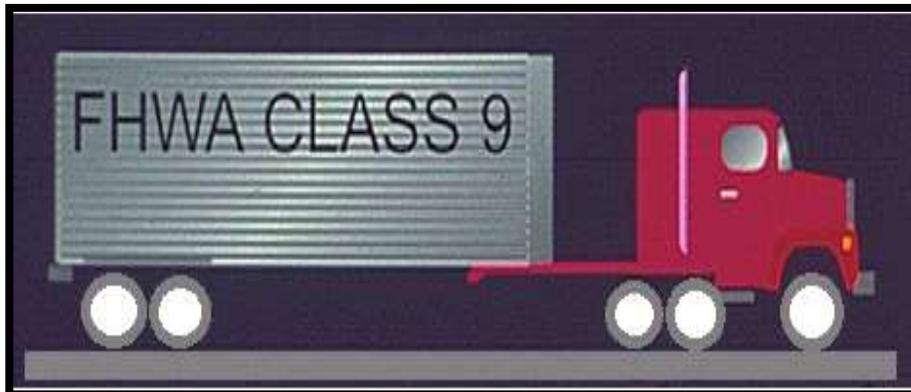


Figura 2.6

- f) **PRESENTAR CIERTA FLEXIBILIDAD PARA ADAPTARSE A ALGUNAS FALLAS DE LA BASE O SUB BASE**

En muchas ocasiones, por una u otra circunstancia, generalmente controlables, se presentan pequeños asentamientos ya sea de la base o de la sub base, los cuales no son en extremo perjudiciales, de ahí que conviene que el pavimento tenga cierta flexibilidad, que la haga capaz de adaptarse a esas pequeñas fallas sin necesidad de reparaciones costosas.

**PRESENTAR CIERTA FLEXIBILIDAD PARA ADAPTARSE A ALGUNAS
FALLAS DE LA BASE O SUB BASE**

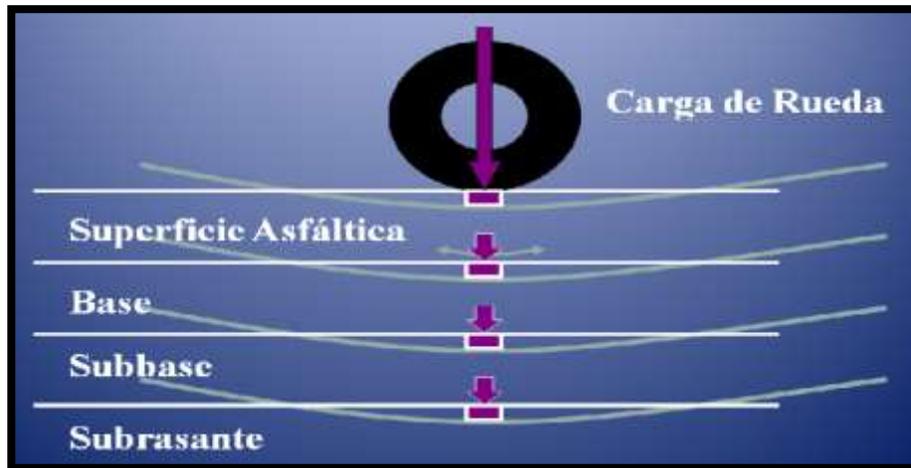


Figura 2.7

RESISTENCIA ESTRUCTURAL

La estructura de un pavimento flexible, debe proyectarse y constituirse de forma que pueda sustentar las más elevadas frecuencias de tráfico y cargas por eje, distribuyendo las presiones y tensiones impuestas; reduciéndolas en magnitud, hasta que puedan ser soportadas con seguridad por el terreno natural.

Por ello, al momento de diseñar se deben ponderar dos aspectos; que son:

La capacidad de carga que deberán tener las capas constituyentes del pavimento.

La capacidad de carga de la subrasante.

El primer punto es indicativo, de que el espesor del pavimento, debe calcularse para asegurar un comportamiento satisfactorio durante largo tiempo, teniendo en cuenta las condiciones de tráfico, las características del terreno y los materiales de construcción.

Esto exige usualmente, que se empleen materiales de resistencia y valor cada vez más elevados.

Las características de los materiales a ser utilizados, influirán en el espesor de cada una de las capas componentes del pavimento y por lo tanto en el espesor total.

En cuanto al análisis de la capacidad de carga de la subrasante, se puede decir que es de vital importancia, ya que al constituir el nexo de unión entre el pavimento y la terracería, debe cumplir la función de soportar y a su vez transmitir los esfuerzos a la terracería hasta niveles convenientes.

LA DEFORMABILIDAD

El problema de la deformabilidad de los pavimentos, tiene planteamiento opuesto al de la resistencia, porque dada la naturaleza de los materiales que forman sus capas, la deformabilidad, crece hacia los niveles inferiores. Por lo tanto, desde este punto de vista la deformabilidad resulta ser importante a niveles relativamente profundos y esto, debido a dos aspectos:

- 1) Porque las deformaciones excesivas están asociadas con estados de falla.
- 2) Porque un pavimento deformado, puede dejar de cumplir sus funciones, independientemente a que las deformaciones hayan conducido a un colapso estructural.

Cada vez que una carga ha hecho su paso, ocurre alguna deformación en la superficie y en las capas inferiores. Si la carga es excesiva, sus aplicaciones repetidas ocasionaran agrietamientos y asperezas, los que finalmente conducen a un hundimiento total.

Las deformaciones que se pueden presentar en un pavimento son de dos tipos:

1. DEFORMACIÓN ELÁSTICA.

Este tipo de deformación ocurre cuando la carga viva o carga por rueda, deforma temporalmente los materiales de la cimentación, comprimiendo el aire que llena los huecos de la base y subrasante.

En la deformación verdaderamente elástica, la superficie regresa a su posición original después de que la carga ha hecho su paso, de modo que no se produce una falta de uniformidad permanente, aun bajo aplicaciones repetidas de la carga.

2. DEFORMACIÓN PLÁSTICA.

Este tipo de deformación se presenta cuando la presión del fluido y del aire dentro de los poros de la infraestructura, material de cimiento o pavimento, se combina con fuerzas producidas por la carga para desplazar el material del camino.

La deformación resultante es progresiva bajo la repetición de la carga y constituye la causa principal del hundimiento de la superficie del camino.

Un problema muy complejo radica en medir la deformación que el pavimento va a sufrir realmente bajo la carga, por lo que en la actualidad los métodos de diseño, consideran una cierta deformabilidad que esté dentro de límites tolerables.

La estimación de las deformaciones elásticas, es posible haber con razonable precisión conociendo los materiales que constituirán el pavimento, obteniendo su módulo de deformación por medio de alguna de las diversas pruebas de campo que hoy existen y que pueden realizarse sobre terraplenes de prueba en las condiciones consideradas críticas.

Una vez determinado el módulo de deformación de las diferentes capas, la deformación elástica puede ser determinada en base a las teorías dadas para tal efecto.

La medición de las deformaciones plásticas se ha atacado con criterios puramente empíricos, cuyo aprovechamiento por los métodos de diseño, requiere de extrapolaciones experimentales; por ejemplo, la diversidad de las cargas se refiere a una carga única llamada estándar, resultado de estudios estadísticos en tramos experimentales o carreteras sometidas a la acción de tránsito real o clasificado. Se intenta que la carga estándar tome en cuenta el efecto repetición, pues al definirla, se ha correlacionado su propio efecto destructivo con el que causarían las cargas reales con sus respectivas repeticiones.

Una vez fijado el tránsito de análisis, lo que suele hacerse actualmente en todos los métodos de diseño que toman en cuenta estos parámetros, es prefijar con base experimental, una deformación permanente máxima, diseñándose el pavimento de manera que esta se presente únicamente al final de la vida útil prevista.

DURABILIDAD

Las incertidumbres prácticas ligadas a la durabilidad de un pavimento flexible son grandes y difíciles de tratar, porque no se conoce ningún método de diseño que tome en cuenta los requisitos de durabilidad de un modo cuantitativo.

Lo único evidente, es el hecho de que la durabilidad de una determinada vía, está íntimamente ligada con los trabajos de conservación que puedan realizarse en la vía.

COSTO

El costo para la construcción de una carretera, está en función directa del tipo de pavimento elegido y de los materiales que intervendrán en su estructura, porque una subrasante resistente será capaz de tolerar niveles de esfuerzo relativamente altos, pudiendo usar sobre ella capas de espesores reducidos sin comprometer la estabilidad general, lo que conduciría a generar ahorros en la inversión.

2.2. EVALUACIÓN DE PAVIMENTOS.

Los pavimentos son estructuras diseñadas para entregar al usuario seguridad y comodidad al conducir, esto significa que el camino debe entregar un nivel de servicio acorde a la demanda solicitada.

La evaluación de pavimentos consiste en un informe, en el cual se presenta el estado en el que se halla la superficie del mismo, para de esta manera poder adoptar las medidas adecuadas de reparación y mantenimiento, con las cuales se pretende prolongar la vida útil de los pavimentos, es así, que es de suma importancia elegir y realizar una evaluación que sea objetiva y acorde al medio en que se encuentre.

2.2.1. IMPORTANCIA DE EVALUACIÓN DE PAVIMENTOS.

La evaluación de pavimentos es importante, pues permitirá conocer a tiempo los deterioros presentes en la superficie, y de esta manera realizar las correcciones, consiguiendo con ello brindar al usuario una serviciabilidad optima.

Con la realización de una evaluación periódica del pavimento se podrá predecir el nivel de vida de una red o un proyecto.

La evaluación de pavimentos, también permitirá optimizar los costos de rehabilitación, pues si se trata un deterioro de forma temprana se prolonga su vida de servicio ahorrando de esta manera gastos mayores.

2.2.2. CURVA DE COMPORTAMIENTO DE LOS PAVIMENTOS

La curva de comportamiento de los pavimentos es la representación histórica de la calidad del pavimento.

El deterioro que se va teniendo en las obras viales, se va observando y se le asigna una calificación, dándole un valor de 1 a 5 que se llama índice de servicio. Cuando una obra se pone a funcionar, recién construida, debe tener una calificación entre 4.5 y 5, la cual va disminuyendo conforme pasa el tiempo (n), y según el tipo de mantenimiento que este tenga.

CURVA DE COMPORTAMIENTO DE LOS PAVIMENTOS

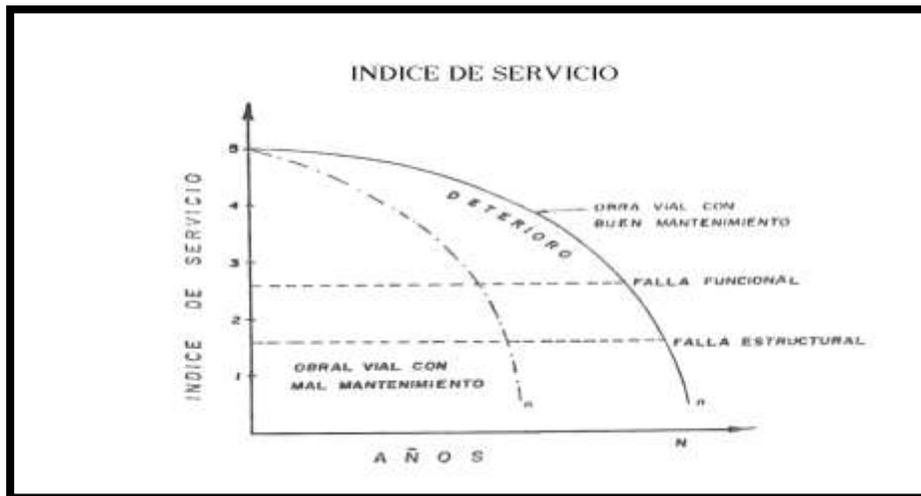


Figura 2.8

2.3. TIPOS DE EVALUACIÓN DE PAVIMENTOS.

Existen dos clases de evaluación de pavimentos:

Evaluación Superficial

Evaluación Estructural

2.3.1. EVALUACIÓN SUPERFICIAL

Es el análisis o control de calidad en la capa de rodadura que puede ser de asfalto o de concreto, en este caso de pavimento flexible. Este tipo de evaluación califica las deficiencias que tiene el pavimento en su parte superficial, lo que con lleva a inspeccionar los defectos o fallas que se presentan. El proceso para la identificación de fallas se lo realiza a través de un registro de cuantificación de daños que tienen su categorización y clasificación que demostrarán el estado real de la vía.

El trabajo de la evaluación superficial de un pavimento flexible, implica la observación y cuantificación de las características superficiales del pavimento, vale decir la capa asfáltica, desde el momento que este pavimento se pone en servicio.

Este tipo de evaluación debe basarse en:

Muestras aleatorias del tramo vial en estudio, con el fin de reducir la inspección visual.

Evaluar objetiva y cuantitativamente las condiciones superficiales del pavimento.

Utilizar métodos y equipo adecuados para realizar la evaluación.

Por otro lado se debe tener en cuenta una inspección visual continua, porque un pavimento flexible no falla instantáneamente, sino que su deterioro va aumentando en forma continua, con una inspección visual sistemática se detecta las fallas existentes en la superficie del pavimento, dichas fallas pueden ser originadas por solicitaciones de los vehículos, fallas constructivas y por defectos climáticos.

2.3.1.1. 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 del firme; 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 del firme 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. También en mayor o en menor medida en los costos para el transporte, lo que también afecta a cada usuario y a la colectividad.

Las características y propiedades que se consideran son las siguientes:

- * Resistencia al deslizamiento.
- * Resistencia a la rodadura.
- * Ruido de rodadura.
- * Textura.
- * Regularidad superficial.
- * Permeabilidad.
- * Drenabilidad.

- * Proyecciones del agua al paso de los vehículos.
- * Consumo debido al contacto entre el neumático y el pavimento.
- * Absorción acústica.
- * Resistencia al ataque de aceites y combustibles.
- * 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, así como 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.

2.3.1.2. CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS DE LA SUPERFICIE Y SU INTERACCIÓN CON EL VEHÍCULO.

Si se tiene en cuenta que la mayor parte de los problemas se originan por la interacción por el vehículo y la carretera, hay que preguntarse si en la vía las mejoras se han ido produciendo de una forma paralela. En todo caso, no hay que olvidar el papel del conductor en determinadas situaciones.

En 1987, el comité técnico de características superficiales de la asociación mundial de carreteras AIPCR propuso una clasificación de las características geométricas superficiales basadas en las longitudes de onda y en las amplitudes de las irregularidades en el sentido de la marcha (cuadro 1.1). Hay que tener en cuenta que en primera instancia, las características superficiales de los pavimentos que más interesan están ligadas a las dimensiones de estas irregularidades. Además, se dispone de unos procedimientos de medición cuyos resultados pueden incorporarse a las especificaciones.

La interacción vehículo – carretera da lugar a que estas irregularidades superficiales influyan en mayor o menor grado en el usuario (cuadro 1.2).

La **micro textura** o aspereza depende de la textura superficial de los áridos y del mortero bituminoso de cemento. Es muy importante para la adherencia entre el neumático - pavimento y por tanto, para la resistencia al deslizamiento en todas las circunstancias (incluso con pavimento seco). Infiuye en el desgaste de los neumáticos y algo en el ruido en las altas frecuencias del espectro acústico. En todo caso, las irregularidades de este tipo son siempre necesarias.

CLASIFICACIÓN DE LAS IRREGULARIDADES SUPERFICIALES DE UN PAVIMENTO EN EL SENTIDO DE LA MARCHA (AIPCR 1987)

Dominio		Rango de dimensiones (aprox.)	
		Longitudes de onda (horizontal)	Amplitudes (Vertical)
Micro textura		0 – 0,5 mm.	0 – 0,2 mm.
Macro textura		0,5 – 50 mm.	0,2 – 10 mm.
Mega textura		50 – 500 mm.	1 – 50 mm.
Regularidad superficial	Ondas cortas	0,5 – 5 m.	1 – 20 mm.
	Ondas medias	1 – 5 m.	5 – 50 mm.
	Ondas largas	15 – 50 m.	10 – 200 mm.

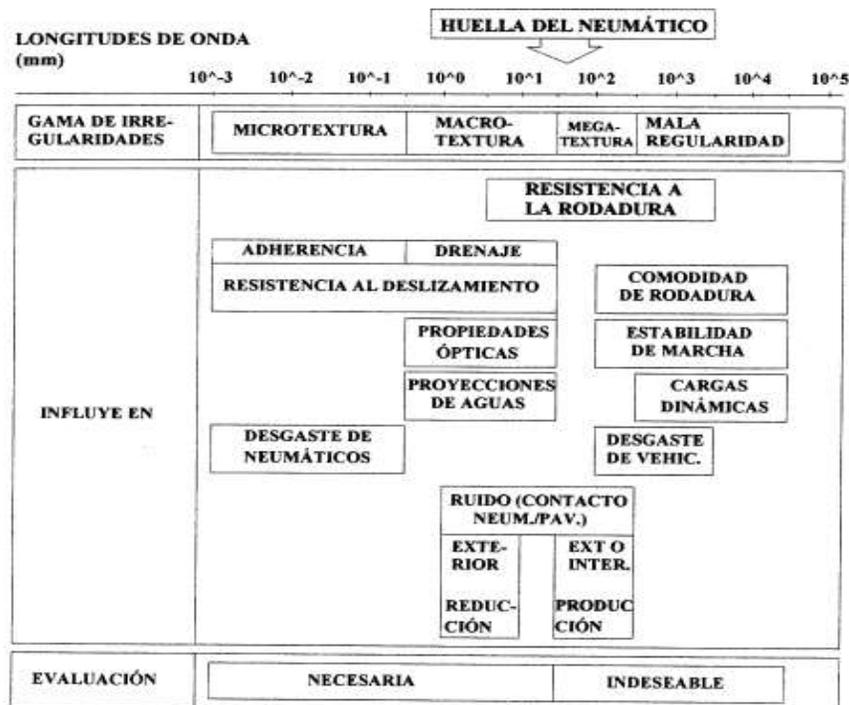
Cuadro 2.1

La **macro textura** o rugosidad depende de la granulometría, en especial del tamaño máximo del aridote la mezcla, riego o lechada bituminosa o de la terminación dada en el caso de hormigón. Degradaciones tales como las grietas o las pérdidas de gravillas solo contribuyen cuando se producen con gran densidad; la presencia de juntas únicamente si hay escalonamientos apreciables.

La macro textura es necesaria para una adecuada resistencia al deslizamiento a velocidades superiores a unos 60 km/h. con el pavimento mojado. Además del rozamiento producido por la deformación relacionada con la histéresis elástica del neumático, la rugosidad permite restablecer el contacto con adherencia (figura 2.1), al facilitar la eliminación del agua interpuesta.

De este modo, lo más adecuado es tener un micro textura áspera y además una macro textura rugosa, siempre que el ruido de rodadura no resulte demasiado alto.

INFLUENCIA DE LA GAMA DE LAS IRREGULARIDADES SUPERFICIALES EN LOS FENÓMENOS DE INTERACCIÓN ENTRE VEHÍCULO Y PAVIMENTO



Cuadro 2.2

La macro textura tiene una pequeña influencia negativa en el consumo de combustible al aumentar la resistencia a la rodadura. En cambio, mejora la visibilidad al producir una reflexión difusa de la luz de los faros y reducir las proyecciones de agua. Permite también un mejor contraste de las marcas viales.

Hay que hacer también una distinción entre macro textura negativa y positiva.

La positiva es la más usual, típica, por ejemplo, de los tratamientos superficiales, de las mezclas bituminosas cerradas en capas impermeables y de los hormigones densos.

La macro textura negativa, se presenta en pavimentos porosos y en el micro aglomerado de granulometría discontinua. Ambas ofrecen en diferentes grados las ventajas mencionadas. En cambio, son muy diferentes en relación con el ruido.

Mientras que con macro texturas positivas puede aumentar o disminuir el ruido de rodadura según las dimensiones de las irregularidades, los pavimentos porosos llegan a disminuir sensiblemente el nivel de ruido, no solo el del contacto entre el neumático y el pavimento, si no también, por absorción acústica, es debido a los elementos mecánicos de los vehículos.

CONDICIONES DE CONTACTO ENTRE UNA RUEDA EN MOVIMIENTO Y UNA SUPERFICIE MOJADA

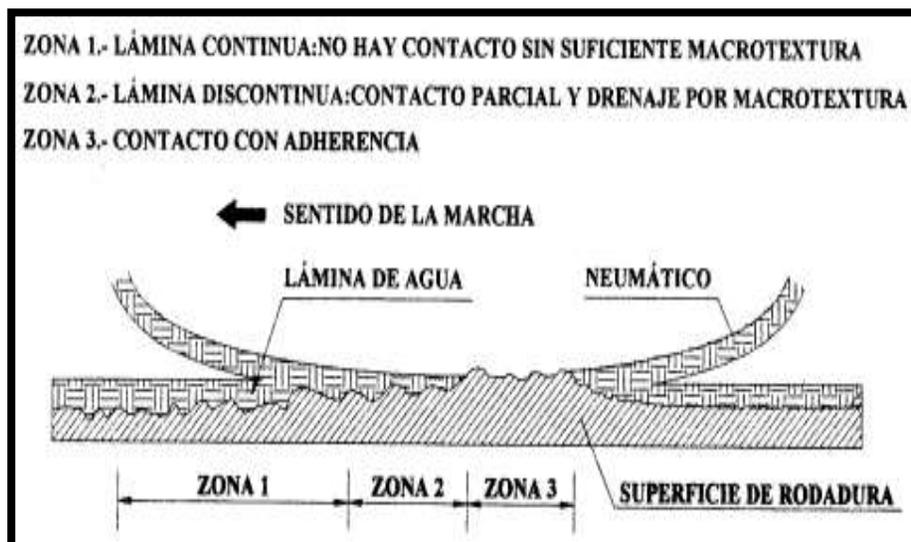


Figura 2.9

La **mega textura** corresponde a las irregularidades de tipo intermedio, relacionadas con la puesta en obra y también con diversos tipos de fallas o de degradaciones y con sus reparaciones (bacheos, sellado de grietas) si no están bien realizadas; los adoquinados tradicionales de piedra labrada producen también este tipo de textura.

La mega textura aumenta en particular la resistencia a la rodadura y el nivel del ruido a frecuencias bajas. La rodadura es mas incomoda, con vibraciones y dificultades para

mantener la estabilidad, constituye además al desgaste de los vehículos, incluido los neumáticos.

Los defectos de la **regularidad superficial** se manifiesta mediante unas ondas de mayor longitud debidas a la puesta en obra (extensión, compactación, etc.), a deformaciones del firme bajo el tráfico o a deformaciones de la explanada.

Estas irregularidades afectan a la comodidad de la rodadura por las oscilaciones que producen, aumentan el consumo de combustible e influyen en la cantidad de los vehículos.

Las frecuencias de 1 a 10 Hz. Son las que más afectan a los usuarios: las más bajas pueden producir mareos y las más elevadas pueden afectar a órganos internos y a la columna vertebral.

2.3.1.3. 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 estilote 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:

Es un equipo portátil que permite la adquisición de los datos del perfil longitudinal, necesarios para el cálculo del IRI. Basados en kilómetros, 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 solo permite la medición de la regularidad, si no también de peraltes, escalonamientos, etc.

EL PERFILÓMETRO DIGITAL



Figura. 2.10

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. 1.10), 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 aparatos e 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.

EL VIÁGRAFO



Figura 2.11

La regularidad se considera:

Excelente si el coeficiente es < 5

Bastante buena si el esta comprendido entre 8 y 20

Mediocre si es > 20 .

Este aparato es actualmente el mas 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. ALTÍGRAFO DIFERENCIAL COUDERT

El aparato registra el ángulo de vertical (péndulo) con la perpendicular al perfil longitudinal (fig. 1.11), se tiene $\beta = d_y / d_x$; puede deducirse el perfil por integración. Este método no es muy preciso, el clinodógrafo de simonin se funda en el mismo principio.

ALTÍGRAFO DIFERENCIAL COUDERT

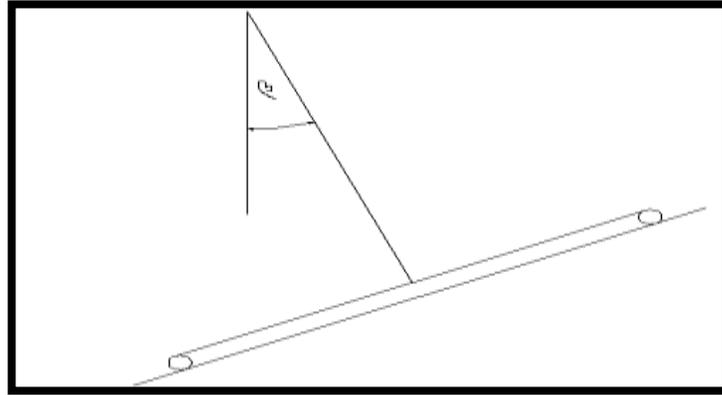


Figura. 2.12

5. 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. 1.12).

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.

INDICADOR DE CONFORT



Fig.2.13

6. ANALIZADOR DE LA REGULARIDAD SUPERFICIAL

Equipo constituido por un vehículo tractor y un remolque compuesto por dos brazos rígidos apoyados en ruedas que recorren la calzada. Un péndulo inercial situado en uno de los brazos constituye la referencia fija para medir los movimientos angulares del brazo rígido, mediante un captador angular de inducción.

ANALIZADOR DE LA REGULARIDAD SUPERFICIAL



Figura 2.14

- Velocidad de ensayo de 22, 55 ó 90 km/h.
- Las lecturas se toman cada 25 cm.
- Proceso de captación de datos basado en un microprocesador que trabaja en tiempo real.

- El equipo es capaz de medir las ondulaciones correspondientes a longitudes de onda entre 0,6 y 30 m.
- Amplitud máxima de los movimientos relativos medibles del brazo: ± 10 cm.

2.3.1.4. RUGOSIDAD.

La rugosidad de la superficie del pavimento, significa que ésta presenta asperezas o irregularidades de la superficie real

Las mediciones de la rugosidad de una carretera se efectúan por varias razones, entre ellas se tienen:

1.- Relaciona la rugosidad con la calidad de servicio que se prevé, constituyéndose en un buen parámetro para ser usado en la evaluación del comportamiento de un pavimento y los niveles de servicio de los usuarios.

2.- Los costos de operación de los vehículos son relacionados a la rugosidad de la superficie del camino: por lo tanto muchos análisis económicos relacionados al ciclo de rehabilitaciones, requerimientos de conservación puede ser objetivamente evaluados si se dispone de la medida de la regularidad de una carretera.

3.- La rugosidad afecta a la seguridad de una carretera, esta es otra consideración que hay que tomar en cuenta para la toma de decisiones sobre programas de mejoramiento.

El problema de la rugosidad de los pavimentos es bastante complejo y su cuantificación normalmente se la hace a través de la medida del coeficiente de rozamiento, llamada a veces “odoliometría”. El coeficiente de rozamiento juega un papel importante en la estabilidad de los vehículos sobre la calzada (frenado, adherencia, deslizamiento).

Entonces admitimos que puede adoptarse en los cálculos un coeficiente f del orden de 0.4 para carreteras de características convenientes.

Por otro lado cuando una carretera tiene mucha rugosidad, afecta al cómodo tránsito del usuario y a los costos de transporte.

2.3.2 EVALUACIÓN ESTRUCTURAL.

2.3.2.1. CARACTERÍSTICAS ESTRUCTURALES DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE.

Las características estructurales de un pavimento flexible están relacionadas con los materiales empleados en las capas del firme ó pavimento, y los respectivos espesores de estas capas.

Las diferentes deformaciones que pueden presentar estas capas, dan lugar a discontinuidades de deformaciones en ellas, por lo que el proyecto ó construcción de una capa ha de armonizarse con el de las restantes a fin de conseguir un buen comportamiento estructural conjunto.

La evaluación estructural de los pavimentos trata de evaluar a todo el conjunto de capas constituyentes del pavimento.

Dicho lo anterior se puede decir que la evaluación estructural es el estudio del funcionamiento de las diferentes capas que componen el pavimento a causa del sometimiento de cargas a la que esta expuesto. Aunque es difícil detectar a simple vista la falla del funcionamiento es posible obtener un resultado real de la vía a través del análisis de deflexiones. Los fenómenos del alabeo y la ondulación son una posible causa de que el pavimento este sufriendo un mal estado estructural.

Dicha evaluación estructural se la realiza tomando en cuenta los siguientes parámetros:

- Deflexiones Benkelman
- Evaluación de materiales
- Número estructural
- Tránsito ó tráfico vehicular
- Factor regional

En el presente proyecto no se contempla la realización de este tipo de evaluación.

CAPÍTULO III
INGENIERÍA DEL PROYECTO

CAPITULO III

INGENIERÍA DEL PROYECTO

3.1. IDENTIFICACIÓN DE FALLAS EN EL PAVIMENTO

Para la identificación de las fallas se usó el manual de pavimento flexible. Se pudo observar una variedad de ellas con su respectivo nivel de severidad que se seleccionó a criterio. Las imperfecciones del pavimento fueron clasificadas, registradas e identificadas.

Hay que tomar en cuenta que el manual de fallas utilizado para esta evaluación no tiene semejanza en su totalidad pero la mayoría se podían identificar de acuerdo a sus características particulares; profundidad, longitud y porcentaje de área afectada. A continuación se muestran las diferentes fallas identificadas.

3.1.2. TIPOS DE FALLAS EN LAS SUPERFICIES DE LOS PAVIMENTOS FLEXIBLES.

Las diferentes fallas que se presentan en los pavimentos flexibles son las que mencionan en el cuadro 2.1.

Antes de describir cada tipo de falla, es importante aclarar algunos puntos que generalmente presentan duda con respecto a la forma de medición de las diferentes fallas.

- Si están presentes las grietas piel de cocodrilo y ahuellamiento en la misma área, ambas fallas se miden separadamente.
- Si el pavimento presenta exudación, el agregado pulido no se cuenta en la misma área.
- Si existen grietas en los bordes de una falla de elevación – hundimiento, estas se miden separadamente.
- Fallas en un bache no se cuentan, ellas solo afectan la severidad del bache.
- Los huecos se miden por número de huecos con una determinada área y no como área total.

FALLAS FRECUENTES EN LOS PAVIMENTOS FLEXIBLES

FALLA N°	DESCRIPCIÓN	UNIDAD
1	Grieta piel de cocodrilo	m ²
2	Exudación del asfalto	m ²
3	Grietas de contracción (bloque)	m ²
4	Elevaciones – Hundimiento	m
5	Corrugaciones	m ²
6	Depresiones	m ²
7	Grieta de borde	m
8	Grietas de reflexión de juntas	m
9	Desnivel carril – Berma	m
10	Grietas longitudinales y transversales	m
11	Parcheo	m ²
12	Agregados pulidos	m ²
13	Huecos	N°
14	Acceso a puentes – rejillas de drenaje	m ²
15	Ahuellamiento	m ²
16	Deformación por empuje	m ²
17	Grietas de deslizamiento	m ²
18	Hinchamiento	m ²
19	Disgregación y Desintegración	m ²

Cuadro 3.1

1) GRIETA PIEL DE COCODRILO

Las grietas de fatiga o piel de cocodrilo son una serie de grietas interconectadas cuyo origen es la falla por fatiga de la capa de rodadura asfáltica bajo acción repetida de las cargas de tránsito. El agrietamiento se inicia en el fondo de la capa asfáltica (o base estabilizada) donde los esfuerzos y deformaciones unitarias de tensión son mayores bajo la carga de una rueda. Inicialmente, las grietas se propagan a la superficie como una serie de grietas longitudinales paralelas. Después de repetidas cargas de tránsito, las grietas se conectan formando polígonos con ángulos agudos que desarrollan un patrón que se asemeja a una malla de gallinero o a la piel de cocodrilo. Generalmente, el lado más grande de las piezas no supera los 0.60 m.

El agrietamiento de piel de cocodrilo ocurre únicamente en áreas sujetas a cargas repetidas de tránsito tales como las huellas de las llantas. Por lo tanto, no podría producirse sobre la totalidad de un área a menos que esté sujeta a cargas de tránsito en toda su extensión. (Un patrón de grietas producido sobre un área no sujeta a cargas se denomina como “grietas en bloque”, el cual no es un daño debido a la acción de la carga).

La piel de cocodrilo se considera como un daño estructural importante y usualmente se presenta acompañado por ahuellamiento.

GRIETA PIEL DE COCODRILO



Fotografía 3.1

NIVEL DE SEVERIDAD

BAJA (B): Grietas finas capilares y longitudinales que se desarrollan de forma paralela con unas pocas o ninguna interconectadas. Las grietas no están descascaradas, es decir, no presentan rotura del material a lo largo de los lados de la grieta.

MEDIA (M): Desarrollo posterior de grietas piel de cocodrilo del nivel L, en un patrón o red de grietas que pueden estar ligeramente descascaradas.

ALTA (A): Red o patrón de grietas que ha evolucionado de tal forma que las piezas o pedazos están bien definidos y descascarados los bordes. Algunos pedazos pueden moverse bajo el tránsito.

FORMA DE MEDICIÓN:

Se miden en metros cuadrados (m^2) de área afectada. La mayor dificultad en la medida de este tipo de daño radica en que, a menudo, dos o tres niveles de severidad coexisten en un área deteriorada. Si estas porciones pueden ser diferenciadas con facilidad, deben medirse y registrarse separadamente. De lo contrario, toda el área deberá ser calificada en el mayor nivel de severidad presente.

2) EXUDACIÓN DEL ASFALTO

La exudación es una película de material bituminoso en la superficie del pavimento, la cual forma una superficie brillante, cristalina y reflectora que usualmente llega a ser pegajosa. La exudación es originada por exceso de asfalto en la mezcla, exceso de aplicación de un sellante asfáltico o un bajo contenido de vacíos de aire. Ocurre cuando el asfalto llena los vacíos de la mezcla en medio de altas temperaturas ambientales y entonces se expande en la superficie del pavimento. Debido a que el proceso de exudación no es reversible durante el tiempo frío, el asfalto se acumulará en la superficie.

EXUDACIÓN DE ASFALTO



Fotografía 3.2

NIVEL DE SEVERIDAD

BAJA (B): La exudación ha ocurrido solamente en un grado muy ligero y es detectable únicamente durante unos pocos días del año. El asfalto no se pega a los zapatos o a los vehículos.

MEDIA (M): La exudación ha ocurrido hasta un punto en el cual el asfalto se pega a los zapatos y vehículos únicamente durante unas pocas semanas del año.

ALTA (A): La exudación ha ocurrido de forma extensa y gran cantidad de asfalto se pega a los zapatos y vehículos al menos durante varias semanas al año.

FORMA DE MEDICIÓN:

Se mide en metros cuadrados (m^2) de área afectada. Si se contabiliza la exudación no deberá contabilizarse el pulimento de agregados.

3) GRIETAS DE CONTRACCIÓN (BLOQUE)

Las grietas en bloque son grietas interconectadas que dividen el pavimento en pedazos aproximadamente rectangulares. Los bloques pueden variar en tamaño de 0.30 m x 0.3 m a 3.0 m x 3.0 m. Las grietas en bloque se originan principalmente por la contracción del concreto asfáltico y los ciclos de temperatura diarios (lo cual origina ciclos diarios de esfuerzo / deformación unitaria). Las grietas en bloque no están asociadas a cargas e indican que el asfalto se ha endurecido significativamente.

Normalmente ocurre sobre una gran porción del pavimento, pero algunas veces aparecerá únicamente en áreas sin tránsito. Este tipo de daño difiere de la piel de cocodrilo en que este último forma pedazos más pequeños, de muchos lados y con ángulos agudos.

También, a diferencia de los bloques, la piel de cocodrilo es originada por cargas repetidas de tránsito y, por lo tanto, se encuentra únicamente en áreas sometidas a cargas vehiculares (por lo menos en su primera etapa).

GRIETAS DE CONTRACCIÓN (BLOQUE)



Fotografía 3.3

NIVEL DE SEVERIDAD.

BAJA (B):

- (1) Grietas sin sellar de ancho inferior a 10 mm. (3/8”).
- (2) Grietas selladas adecuadamente de cualquier ancho.

MEDIA (M):

- (1) Grietas sin sellar de ancho entre 10 y 51 mm. (3/8” a 2”).
- (2) Grietas sin sellar hasta 51 mm. (2”) con grietas finas adyacentes.
- (3) Grietas selladas de cualquier ancho con grietas finas adyacentes.

ALTA (A):

- (1) Grietas selladas o sin sellar con grietas adyacentes de media y/o alta severidad.
- (2) Grietas sin sellar de más de 51 mm. (2”) de ancho.
- (3) Grietas de cualquier ancho en las que varios centímetros del pavimento adyacente está severamente dañado.

FORMA DE MEDICIÓN:

Se mide en metros cuadrados (m^2) de área afectada. Generalmente, se presenta un solo nivel de severidad en una sección de pavimento; sin embargo, cualquier área de la sección de pavimento que tenga diferente nivel de severidad deberá medirse y anotarse separadamente.

4) ELEVACIONES – HUNDIMIENTO

Las elevaciones son pequeños desplazamientos hacia arriba localizados en la superficie del pavimento. Se diferencian de los desplazamientos, pues estos últimos son causados por pavimentos inestables. Los abultamientos, por otra parte, pueden ser causados por varios factores, que incluyen:

1. Levantamiento o combadura de losas de concreto de cemento Pórtland con una sobrecarpeta de concreto asfáltico.

2. Expansión por congelación (crecimiento de lentes de hielo).
3. Infiltración y elevación del material en una grieta en combinación con las cargas del tránsito

Los hundimientos son desplazamientos hacia abajo, pequeños y abruptos, de la superficie del pavimento.

Las distorsiones y desplazamientos que ocurren sobre grandes áreas del pavimento, causando grandes o largas depresiones en el mismo, se llaman “ondulaciones” y estas no se las debe confundir con los hundimientos.

ELEVACIONES - HUNDIMIENTO



Fotografía 3.4

NIVEL DE SEVERIDAD

BAJA (B): Originan una calidad de tránsito de baja severidad. (Calidad de rodaje buena).

MEDIA (M): Originan una calidad de tránsito de severidad media. (Calidad de rodaje regular).

ALTA (A): Originan una calidad de tránsito de severidad alta. (Calidad de rodaje mala).

FORMA DE MEDICIÓN:

Se miden en metros lineales (m). Si estas fallas se presentan perpendicular al flujo del tránsito y están espaciadas a menos de 3.0 m, el daño se llama corrugación. Si las elevaciones ocurren en combinación con una grieta, ésta también se registra.

5) CORRUGACIONES

La corrugación (también llamada “lavadero”) es una serie de cimas y depresiones muy próximas que ocurren a intervalos bastante regulares, usualmente a menos de 3.0 m. Las cimas son perpendiculares a la dirección del tránsito. Este tipo de daño es usualmente causado por la acción del tránsito combinada con una carpeta o una base inestables. Si los abultamientos ocurren en una serie con menos de 3.0 m de separación entre ellos, cualquiera sea la causa, el daño se denomina corrugación.

CORRUGACIÓN



Fotografía 3.5

NIVEL DE SEVERIDAD

BAJA (B): Producen una calidad de tránsito de baja severidad.

MEDIA (M): Producen una calidad de tránsito de mediana severidad.

ALTA (A): Producen una calidad de tránsito de alta severidad.

FORMA DE MEDICIÓN:

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

6) DEPRESIONES

Son áreas localizadas de la superficie del pavimento con niveles ligeramente más bajos que el pavimento a su alrededor. En múltiples ocasiones, las depresiones suaves sólo son visibles después de la lluvia, cuando el agua almacenada forma un “baño de pájaros”.

En el pavimento seco las depresiones pueden ubicarse gracias a las manchas causadas por el agua almacenada. Las depresiones son formadas por el asentamiento de la subrasante o por una construcción incorrecta. Originan alguna rugosidad.

Las depresiones a diferencia de los hundimientos no presentan caídas bruscas de nivel.

DEPRESIONES



Fotografía 3.6

NIVEL DE SEVERIDAD.

Máxima profundidad de la depresión:

BAJA (B): 13.0 a 25.0 mm.

MEDIA (M): 25.0 a 51.0 mm.

ALTA (A): Más de 51.0 mm.

FORMA DE MEDICIÓN:

Se mide en pies cuadrados (ó metros cuadrados) del área afectada.

7) GRIETAS DE BORDE

Las grietas de borde son paralelas y, generalmente, están a una distancia entre 0.30 y 0.60 m del borde exterior del pavimento. Este daño se acelera por las cargas de tránsito y puede originarse por debilitamiento, debido a condiciones climáticas, de la base o de la subrasante próximas al borde del pavimento. El área entre la grieta y el borde del pavimento se clasifica de acuerdo con la forma como se agrieta (a veces tanto que los pedazos pueden removerse).

GRIETAS DE BORDE



Fotografía 3.7

NIVEL DE SEVERIDAD

BAJA (B): Agrietamiento bajo o medio sin fragmentación o desprendimiento.

MEDIA (M): Grietas medias con algo de fragmentación y desprendimiento.

ALTA (A): Considerable fragmentación o desprendimiento a lo largo del borde.

FORMA DE MEDICIÓN:

La grieta de borde se mide en pies lineales (ó metros lineales).

8) GRIETAS DE REFLEXIÓN DE JUNTAS

Corresponden a fisuras longitudinales o transversales generadas por la mala ejecución de las juntas de construcción de la carpeta asfáltica o de las juntas en zonas de ampliación. 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.

GRIETAS DE REFLEXIÓN DE JUNTAS



Fotografía 3.8

NIVEL DE SEVERIDAD

BAJA (B):

- (1) Grieta sin relleno de ancho menor que 10.0 mm.
- (2). Grieta rellena de cualquier ancho (con condición satisfactoria del material llenante).

MEDIA (M):

- (1) Grieta sin relleno con ancho entre 10.0 mm y 76.0 mm.
- (2) Grieta sin relleno de cualquier ancho hasta 76.0 mm rodeada de un ligero agrietamiento aleatorio.
- (3) Grieta rellena de cualquier ancho rodeado de un ligero agrietamiento aleatorio.

ALTA (A):

- (1) Cualquier grieta rellena o no, rodeada de un agrietamiento aleatorio de media o alta severidad.

(2) Grietas sin relleno de más de 76.0 mm.

(3) Una grieta de cualquier ancho en la cual unas pocas pulgadas del pavimento alrededor de la misma están severamente fracturadas (la grieta está severamente fracturada).

FORMA DE MEDICIÓN:

Se mide en metros lineales (m). La longitud y nivel de severidad de cada grieta debe registrarse por separado. Por ejemplo, una grieta de 15.0 m puede tener 3.0 m de grietas de alta severidad; estas deben registrarse de forma separada. Si se presenta elevaciones en la grieta de reflexión éste también debe registrarse.

9) DESNIVEL DE CARRIL – BERMA

Es una diferencia de niveles entre el borde del pavimento y la berma. Este daño se debe a la erosión o asentamiento de la berma o la colocación de sobrecarpetas en la calzada sin ajustar el nivel de la berma.

DESNIVEL DE CARRIL - BERMA



Fotografía 3.9

NIVEL DE SEVERIDAD

BAJA (B): La diferencia en elevación entre el borde del pavimento y la berma está entre 25.0 y 51.0 mm.

MEDIA (M): La diferencia está entre 51.0 mm y 102.0 mm.

ALTA (A): La diferencia en elevación es mayor que 102.00 mm.

FORMA DE MEDICIÓN:

Se miden en metros lineales (m).

10) GRIETAS LONGITUDINALES Y TRANSVERSALES

Las grietas longitudinales son paralelas al eje del pavimento o a la dirección de construcción y pueden ser causadas por:

1. Una junta de carril del pavimento pobremente construida.
2. Contracción de la superficie de concreto asfáltico debido a bajas temperaturas o al endurecimiento del asfalto o al ciclo diario de temperatura.
3. Una grieta de reflexión causada por el agrietamiento bajo la capa de base, incluidas las grietas en losas de concreto de cemento Pórtland, pero no las juntas de pavimento de concreto.

Las grietas transversales se extienden a través del pavimento en ángulos aproximadamente rectos al eje del mismo o a la dirección de construcción. Usualmente, este tipo de grietas no está asociado con carga.

GRIETAS LONGITUDINALES Y TRANSVERSALES



Fotografía 3.10

NIVEL DE SEVERIDAD

BAJA (B):

- (1) Grieta sin relleno de ancho menor que 10.0 mm.
- (2) Grieta rellena de cualquier ancho (con condición satisfactoria del material llenante).

MEDIA (M):

- (1) Grieta sin relleno de ancho entre 10.0 mm y 76.0 mm.
- (2) Grieta sin relleno de cualquier ancho hasta 76.0 mm, rodeada grietas aleatorias pequeñas.
- (3) Grieta rellena de cualquier ancho, rodeada de grietas aleatorias pequeñas.

ALTA (A):

- (1) Cualquier grieta rellena o no, rodeada de grietas aleatorias pequeñas de severidad media o alta.
- (2) Grieta sin relleno de más de 76.0 mm de ancho.
- (3) Una grieta de cualquier ancho en la cual unas pocas pulgadas del pavimento alrededor de la misma están severamente fracturadas.

FORMA DE MEDICIÓN:

Se miden en metros lineales (m). La longitud y severidad de cada grieta debe registrarse después de su identificación. Si la grieta no tiene el mismo nivel de severidad a lo largo de toda su longitud, cada porción de la grieta con un nivel de severidad diferente debe registrarse por separado. Si ocurren abultamientos o hundimientos en la grieta, estos deben registrarse.

11) PARCHEO

Un bache es un área de pavimento la cual ha sido reemplazada con material nuevo para reparar el pavimento existente. Un bache se considera un defecto no importa que tan bien se comporte (usualmente, un área parchada o el área adyacente no se comportan tan bien como la sección original de pavimento). Por lo general se encuentra alguna rugosidad está asociada con este daño.

PARCHEO



Fotografía 3.11

NIVEL DE SEVERIDAD

BAJA (B): El parche está en buena condición buena y es satisfactorio. La calidad del tránsito se califica como de baja severidad o mejor.

MEDIA (M): El parche está moderadamente deteriorado o la calidad del tránsito se califica como de severidad media.

ALTA (A): El parche está muy deteriorado o la calidad del tránsito se califica como de alta severidad. Requiere pronta sustitución.

FORMA DE MEDICIÓN:

Se miden en metros cuadrados (m^2) de área afectada. Sin embargo, si un solo parche tiene áreas de diferente severidad, éstas deben medirse y registrarse de forma separada. Por ejemplo, un parche de 2.32 m^2 puede tener 0.9 m^2 de severidad media y 1.35 m^2 de baja severidad. Estas áreas deben registrarse separadamente. Ningún otro daño (por ejemplo, desprendimiento y agrietamiento) se registra dentro de un parche; aún si el material del parche se está desprendiendo o agrietando, el área se califica únicamente como parche. Si una cantidad importante de pavimento ha sido reemplazada, no se debe registrar como un parche sino como un nuevo pavimento (por ejemplo, la sustitución de una intersección completa).

12) AGREGADOS PULIDOS

Este daño es causado por la repetición de cargas de tránsito. Cuando el agregado en la superficie se vuelve suave al tacto, la adherencia con las llantas del vehículo se reduce considerablemente. Cuando la porción de agregado que está sobre la superficie es pequeña, la textura del pavimento no contribuye de manera significativa a reducir la velocidad del vehículo. El pulimento de agregados debe contarse cuando un examen revela que el agregado que se extiende sobre la superficie es degradable y que la superficie del mismo es suave al tacto. Este tipo de daño se indica cuando el valor de un ensayo de resistencia al deslizamiento es bajo o ha caído significativamente desde una evaluación previa.

AGREGADOS PULIDOS



Fotografía 3.12

NIVEL DE SEVERIDAD

No se define ningún nivel de severidad. Sin embargo, el grado de pulimento deberá ser significativo antes de ser incluido en una evaluación de la condición y contabilizado como defecto.

FORMA DE MEDICIÓN:

Se mide en pies cuadrados (ó metros cuadrados) de área afectada. Si se contabiliza exudación, no se tendrá en cuenta el pulimento de agregados.

13) HUECOS

Los huecos son depresiones pequeñas en la superficie del pavimento, usualmente con diámetros menores que 0.90 m y con forma de tazón. Por lo general presentan bordes angulosos y lados verticales en cercanías de la zona superior. El crecimiento de los huecos se acelera por la acumulación de agua dentro del mismo. Los huecos se producen cuando el tráfico arranca pequeños pedazos de la superficie del pavimento. La desintegración del pavimento progresa debido a mezclas pobres en la superficie, puntos débiles de la base o la

subrasante, o porque se ha alcanzado una condición de piel de cocodrilo de severidad alta. Con frecuencia los huecos son daños asociados a la condición de la estructura y no deben confundirse con desprendimiento o meteorización. Cuando los huecos son producidos por piel de cocodrilo de alta severidad deben registrarse como huecos, no como meteorización.

HUECOS



Fotografía 3.13

NIVEL DE SEVERIDAD

Los niveles de severidad para los huecos de diámetro menor que 76.2 Cm están basados en la profundidad y el diámetro de los mismos, de acuerdo con el Cuadro que se muestra.

Si el diámetro del hueco es mayor que 76.2 Cm, debe medirse el área o metros cuadrados y dividirla entre 0.47 m² para hallar el número de huecos equivalentes. Si la profundidad es menor o igual que 2.5 Cm, los huecos se consideran como de severidad media. Si la profundidad es mayor que 2.5 Cm la severidad se considera como alta.

NIVELES DE SEVERIDAD PARA HUECOS.

PROFUNDIDAD MÁXIMA DEL HUECO (Cm)	DIÁMETRO PROMEDIO (Cm)		
	10 a 20 (4" a 8")	20 a 45 (8" a 18")	45 a 76 (18" a 30")
1.2 a 2.5 Cm (1/2" a 1")	L	L	M
>2.5 a 5 Cm (1" a 2")	L	M	H
> 5 Cm (> 2")	M	M	H

Cuadro 3.2

FORMA DE MEDICIÓN:

Se miden contando aquellos que sean de severidades baja, media y alta, y registrándolos separadamente.

14) ACCESO A PUENTES – REJILLAS DE DRENAJE

Los defectos asociados a los accesos a puentes son depresiones o elevaciones que afectan la calidad del rodaje

ACCESO A PUENTES – REJILLA DE DRENAJE



Fotografía 3.14

NIVEL DE SEVERIDAD

BAJA (B): Originan una calidad de tránsito de baja severidad. (Calidad de rodaje buena).

MEDIA (M): Originan una calidad de tránsito de severidad media. (Calidad de rodaje regular).

ALTA (A): Originan una calidad de tránsito de severidad alta. (Calidad de rodaje mala).

FORMA DE MEDICIÓN:

Se mide en metros cuadrados (m^2) de área. Si la junta entre la estructura y el pavimento no afecta la calidad de rodaje debe ignorarse.

15) AHUELLAMIENTO

Es una depresión en la superficie de las huellas de las ruedas. Puede presentarse el levantamiento del pavimento a lo largo de los lados del ahuellamiento, pero, en muchos casos, éste sólo es visible después de la lluvia, cuando las huellas estén llenas de agua. El ahuellamiento se deriva de una deformación permanente en cualquiera de las capas del pavimento o la subrasante, usualmente producida por consolidación o movimiento lateral de los materiales debidos a la carga del tránsito. Un ahuellamiento importante puede conducir a una falla estructural considerable del pavimento.

AHUELLAMIENTO



Fotografía 3.15

NIVEL DE SEVERIDAD

Profundidad media del ahuellamiento:

BAJA (B): 6.0 a 13.0 mm.

MEDIA (M): >13.0 mm a 25.0 mm.

ALTA (A): > 25.0 mm.

FORMA DE MEDICIÓN:

Se mide en metros cuadrados (m^2) de área afectada y su severidad está definida por la profundidad media de la huella. La profundidad media del ahuellamiento se calcula colocando una regla perpendicular a la dirección del mismo, midiendo su profundidad, y usando las medidas tomadas a lo largo de aquel para calcular su profundidad media.

16) DEFORMACIÓN POR EMPUJE

Es un desplazamiento o deformación permanente de un área localizada de la superficie del pavimento producido por el tránsito. Cuando el tránsito empuja contra el pavimento, produce una onda corta y abrupta en la superficie. Normalmente, este daño sólo ocurre en pavimentos con mezclas de asfalto líquido inestables.

DEFORMACIÓN POR EMPUJE



Fotografía 3.16

NIVEL DE SEVERIDAD

BAJA (B): Produce calidad de tránsito de baja severidad.

MEDIA (M): Produce calidad de tránsito de severidad media.

ALTA (A): Produce calidad de tránsito de alta severidad.

FORMA DE MEDICIÓN:

Se miden en metros cuadrados (m²) de área afectada. Los desplazamientos que ocurren en parches se consideran para el inventario de daños como parches, no como un daño separado.

17) GRIETAS DE DESLIZAMIENTO

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

GRIETAS DE DESLIZAMIENTO



Fotografía 3.17

Nivel de severidad

BAJA (B): Ancho promedio de la grieta menor que 10.0 mm.

MEDIA (M):

(1) Ancho promedio de la grieta entre 10.0 mm y 38.0 mm.

(2) El área alrededor de la grieta está fracturada en pequeños pedazos ajustados.

ALTA (A):

- (1) Ancho promedio de la grieta mayor que 38.0 mm.
- (2) El área alrededor de la grieta está fracturada en pedazos fácilmente removibles.

FORMA DE MEDICIÓN:

Se mide en metros cuadrados (m²) y se califica según el nivel de severidad más alto presente en la misma.

18) HINCHAMIENTO

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

HINCHAMIENTO**Fotografía 3.18****NIVEL DE SEVERIDAD**

BAJA (B): Causa calidad de tránsito de baja severidad. El hinchamiento de baja severidad no es siempre fácil de ver, pero puede ser detectado conduciendo en el límite de velocidad sobre la sección de pavimento. Si existe un hinchamiento se producirá un movimiento hacia arriba.

MEDIA (M): Causa calidad de tránsito de severidad media.

ALTA (A): Causa calidad de tránsito de alta severidad.

FORMA DE MEDICIÓN:

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

19) DISGREGACIÓN Y DESINTEGRACIÓN

Es el desplazamiento o la pérdida de la superficie del pavimento debida a la pérdida del ligante asfáltico y de las partículas sueltas de agregado. Este daño indica que, o bien el ligante asfáltico se ha endurecido de forma apreciable, o que la mezcla presente es de pobre calidad. Estos pueden ser causados por ciertos tipos de tránsito, por ejemplo, vehículos de orugas.

DISGREGACIONES Y DESINTEGRACIÓN



Fotografía 3.19

NIVEL DE SEVERIDAD

BAJA (B): Han comenzado a perderse los agregados o el ligante. En algunas áreas la superficie ha comenzado a deprimirse.

MEDIA (M): Se han perdido los agregados o el ligante. La textura superficial es moderadamente rugosa y ahuecada.

ALTA (A): Se han perdido de forma considerable los agregados o el ligante. La textura superficial es muy rugosa y severamente ahuecada. Las áreas ahuecadas tienen diámetros menores que 10.0 mm y profundidades menores que 13.0 mm; áreas ahuecadas mayores se consideran huecos.

FORMA DE MEDICIÓN:

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

3.2. MÉTODOS DE EVALUACIÓN SUPERFICIAL.

En este trabajo se aplicaran tres métodos de evaluación superficial de pavimentos flexibles, los cuales se explicaran a continuación y son los siguientes:

1. Método de evaluación PCI.
2. Método de evaluación PSI.
3. Método de evaluación IRI.

3.2.1 MÉTODO DE EVALUACIÓN PCI (PAVEMENT CONDITION INDEX) ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO

El método de evaluación de pavimentos PCI, fue desarrollado por M.Y. Shain y S.D. Khon y publicado por el Cuerpo de Ingenieros de la Armada de los Estados Unidos.

El objetivo de este estudio fue desarrollar un Índice de Condición de Pavimento (PCI) para carreteras, calles y estacionamientos para proveer al ingeniero de:

1. Un método estándar para evaluación de la condición de la superficie operacional de una sección de pavimento.
2. Un método para determinar necesidades de mantenimiento y reparación en función de la condición del pavimento.
3. Un método para determinar el comportamiento mediante determinación continua del PCI

El método determina el Índice de Condición del Pavimento (PCI) en base a información obtenida de una inspección visual. Este índice ayuda al ingeniero en procesos de evaluación, determinación de labores y prioridades de mantenimiento y reparación.

3.2.1.1 ECUACIÓN DEL PCI

El grado de deterioro de un pavimento esta en función de:

- El tipo de falla
- La severidad de la falla (ancho de las grietas, etc.)
- La densidad de las fallas (porcentaje del área afectada)

$$PCI = 100 - \left[\sum_{i=1}^P \sum_{j=1}^{m_i} VD(T_i, S_j, D_{ij}) \right] * F \quad \text{Ec. 3.1}$$

Donde:

PCI= Índice de condición del pavimento

VD= Valor de deducción, en función del tipo de falla (T_i), severidad

(S_j), y densidad de fallas (D_{ij}) observables en el pavimento.

I= Tipos de falla

J= Grados de severidad

P= Número de fallas en el pavimento analizado

M_i = Grados de severidad para la falla "i"

F= Factor de ajuste, en función de la sumatoria total y el número de valores de deducción mayores que cinco

VALOR DE DEDUCCIÓN

Estos valores (**VD**) son determinados en función del tipo de cada falla, su severidad y densidad en el pavimento, cada falla tiene su correspondiente gráfico para determinar el VD.

FACTOR DE AJUSTE

Este factor permite ajustar el valor total de deducción cuando más de un tipo de falla afecta sustancialmente la condición del pavimento.

La figura. 2.13 muestra las curvas empleadas para determinar el valor de deducción corregido (**VDC**) en función del valor total de deducción (**VTD**) y “q”, o sea el número de **VD** individuales mayores que 5.

3.2.1.2 SEVERIDAD DE FALLA.

En vista de las variaciones de severidad que presentan los tipos de fallas En algunos casos requiere entender como es afectada la calidad de rodaje por diversos tipos de fallas a fin de determinar su veracidad, se han descrito los diferentes niveles contemplados en el método para cada falla.

La siguiente es una descripción generalizada de severidades:

- **BAJO:** Las vibraciones o saltos en el vehiculo se sienten, pero no es necesario reducir la velocidad por razones de seguridad y/o confort.
- **MEDIO: (1)** Se producen vibraciones o saltos significativos, que hacen necesario reducir la velocidad por seguridad y/o confort. **(2)** Saltos individuales o continuos que producen molestias.
- **ALTO: (1)** Excesivas vibraciones hacen reducir considerablemente la velocidad. **(2)** Saltos individuales, que producen gran molestia, peligro o posible daño vehicular.

3.2.1.3 PROCEDIMIENTO DE INSPECCIÓN

Para una determinación precisa del PCI debe realizarse una inspección cuidadosa del pavimento a fin de determinar los tipos de falla, su cantidad y severidad.

Hay dos procedimientos para realizar la inspección del pavimento. En ambos debe dividirse la sección del pavimento en unidades de aproximadamente 230 m² cada una. El primer procedimiento requiere evaluar todas las unidades; el segundo, una muestra escogida aleatoriamente.

Cada unidad es cuidadosamente inspeccionada y los datos referentes a cada tipo de falla son anotados en la planilla de evaluación.

3.2.1.4 DETERMINACION DEL PCI

El valor del PCI (Índice de Condición del Pavimento), se obtiene siguiendo los siguientes pasos:

- a) Determinar los datos correspondientes a cada tipo de falla (severidad y frecuencia), y su forma de medición.
- b) Determinar los valores de deducción (**VD**), para cada falla y severidad mediante los ábacos correspondientes del ANEXO I.
- c) El valor total de deducción (VTD = Sumatoria de VD es corregido mediante la figura 2.13, así se obtiene VDC. (valor de deducción corregido).
- d) Finalmente el $PCI = 100 - VDC$.

Debe recordarse que en la figura 2.13, el valor de “q” corresponde al número de VD individuales y mayores de 5, bien por el tipo de falla ó por severidad dentro de la misma falla.

El valor final del PCI de la sección del pavimento es:

$$PCI = \frac{\sum PCI_i}{n} \quad \text{Ec. 3.2}$$

Donde:

PCI_i = PCI de cada unidad evaluada

n = Número de unidades existentes en la sección

RANGOS DE CLASIFICACIÓN PCI

RANGO	CLASIFICACION
100 - 85	Excelente
85 - 70	Muy bueno
70 - 55	Bueno
55 - 40	Regular
40 - 25	Malo
25 - 10	Muy malo
10 - 0	Pésimo

Cuadro 3.3

3.2.2. MÉTODO DE EVALUACIÓN P.S.I. (PRESENT SERVICE INDEX) INDICE DE SERVICIABILIDAD PRESENTE

El índice de serviciabilidad presente es un índice que está orientado mundialmente a medir el confort que brinda el camino al usuario. Se han desarrollado originalmente para su

determinación, fórmulas matemáticas que combinan distintos parámetros de deterioro, basadas en condiciones geométricas de la sección del pavimento.

El método AASHTO relaciona al índice de serviciabilidad presente con la rugosidad superficial así como en la cuantía de las fallas o desarreglos tales como surcos o baches, agrietamientos y parches.

CALIFICACIÓN DE LA SERVICIABILIDAD SEGÚN EL VALOR PSI

RANGO	CALIFICACIÓN
5,00 - 4,25	Excelente
4,25 - 3,5	Muy Bueno
3,50 - 2,75	Bueno
2,75 - 2,00	Regular
2,00 - 1,25	Malo
1,25 - 0,50	Muy Malo
0,50 - 0,00	Fallado

Cuadro 3.4

Un método práctico desarrollado por los ensayos de la AASHTO para pavimentos flexibles, es la utilización de la siguiente ecuación.

$$\text{PSI} = 6.20 - 0.8 * C1 - 0.3 * C2 - 0.1 * C3 \quad \text{Ec. 3.3}$$

Donde:

C1, C2, C3, son apreciaciones en el terreno de la superficie del pavimento de acuerdo a la escala que se muestra en el cuadro 2.3

El valor final del PSI de la sección del pavimento es:

$$PSI = \frac{\sum PSI_i}{n} \quad \text{Ec. 3.4}$$

Donde:

PSI_i= PSI de cada unidad evaluada

n= Número de unidades existentes en la sección

COEFICIENTES 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 Parches	Valor de C2
Ausencia de grietas	1
Grietas y parches escasos	2
Fuertemente agrietado y parchado	3
Extremadamente agrietado y parchado	4
Deformación Transversal	Valor de C3
Sin deformidad ni ahuellamiento	1
Medianamente deformado y ahuellado	2
Fuertemente deformado y ahuellado	3

Cuadro 3.5

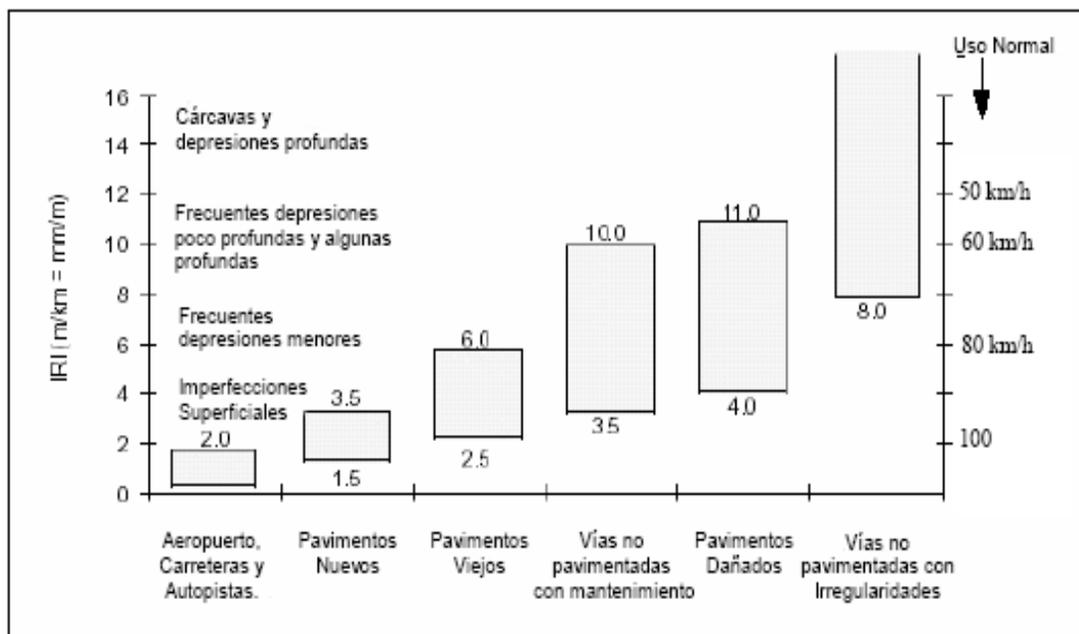
3.2.3. MÉTODO DE EVALUACIÓN I.R.I. (INTERNATIONAL ROUGHNESS INDEX) ÍNDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL.

El Índice Internacional de Rugosidad (IRI) fue aceptado como estándar de medida de la regularidad superficial de un camino por el Banco Mundial en 1986. Su obtención es posible correlacionarla con cualquier equipo de medición de la rugosidad de un pavimento.

El IRI es un indicador estadístico de la irregularidad superficial del pavimento, al igual que otros indicadores representa la diferencia entre el perfil longitudinal teórico (recta o parábola continua perfecta, $IRI = 0$) Y el perfil longitudinal real existente en el instante de la medida.

La importancia de este concepto va directamente relacionada con el comportamiento del pavimento en su vida útil.

ESCALA DE REGULARIDAD PARA PAVIMENTOS (IRI)



Cuadro 3.6

Para carreteras ya en servicio, el Índice Internacional de Rugosidad es una herramienta para monitorear el comportamiento del camino a través del tiempo y permite fijar umbrales de alerta para proceder a un estudio de los daños o para realizar las labores de mantenimiento de acuerdo a la importancia del camino.

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.
- 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.

Para llevar adelante este método de evaluación, se utilizará el software denominado INPACO del instituto de vías de la Universidad del Cauca de Colombia.

Previo a la utilización de este programa, se debe realizar la nivelación con mira y nivel, del tramo total ó subtramos escogidos para el estudio, con el fin de obtener las cotas del perfil de la superficie del pavimento, pues estas son esenciales para la ejecución del programa.

El software para determinar el IRI hace uso del programa: IRI método (mira y nivel), este programa está conformado por seis módulos, que son:

- Delta X (Dx)
- Identificación del tramo
- Entrada información
- Cálculo IRI
- Gráfica
- Imprimir información
- Terminar

1.- DELTA X (Dx)

Es la parte del programa que permite escoger el incremento en el abscisado de los datos de nivelación. Se dispone de los siguientes deltas en el programa:

- a) 50 mm.
- b) 100 mm.
- c) 152.4 mm. (0.5 ft)
- d) 166.7 mm.
- e) 200 mm.
- f) 250 mm.
- g) 304.8 mm. (1 ft)
- h) 333.3 mm.
- i) 500 mm.
- j) 609.6 mm. (2ft)

IDENTIFICACIÓN DEL TRAMO

Este módulo es el encargado de recibir las características esenciales del tramo de análisis. Estas características son:

- Código Tramo
- Nombre del Tramo
- Abscisa Inicial y Final

La Abscisa Inicial y Final corresponde al inicio y fin del tramo, la longitud máxima del tramo depende del Delta escogido de acuerdo al cuadro 2.7

Delta (mm)	Longitud máxima (m)
50	800
100	1600
152.4	2438
166.7	2667
200	3200
250	4000
304.8	4876
333.3	5332
500	8000
609.6	9753

Cuadro 3.7.

3.- ENTRADA DE INFORMACIÓN

Esta parte del programa dará la posibilidad de entrada de las cotas por abscisa de la nivelación.

4.- CÁLCULO DEL IRI

Se calculará el Índice de Rugosidad Internacional teniendo en cuenta la información digitada anteriormente.

En la pantalla aparecerá la siguiente información, la cual identifica el proceso de cálculo necesario para encontrar el valor del IRI.

- Delta X: Delta escogido.

- Número total de datos: Es la cantidad de abscisas existentes en el tramo.
- Z1, Z2, Z3; Z4, Y, $\sum RSi$: Variables requeridas por el sistema.
- IRI: Valor del Índice de Rugosidad Internacional.

5.- GRÁFICA

Sacará una gráfica del perfil del tramo con 2 ejes coordenados (X-Abscisas y Y-Cotas), dando la posibilidad de definir límites superior e inferior.

6.- IMPRIMIR INFORMACIÓN

Se obtendrá un listado por impresora de todos los datos digitados anteriormente, el IRI encontrado debe ser analizado de acuerdo al cuadro 2.6, para luego dar una conclusión del estado de rugosidad de la superficie del pavimento del tramo en estudio.

2.3. RELACIÓN ENTRE EL PCI, PSI e IRI

La calidad de servicio que ofrece una carretera en cualquier instante de su periodo de vida, se mide en función del Índice de Servicialidad Presente (PSI). En la ecuación 2.5 se da una relación del PSI en función del PCI.

$$PSI = \frac{PCI}{20} \quad \text{Ec 3.5.}$$

En la tabla 2.6 se muestran los rangos de relación entre el IRI y el PSI; para poder expresar el IRI en PSI se sugiere interpolar entre los intervalos superior e inferior de los valores correspondientes.

En función al PSI, se ha establecido que acciones o trabajos se deben aplicar a la carretera en estudio, para realizar su conservación; se toma como un valor admisible del PSI hasta 2, lo que significa que hasta que la carretera alcance este valor, se debe realizar un mantenimiento preventivo o de rutina permanente o también se puede decir que se debe

aplicar una conservación ordinaria. En el cuadro 2.7, se indica los trabajos que deben aplicarse a la carretera de acuerdo al Índice de Servicialidad Presente.

RELACIÓN ENTRE EL IRI y EL PSI.

RANGOS DE RELACIÓN IRI-PSI		
(IRI)	(PSI)	DESCRIPCIÓN
0 – 1,6	3 – 5,0	El pavimento es completamente nuevo.
1,6 – 2,8	2,5 – 3	Pavimentos de concreto asfáltico de buena calidad, tratamiento superficial muy bueno, no existen corrugaciones ni baches.
2,8 – 5,2	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 - 40mm. Cada 5m. ó de 10 - 20mm. Cada 3m.), velocidad normal de conducción 80Km. /hr.
5,2 – 8.8	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).

Cuadro 3.8

3.4. ALTERNATIVAS DE REPARACIÓN DE FALLAS EN LOS PAVIMENTOS FLEXIBLES

Para la realizar la corrección de fallas en pavimentos flexibles existen diferentes procedimientos los cuales incluyen: sellado de grietas, sellado de superficies, bacheo y recubrimiento de la superficie.

GRIETAS

Las grietas aparecen de muchas formas en los pavimentos flexibles, en algunos casos el tratamiento correcto puede ser el llenado de las fisuras simples, en otras puede ser necesaria la remoción completa del área afectada y ejecución del drenaje antes de efectuar las reparaciones.

Para realizar las mejoras adecuadas, primero se debe determinar las causas del agrietamiento.

1.- Grietas Piel de Cocodrilo

Para la reparación de la zona afectada con este tipo de falla, se debe remover el pavimento dañado y realizar un bacheo en la zona con mezcla asfáltica en caliente.

2.- Grietas de Borde

Normalmente aparecen debidos a un drenaje pobre o al secado de la tierra circundante. Cuando la severidad es media, se debe rellenar las grietas con lechada de emulsión asfáltica o con asfalto diluido mezclado con arena.

Si las grietas son de severidad alta, estas pueden ser rellenadas con mezclas asfálticas en caliente y en algunos casos se deberá mejorar el soporte lateral.

Si las grietas presentan severidad alta, la única solución es remover la capa superficial dañada, hasta el punto donde exista una buena liga entre capas, para luego bachear con mezcla asfáltica en caliente.

3.- Grietas Longitudinales y Transversales

Las grietas de severidad baja, deberán ser cuidadosamente limpiadas y luego selladas con mastique asfáltico o asfalto diluido seguido de una capa de arena, si el daño que presentan es mayor, estas deben ser cortadas y luego rellenar las fisuras con mezclas asfálticas en caliente.

DEFORMACIONES

Las deformaciones en el pavimento son el resultado de la debilidad de la carpeta asfáltica o del movimiento del suelo de la subrasante, donde ha tenido lugar la compactación o donde se ha compactado la base, estas pueden o no estar acompañadas de grietas, pero en cualquier circunstancia produce un riesgo para el tráfico, estas permiten la acumulación del agua y un incómodo tránsito vehicular y peatonal.

1.- Elevaciones y Hundimientos

Cuando se presenta este tipo de fallas, la reparación pasa por retirar el área de pavimento que se encuentra hundido o elevado, se debe sanear la base y luego rellenar con mezcla asfáltica en caliente, seguido de una compactación nivelante.

2.- Desnivel de Carril Berma

Se debe realizar un bacheado de nivelación, si el pavimento presenta severidad alta se debe sanear la base.

3.- Ahuellamiento

Son depresiones canalizadas que se desarrolla en las huellas de las ruedas, para su reparación, se debe nivelar o rellenar los canales con mezcla asfáltica en caliente y luego colocar una delgada capa de mezcla asfáltica en caliente sobre toda la superficie.

DESINTEGRACIÓN

Es el desprendimiento o pérdida sucesiva de material superficial por la abrasión del tráfico o por el clima.

1.- Disgregación y desintegración

Si la severidad de esta falla es moderada será necesario solo aplicar una capa con sello asfáltico. Si la severidad es alta se debe rellenar la zona con una capa delgada de mezcla asfáltica en caliente, seguido de una compactación.

SUPERFICIES RESBALADIZAS

1.- Exudación del Asfalto

Esta falla se expresa con la aparición de exceso de material asfáltico en la superficie. En muchos casos, la exudación es ligera, el único tratamiento necesario puede ser una capa fraccional de mezcla en planta o un riego de sellado con agregados absorbentes.

Si la exudación es muy alta, se deberá retirar la capa y ser repuesta por otra en condiciones normales.

2.- Agregados Pulidos

Estos son completamente resbaladizos cuando están húmedos. El único medio efectivo para su reparación es cubrir la superficie con un tratamiento resistente al deslizamiento o aplicarse una delgada capa friccionante de mezcla en caliente, un riego de arena o un riego de agregados. El agregado debe ser resistente y anguloso, estos pueden ser escorias, arena silíceas u otros materiales probablemente no pulimentables.

CAPÍTULO IV
APLICACIÓN PRÁCTICA AL TRAMO

CAPITULO IV

APLICACIÓN PRÁCTICA AL TRAMO

4.1. UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

El proyecto se encuentra ubicado en “Calamuchita y el Valle de la Concepción”, la Comunidad de Calamuchita pertenece a la Primera Sección del Valle de la Concepción de la Provincia José María Avilés, el Valle de la Concepción es la Primera Sección de la Provincia José María Avilés del departamento de Tarija.

UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO



FIGURA 4.1

4.2. TOMA DE INFORMACIÓN

Antes de proceder a la cuantificación de información de fallas, se realizó una medición geométrica del tramo en estudio, tales como ancho de vía 8m, ancho de la calzada es de 7.3 m, ancho de berma de 1 m y un estacado cada 32 metros de todo el tramo en estudio.

OBTENIENDO INFORMACIÓN DE LA SECCIÓN TRANSVERSAL DEL TRAMO



FIGURA 4.2

Luego se hizo el estudio topográfico para saber la distancia total del tramo, el perfil longitudinal y transversal denominando E0 (Prog. 0 + 000) Calamuchita E134 (Prog. 4+288) el Valle de la Concepción.

REALIZANDO EL ESTUDIO TOPOGRÁFICO



FIGURA 4.3

4.3. MEDICIÓN DE LAS FALLAS O DETERIOROS

La medición de cada una de las fallas o deterioros, se la realiza de acuerdo a su forma individual de medición y el nivel de severidad o grado de daño del pavimento, ambos estarán de acuerdo a lo descrito y expuesto en el capítulo anterior en todo caso, para determinar la magnitud de los deterioros en casi todo los tipos de fallas, excepto la falla 13, tienen como unidad fundamental a la longitud, cuya unidad patrón en el sistema internacional es el metro (m), por lo que es imprescindible el uso de una huincha o fluxómetro.

Para medir el grado de severidad en el caso de fallas como: Elevaciones – Hundimiento, Corrugaciones, Baches y Zanjas reparadas, Acceso a puentes – Rejillas de drenaje, Deformación por empuje, Hinchamiento, Disgregación y Desintegración, deben observarse la calidad de rodaje de los vehículos que pasan por la zona afectada, o abordar en un vehículo y transitar la zona afectada, ya sea como pasajero o conductor. Para las fallas como: Depresión y Ahuellamiento, se utiliza una regla de madera de 2 m. de longitud; esta se coloca de manera perpendicular al eje del pavimento en el área donde es más notoria la falla y con un fluxómetro se mide la altura existente entre la superficie de la Depresión o Ahuellamiento hasta la base de la regla.

MEDICIÓN DE LAS FALLAS O DETERIOROS



FIGURA 4.4

Para medir el grado de severidad de las fallas de Grietas de contracción, Grietas de reflexión de juntas, Grietas de borde, Grietas longitudinales - transversales y las Grietas de

deslizamiento, se las deberá realizar con un flexómetro para medir el ancho de las grietas, acompañando al mismo tiempo con una inspección visual, pudiendo estar estas sin sellar o selladas.

Los Huecos se miden por el número (Nº) de Huecos existentes en cada sub tramo, y su severidad se obtiene del resultado de la medición de la profundidad y diámetro que tiene el hueco con la ayuda de un flexómetro.

La cuantificación de cada tipo de falla, se la debe realizar minuciosamente, por lo que es aconsejable que el tramo total en estudio sea dividido en sub tramos entre 20 a 50 metros de acuerdo al ancho del carril.

Para la inventariación de las fallas, no hay una norma establecida, por lo que esta deberá estar sujeta al diseño de una planilla propuesta por el evaluador y la misma deberá reflejar todas las fallas (de la 1 hasta la 19), su unidad de medida y su nivel de severidad; el nombre de la vía en estudio, el sub tramo de estudio expresado en progresivas o por estacado.

En el caso de las fallas en las que requieren mediciones preliminares para determinar el nivel de severidad, tales como las Grietas, Depresiones, Ahuellamientos, Huecos; su inventariación es directa del evaluador, la cual está sujeta a la experiencia y al conocimiento del tema. Pero cabe indicar que estos datos no son necesarios anotarlos en los resultados.

4.4. MÉTODO DE EVALUACIÓN PCI (Índice de Condición del Pavimento)

En primer lugar se hizo una inspección visual de toda la avenida para poder hacer una identificación general de las fallas. Al pavimento se lo dividió en secciones, que fueron

fragmentadas en áreas de estudio según el ancho de la calzada para así determinar la longitud del tramo

LONGITUDES DE UNIDADES DE MUESTREO ASFÁLTICAS

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

DIVIDIENDO LA SECCIÓN EN TRAMOS



FIGURA 4.5

A cada sección se le asignó una sigla para identificar las áreas de estudio. Las fallas se las enumeraron para una mejor clasificación en campo.

El procedimiento en la medición realizada para la obtención del índice de condición del pavimento permite abarcar mayor parte de la zona en estudio, facilita en el detallamiento de identificación de fallas.

EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN

El procedimiento varía de acuerdo con el tipo de superficie del pavimento que se inspecciona. Debe seguirse estrictamente la definición de los daños de este manual para obtener un valor del PCI confiable.

LA EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN INCLUYE LOS SIGUIENTES ASPECTOS:

a) Equipo.

- Cinta métrica para medir las longitudes y las áreas de los daños.
- Regla y una cinta métrica para establecer las profundidades de los ahuellamientos o depresiones.
- Manual de Daños del PCI con los formatos correspondientes y en cantidad suficiente para el desarrollo de la actividad.

b) Procedimiento.

- Se inspecciona una unidad de muestreo para medir el tipo, cantidad y severidad de los daños de acuerdo con el Manual de Daños, y se registra la información en el formato correspondiente.

c) El equipo de inspección deberá implementar todas las medidas de seguridad para su desplazamiento en la vía inspeccionada, tales como dispositivos de señalización y advertencia para el vehículo.

CÁLCULO DEL PCI DE LAS UNIDADES DE MUESTREO

CÁLCULO DE LOS VALORES DEDUCIDOS:

- Totalice cada tipo y nivel de severidad de daño y regístrelo en la columna total del formato
- El daño puede medirse en área, longitud ó por número según su tipo.

TRAMO DE EVALUACIÓN		(1) GRIETAS PIEL DE COCODRILO		(2) EXUDACIÓN DEL ASFALTO		(3) AGRIETAMIENTO EN BLOQUE		(4) ELEVACIÓN - HUNDIMIENTO		(5) CORRUGACIONES		(6) DEPRESIONES		(7) GRIETAS DE BORDE		(8) GRIETAS DE REFLEXIÓN DE JUNTAS		(9) DESNIVEL CARRIL - BERMA		(10) GRIETAS LONGITUDINALES Y TRANSVERSALES		(11) PARCHEO		(12) AGREGADOS PULIDOS		(13) HUECOS (d = Cm)		(14) ACCESO A PUENTES - REJILLAS DE DRENAJE		(15) AHUELLAMIENTO		(16) DEFORMACIÓN POR EMPUJE		(17) GRIETAS DE DESLIZAMIENTO		(18) HINCHAMIENTO		(19) DISGREGACIÓN Y DESINTEGRACIÓN	
PROG.	CAR	m2	SV	m2	SV	m2	SV	m2	SV	m2	SV	m2	SV	m	SV	m	SV	m	SV	m2	SV	m2	SV	d	SV	m2	SV	m2	SV	m2	SV	m2	SV	m2	SV	m2	SV		
2+048-2+080	D-I							6.40	M					14.90	M					12.10	M							4.10	B							27.10	B		

Divida la CANTIDAD de cada clase de daño, en cada nivel de severidad, entre el ÁREA TOTAL de la unidad de muestreo y exprese el resultado como porcentaje. Esta es la DENSIDAD del daño, con el nivel de severidad especificado, dentro de la unidad en estudio.

Determine el VALOR DEDUCIDO para cada tipo de daño y su nivel de severidad mediante las curvas denominadas “Valor Deducido del Daño” que se adjuntan al final de este documento, de acuerdo con el tipo de pavimento inspeccionado.

Divida la CANTIDAD de cada clase de daño, en cada nivel de severidad, entre el ÁREA TOTAL de la unidad de muestreo y exprese el resultado como porcentaje. Esta es la DENSIDAD del daño, con el nivel de severidad especificado, dentro de la unidad en estudio.

Determine el VALOR DEDUCIDO para cada tipo de daño y su nivel de severidad mediante las curvas denominadas “Valor Deducido del Daño” que se muestra en el ANEXO A, de acuerdo con el tipo de pavimento inspeccionado.

HOJA DE DATOS PARA EL TRAMO A INSPECCIONAR LA CONDICIÓN SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE							
LUGAR DE ESTUDIO: CARRETERA "CALAMUCHITA - VALLE DE LA CONCEPCION"							
FECHA: OCTUBRE 2011			UNIDAD: 65		ÁREA DE ESTUDIO : 230 m ²		
EVALUADOR: HERLAN GARCIA ALZUGARAY					TRAMO : PROG. 2+048 - 2+080		
ANCHO DE LA VIA: 7.3 m.			LONGITUD DEL TRAMO: 32 m				
FALLA	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	TIPO DE FALLA	SEVERIDAD	TOTAL	DENSIDAD	VALOR DE DEDUCCIÓN (VD)
1	Grietas piel de cocodrilo	m2	4	M	6.40	2.78	20.80
2	Exudación del asfalto	m2	7	M	14.90	6.47	11.50
3	Grietas de contraccion (bloque)	m2	10	M	12.10	5.26	11.90
4	Elevaciones - hundimientos	m	15	B	4.10	1.78	12.90
5	Corrugaciones	m2	19	B	27.10	11.78	5.50
6	Depresiones	m2					
7	Grietas de borde	m					
8	Grietas de reflexión de juntas	m					
9	Desnivel carril - berma	m					
10	Grietas longitudinales y transversales	m					
11	Parcheo	m2					
12	Agregados pulidos	m2					
13	Huecos	Nº					
14	Acceso a puentes - rejillas de drenaje	m2					
15	Ahuellamientos	m2					
16	Desformacion por empuje	m2					
17	Grietas de deslizamiento	m2					
18	Hinchamiento	m2					
19	Disgregacion y desintegracion	m2					

Cálculo del “Máximo Valor Deducido Corregido”, CDV. Determina mediante el siguiente proceso iterativo:

Determine el número de valores deducidos, q , mayores que 2.0. Determine el “Valor Deducido Total” sumando TODOS los valores deducidos individuales.

Determine el CDV con q y el “Valor Deducido Total” en la curva de corrección pertinente al tipo de pavimento que se muestra en el ANEXO A.

Reduzca a 2.0 el menor de los “Valores Deducidos” individuales que sea mayor que 2.0 y repita las etapas 3.a. a 3.c. hasta que q sea igual a 1.

Calcule el PCI de la unidad restando de 100 el máximo CDV.

CALCULO DEL PCI									
#	VALORES DEDUCIDOS						TOTAL	q	CVD
1	20.8	12.9	11.9	11.5	5.5		62.6	5	30.5
2	20.8	12.9	11.9	11.5	2		59.1	4	32
3	20.8	12.9	11.9	2	2		49.6	3	31
4	20.8	12.9	2	2	2		39.7	2	30
5	20.8	2	2	2	2		28.8	1	28.8

ESQUEMA:	VALOR TOTAL DE DEDUCCIÓN	62.60	
	MÁXIMO VALOR DE DEDUCCIÓN CORREGIDO	VDC =	32.00
	PCI = 100 - VDC PCI = 100 - 32 = 68	PCI =	68.00
ESTADO DEL PAVIMENTO: BUENO			

TRAMO DE EVALUACIÓN		CARRIL	ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO	CONDICIÓN DEL PAVIMENTO
Nº	PROGRESIVA		P.C.I. CALCULADO	
1	0+000 - 0+032	D,I	73.0	MUY BUENO
2	0+032 - 0+064	D,I	60.0	BUENO
3	0+064 - 0+096	D,I	73.0	MUY BUENO
4	0+096 - 0+128	D,I	70.0	MUY BUENO
5	0+128 - 0+160	D,I	67.0	BUENO
6	0+160 - 0+192	D,I	67.0	BUENO
7	0+192 - 0+224	D,I	66.0	BUENO
8	0+224 - 0+256	D,I	69.0	BUENO
9	0+256 - 0+288	D,I	71.0	MUY BUENO
10	0+288 - 0+320	D,I	71.0	MUY BUENO
11	0+320 - 0+352	D,I	77.0	MUY BUENO
12	0+352 - 0+384	D,I	74.0	MUY BUENO
13	0+384 - 0+416	D,I	71.0	MUY BUENO
14	0+416 - 0+448	D,I	64.0	BUENO
15	0+448 - 0+480	D,I	40.0	REGULAR
16	0+480 - 0+512	D,I	60.0	BUENO
17	0+512 - 0+544	D,I	70.0	MUY BUENO
18	0+544 - 0+576	D,I	74.0	MUY BUENO
19	0+576 - 0+608	D,I	72.0	MUY BUENO
20	0+608 - 0+640	D,I	52.0	REGULAR
21	0+640 - 0+672	D,I	59.0	BUENO
22	0+672 - 0+704	D,I	72.0	MUY BUENO
23	0+704 - 0+736	D,I	74.0	MUY BUENO
24	0+736 - 0+768	D,I	81.0	MUY BUENO
25	0+768 - 0+800	D,I	71.0	MUY BUENO
26	0+800 - 0+832	D,I	55.0	BUENO
27	0+832 - 0+864	D,I	65.0	BUENO
28	0+864 - 0+896	D,I	73.0	MUY BUENO
29	0+896 - 0+928	D,I	78.0	MUY BUENO
30	0+928 - 0+960	D,I	72.0	MUY BUENO
31	0+960 - 0+992	D,I	80.0	MUY BUENO
32	0+992 - 1+024	D,I	70.0	MUY BUENO
33	1+024 - 1+056	D,I	70.0	MUY BUENO
34	1+056 - 1+088	D,I	78.0	MUY BUENO
35	1+088 - 1+120	D,I	71.0	MUY BUENO
36	1+120 - 1+152	D,I	70.0	MUY BUENO
37	1+152 - 1+184	D,I	81.0	MUY BUENO
38	1+184 - 1+216	D,I	72.0	MUY BUENO
39	1+216 - 1+248	D,I	67.0	BUENO
40	1+248 - 1+280	D,I	76.0	MUY BUENO
41	1+280 - 1+312	D,I	76.0	MUY BUENO
42	1+312 - 1+344	D,I	64.0	BUENO
43	1+344 - 1+376	D,I	67.0	BUENO
44	1+376 - 1+408	D,I	74.0	MUY BUENO

TRAMO DE EVALUACIÓN		CARRIL	ÍNDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO	CONDICIÓN DEL PAVIMENTO
Nº	PROGRESIVA		P.C.I. CALCULADO	
45	1+408 - 1+440	D,I	72.0	MUY BUENO
46	1+440 - 1+472	D,I	61.0	BUENO
47	1+472 - 1+504	D,I	80.0	MUY BUENO
48	1+504 - 1+536	D,I	72.0	MUY BUENO
49	1+536 - 1+568	D,I	84.0	MUY BUENO
50	1+568 - 1+600	D,I	72.0	MUY BUENO
51	1+600 - 1+632	D,I	73.0	MUY BUENO
52	1+632 - 1+664	D,I	64.0	BUENO
53	1+664 - 1+696	D,I	66.0	BUENO
54	1+696 - 1+728	D,I	67.0	BUENO
55	1+728 - 1+760	D,I	59.0	BUENO
56	1+760 - 1+792	D,I	63.0	BUENO
57	1+792 - 1+824	D,I	68.0	BUENO
58	1+824 - 1+856	D,I	65.0	BUENO
59	1+856 - 1+888	D,I	36.0	MALO
60	1+888 - 1+920	D,I	75.0	MUY BUENO
61	1+920 - 1+952	D,I	68.0	BUENO
62	1+952 - 1+984	D,I	59.0	BUENO
63	1+984 - 2+016	D,I	57.0	BUENO
64	2+016 - 2+048	D,I	73.0	MUY BUENO
65	2+048 - 2+080	D,I	68.0	BUENO
66	2+080 - 2+112	D,I	62.0	BUENO
67	2+112 - 2+144	D,I	48.0	REGULAR
68	2+144 - 2+176	D,I	68.0	BUENO
69	2+176 - 2+208	D,I	72.0	MUY BUENO
70	2+208 - 2+240	D,I	74.0	MUY BUENO
71	2+240 - 2+272	D,I	75.0	MUY BUENO
72	2+272 - 2+304	D,I	55.0	BUENO
73	2+304 - 2+336	D,I	69.0	BUENO
74	2+336 - 2+368	D,I	68.0	BUENO
75	2+368 - 2+400	D,I	75.0	MUY BUENO
76	2+400 - 2+432	D,I	77.0	MUY BUENO
77	2+432 - 2+464	D,I	83.0	MUY BUENO
78	2+464 - 2+496	D,I	84.0	MUY BUENO
79	2+496 - 2+528	D,I	84.0	MUY BUENO
80	2+528 - 2+560	D,I	74.0	MUY BUENO
81	2+560 - 2+592	D,I	71.9	MUY BUENO
82	2+592 - 2+624	D,I	71.0	MUY BUENO
83	2+624 - 2+656	D,I	78.0	MUY BUENO
84	2+656 - 2+688	D,I	83.0	MUY BUENO
85	2+688 - 2+720	D,I	80.0	MUY BUENO
86	2+720 - 2+752	D,I	82.0	MUY BUENO
87	2+752 - 2+784	D,I	82.0	MUY BUENO
88	2+784 - 2+816	D,I	72.0	MUY BUENO
89	2+816 - 2+848	D,I	73.0	MUY BUENO
90	2+848 - 2+880	D,I	68.0	BUENO
91	2+880 - 2+912	D,I	78.0	MUY BUENO

TRAMO DE EVALUACIÓN		CARRIL	ÍNDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO	CONDICIÓN DEL PAVIMENTO
Nº	PROGRESIVA		P.C.I. CALCULADO	
92	2+912 - 2+944	D,I	77.0	MUY BUENO
93	2+944 - 2+976	D,I	77.0	MUY BUENO
94	2+976 - 3+008	D,I	73.0	MUY BUENO
95	3+008 - 3+040	D,I	0.0	PUENTE
96	3+040 - 3+072	D,I	55.0	BUENO
97	3+072 - 3+104	D,I	74.0	MUY BUENO
98	3+104 - 3+136	D,I	77.0	MUY BUENO
99	3+136 - 3+168	D,I	67.0	BUENO
100	3+168 - 3+200	D,I	52.0	REGULAR
101	3+200 - 3+232	D,I	53.0	REGULAR
102	3+232 - 3+264	D,I	64.0	BUENO
103	3+264 - 3+296	D,I	62.0	BUENO
104	3+296 - 3+328	D,I	68.0	BUENO
105	3+328 - 3+360	D,I	80.0	MUY BUENO
106	3+360 - 3+392	D,I	68.0	BUENO
107	3+392 - 3+424	D,I	55.0	BUENO
108	3+424 - 3+456	D,I	45.0	REGULAR
109	3+456 - 3+488	D,I	79.0	MUY BUENO
110	3+488 - 3+520	D,I	74.0	MUY BUENO
111	3+520 - 3+552	D,I	56.0	BUENO
112	3+552 - 3+584	D,I	61.0	BUENO
113	3+584 - 3+616	D,I	68.0	BUENO
114	3+616 - 3+648	D,I	58.0	BUENO
115	3+648 - 3+680	D,I	44.0	REGULAR
116	3+680 - 3+712	D,I	53.0	REGULAR
117	3+712 - 3+744	D,I	44.0	REGULAR
118	3+744 - 3+776	D,I	75.0	MUY BUENO
119	3+776 - 3+808	D,I	58.0	BUENO
120	3+808 - 3+840	D,I	57.0	BUENO
121	3+840 - 3+872	D,I	68.0	BUENO
122	3+872 - 3+904	D,I	62.0	BUENO
123	3+904 - 3+936	D,I	29.0	MALO
124	3+936 - 3+968	D,I	66.0	BUENO
125	3+968 - 4+000	D,I	43.0	REGULAR
126	4+000 - 4+032	D,I	55.0	BUENO
127	4+032 - 4+064	D,I	72.0	MUY BUENO
128	4+064 - 4+096	D,I	17.0	MUY MALO
129	4+096 - 4+128	D,I	28.0	MALO
130	4+128 - 4+160	D,I	45.0	REGULAR
131	4+160 - 4+192	D,I	80.0	MUY BUENO
132	4+192 - 4+224	D,I	70.0	MUY BUENO
133	4+224 - 4+256	D,I	71.0	MUY BUENO
134	4+256 - 4+288	D,I	72.0	MUY BUENO
SUMATORIA DE LOS PCI			8917.9	
PROMEDIO		PCI	67	BUENO

4.4.1. RESULTADOS DEL MÉTODO DE EVALUACIÓN PCI

Este es el resumen de los resultados obtenidos por el método de evaluación PCI.

PROGRESIVA	VALOR	CONDICION DEL PAVIMENTO
0+000 – 4+288	PCI = 67.00	BUENO

Una información más detallada se muestra en el ANEXO C, donde se encuentra una planilla con los resultados obtenidos para cada progresiva evaluada.

Este método de evaluación, nos dio como resultado la obtención del índice de condición del pavimento.

Para obtener el índice de condición del pavimento representativo de todo el tramo en estudio se promedió los PCI de cada sección.

Como se obtuvo un **PCI de 67** se puede concluir que el **ESTADO SUPERFICIAL** del pavimento flexible en la carretera “CALAMUCHITA – VALLE DE LA CONCEPCION” según el cuadro **3.1** adjuntado en el **capítulo III** es de un pavimento flexible **BUENO**.

**EVALUACIÓN SUPERFICIAL DE PAVIMENTOS FLEXIBLES
MÉTODO DE EVALUACIÓN PSI
(PRESENT SERVICE INDEX) ÍNDICE DE SERVICIABILIDAD PRESENTE**

El índice de serviciabilidad presente es un índice que está orientado mundialmente a medir el confort que brinda el camino al usuario.

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

- Deformación longitudinal
- Deformación transversal
- Fisuraciones
- Desprendimiento

CALIFICACIÓN DE LA SERVICIABILIDAD SEGÚN EL VALOR PSI

RANGO	CALIFICACIÓN
5,00 - 4,25	Excelente
4,25 - 3,5	Muy Bueno
3,50 - 2,75	Bueno
2,75 - 2,00	Regular
2,00 - 1,25	Malo
1,25 - 0,50	Muy Malo
0,50 - 0,00	Fallado

**PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO DEL PSI
COEFICIENTES 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 Parches	Valor de C2
Ausencia de grietas	1
Grietas y parches escasos	2
Fuertemente agrietado y parchado	3
Extremadamente agrietado y parchado	4
Deformación Transversal	Valor de C3
Sin deformidad ni ahuellamiento	1
Medianamente deformado y ahuellado	2
Fuertemente deformado y ahuellado	3

**DATOS OBTENIDOS DEL TRAMO “CALAMUCHITA – VALLE DE LA
CONCEPCIÓN”**

DETERMINACIÓN DE LOS COEFICIENTES C1, C2 Y C3				
PARA EL CÁLCULO DEL PSI				
TRAMO DE EVALUACIÓN	CARRIL	RUGOSIDAD LONGITUDINAL	INTENSIDAD DE GRIETAS Y PARCHES	DEFORMACIÓN TRANSVERSAL
		C1	C2	C3
0+000 - 0+032	D,I	3	2	2
0+032 - 0+064	D,I	2	2	2
0+064 - 0+096	D,I	3	2	2
0+096 - 0+128	D,I	3	2	2

Un método práctico desarrollado por los ensayos de la AASHTO para pavimentos flexibles, es la utilización de la siguiente ecuación.

$$PSI = 6.20 - 0.8 * C_1 - 0.3 * C_2 - 0.1 * C_3$$

C1, C2, C3, son apreciaciones en el terreno de la superficie del pavimento de acuerdo a la escala que se muestra en el cuadro.

DETERMINACIÓN DE LOS COEFICIENTES C1, C2 Y C3 PARA EL CÁLCULO DEL PSI					
TRAMO DE EVALUACIÓN	CARRIL	RUGOSIDAD LONGITUDINAL	INTENSIDAD DE GRIETAS Y PARCHES	DEFORMACIÓN TRANSVERSAL	ÍNDICE DE SERVICIABILIDAD PRESENTE
		C1	C2	C3	PSI
0+000 - 0+032	D,I	3	2	2	3
0+032 - 0+064	D,I	2	2	2	3.8
0+064 - 0+096	D,I	3	2	2	3
0+096 - 0+128	D,I	3	2	2	3

RESULTADOS FINAL DEL PSI

DETERMINACIÓN DE LOS COEFICIENTES C1, C2 Y C3					
PARA EL CÁLCULO DEL PSI					
TRAMO DE EVALUACIÓN	CARRIL	RUGOSIDAD LONGITUDINAL	INTENSIDAD DE GRIETAS Y PARCHES	DEFORMACIÓN TRANSVERSAL	ÍNDICE DE SERVICIABILIDAD PRESENTE
		C1	C2	C3	PSI
0+000 - 0+032	D,I	3	2	2	3
0+032 - 0+064	D,I	2	2	2	3.8
0+064 - 0+096	D,I	3	2	2	3
0+096 - 0+128	D,I	3	2	2	3
0+128 - 0+160	D,I	3	2	1	3.1
0+160 - 0+192	D,I	3	2	1	3.1
0+192 - 0+224	D,I	2	3	2	3.5
0+224 - 0+256	D,I	3	1	2	3.3
0+256 - 0+288	D,I	3	1	2	3.3
0+288 - 0+320	D,I	4	3	2	1.9
0+320 - 0+352	D,I	3	1	1	3.4
0+352 - 0+384	D,I	3	2	1	3.1
0+384 - 0+416	D,I	2	2	2	3.8
0+416 - 0+448	D,I	3	3	2	2.7
0+448 - 0+480	D,I	3	4	3	2.3
0+480 - 0+512	D,I	2	3	2	3.5
0+512 - 0+544	D,I	2	2	2	3.8
0+544 - 0+576	D,I	3	2	2	3
0+576 - 0+608	D,I	3	1	2	3.3
0+608 - 0+640	D,I	3	2	3	2.9
0+640 - 0+672	D,I	3	3	2	2.7
0+672 - 0+704	D,I	3	2	1	3.1
0+704 - 0+736	D,I	4	2	1	2.3
0+736 - 0+768	D,I	3	2	2	3
0+768 - 0+800	D,I	3	2	1	3.1
0+800 - 0+832	D,I	2	3	2	3.5
0+832 - 0+864	D,I	2	3	3	3.4
0+864 - 0+896	D,I	3	2	2	3
0+896 - 0+928	D,I	3	2	1	3.1
0+928 - 0+960	D,I	4	2	2	2.2
0+960 - 0+992	D,I	3	2	1	3.1
0+992 - 1+024	D,I	3	3	2	2.7
1+024 - 1+056	D,I	3	3	2	2.7
1+056 - 1+088	D,I	2	3	1	3.6
1+088 - 1+120	D,I	3	3	2	2.7
1+120 - 1+152	D,I	3	3	2	2.7
1+152 - 1+184	D,I	2	2	2	3.8

1+184 - 1+216	D,I	2	3	2	3.5
1+216 - 1+248	D,I	3	3	1	2.8
1+248 - 1+280	D,I	3	3	1	2.8
1+280 - 1+312	D,I	3	3	2	2.7
1+312 - 1+344	D,I	3	3	2	2.7
1+344 - 1+376	D,I	3	3	2	2.7
1+376 - 1+408	D,I	3	3	2	2.7
1+408 - 1+440	D,I	3	2	1	3.1
1+440 - 1+472	D,I	3	2	2	3
1+472 - 1+504	D,I	2	2	1	3.9
1+504 - 1+536	D,I	3	2	2	3
1+536 - 1+568	D,I	2	2	1	3.9
1+568 - 1+600	D,I	3	2	2	3
1+600 - 1+632	D,I	3	3	2	2.7
1+632 - 1+664	D,I	3	2	2	3
1+664 - 1+696	D,I	3	1	2	3.3
1+696 - 1+728	D,I	3	2	2	3
1+728 - 1+760	D,I	2	2	2	3.8
1+760 - 1+792	D,I	3	3	2	2.7
1+792 - 1+824	D,I	3	1	2	3.3
1+824 - 1+856	D,I	2	3	2	3.5
1+856 - 1+888	D,I	3	1	3	3.2
1+888 - 1+920	D,I	3	1	2	3.3
1+760 - 1+792	D,I	3	3	2	2.7
1+792 - 1+824	D,I	3	1	2	3.3
1+824 - 1+856	D,I	2	3	2	3.5
1+856 - 1+888	D,I	3	1	3	3.2
1+888 - 1+920	D,I	3	1	2	3.3
1+920 - 1+952	D,I	3	2	2	3
1+952 - 1+984	D,I	2	2	3	3.7
1+984 - 2+016	D,I	3	2	2	3
2+016 - 2+048	D,I	2	2	2	3.8
2+048 - 2+080	D,I	2	2	2	3.8
2+080 - 2+112	D,I	3	1	3	3.2
2+112 - 2+144	D,I	3	1	3	3.2
2+144 - 2+176	D,I	3	1	2	3.3
2+176 - 2+208	D,I	3	2	1	3.1
2+208 - 2+240	D,I	3	2	1	3.1
2+240 - 2+272	D,I	2	2	1	3.9
2+272 - 2+304	D,I	2	2	2	3.8
2+304 - 2+336	D,I	3	2	2	3
2+336 - 2+368	D,I	3	2	1	3.1
2+368 - 2+400	D,I	3	1	2	3.3
2+400 - 2+432	D,I	2	2	1	3.9
2+432 - 2+464	D,I	2	2	2	3.8
2+464 - 2+496	D,I	2	2	1	3.9
2+496 - 2+528	D,I	2	2	1	3.9
2+528 - 2+560	D,I	2	2	2	3.8
2+560 - 2+592	D,I	3	1	3	3.2
2+592 - 2+624	D,I	3	2	1	3.1

2+624 - 2+656	D,I	2	2	2	3.8
2+656 - 2+688	D,I	2	1	2	4.1
2+688 - 2+720	D,I	2	2	2	3.8
2+720 - 2+752	D,I	2	2	2	3.8
2+752 - 2+784	D,I	3	2	1	3.1
2+784 - 2+816	D,I	3	2	1	3.1
2+816 - 2+848	D,I	3	2	1	3.1
2+848 - 2+880	D,I	3	2	1	3.1
2+720 - 2+752	D,I	2	2	2	3.8
2+752 - 2+784	D,I	3	2	1	3.1
2+784 - 2+816	D,I	3	2	1	3.1
2+816 - 2+848	D,I	3	2	1	3.1
2+848 - 2+880	D,I	3	2	1	3.1
2+880 - 2+912	D,I	2	2	1	3.9
2+912 - 2+944	D,I	2	2	1	3.9
2+944 - 2+976	D,I	2	2	1	3.9
2+976 - 3+008	D,I	2	2	2	3.8
3+008 - 3+040	D,I				
3+040 - 3+072	D,I	3	1	1	3.4
3+072 - 3+104	D,I	3	2	1	3.1
3+104 - 3+136	D,I	3	2	1	3.1
3+136 - 3+168	D,I	3	1	1	3.4
3+168 - 3+200	D,I	3	1	2	3.3
3+200 - 3+232	D,I	3	1	2	3.3
3+232 - 3+264	D,I	2	2	2	3.8
3+264 - 3+296	D,I	3	1	2	3.3
3+296 - 3+328	D,I	2	1	2	4.1
3+328 - 3+360	D,I	2	1	2	4.1
3+360 - 3+392	D,I	3	1	2	3.3
3+392 - 3+424	D,I	3	2	2	3
3+424 - 3+456	D,I	2	3	2	3.5
3+456 - 3+488	D,I	3	2	2	3
3+488 - 3+520	D,I	2	2	2	3.8
3+520 - 3+552	D,I	2	2	3	3.7
3+552 - 3+584	D,I	3	1	2	3.3
3+584 - 3+616	D,I	3	1	2	3.3
3+616 - 3+648	D,I	3	1	3	3.2
3+648 - 3+680	D,I	3	1	3	3.2
3+680 - 3+712	D,I	2	2	3	3.7
3+712 - 3+744	D,I	3	1	3	3.2
3+744 - 3+776	D,I	3	1	3	3.2
3+776 - 3+808	D,I	3	1	3	3.2
3+808 - 3+840	D,I	3	1	3	3.2
3+680 - 3+712	D,I	2	2	3	3.7
3+712 - 3+744	D,I	3	1	3	3.2
3+744 - 3+776	D,I	3	1	3	3.2
3+776 - 3+808	D,I	3	1	3	3.2
3+808 - 3+840	D,I	3	1	3	3.2
3+840 - 3+872	D,I	4	1	2	2.5
3+872 - 3+904	D,I	2	2	3	3.7

3+904 - 3+936	D,I	3	2	3	2.9
3+936 - 3+968	D,I	3	1	3	3.2
3+968 - 4+000	D,I	3	2	3	2.9
4+000 - 4+032	D,I	4	2	3	2.1
4+032 - 4+064	D,I	4	2	2	2.2
4+064 - 4+096	D,I	4	3	3	1.8
4+096 - 4+128	D,I	4	4	3	1.5
4+128 - 4+160	D,I	3	3	3	2.6
4+160 - 4+192	D,I	3	2	2	3
4+192 - 4+224	D,I	3	1	3	3.2
4+224 - 4+256	D,I	3	1	2	3.3
4+256 - 4+288	D,I	4	2	3	2.1
SUMATORIA DE LOS PSI				426.1	
PSI PROMEDIO				3.200	

4.5.1. RESULTADOS DEL MÉTODO DE EVALUACIÓN PSI

Este es el resumen de los resultados obtenidos por el método de evaluación PSI.

PROGRESIVA	VALOR	CONDICIÓN DEL PAVIMENTO
0+000 – 4+288	PSI =3.20	BUENO

Se calculó el PSI de todas las unidades de estudio y para determinar el PSI de todo el tramo se calculó la media aritmética o valor promedio de los resultados del PSI de todas las unidades evaluadas, aplicando la ecuación 3.4. Con el valor obtenido entro al cuadro 3.4 para obtener la condición del pavimento.

En el ANEXO E se muestra los resultados mas detallados del método.

Según el cuadro “3.4” adjuntado en el **Capítulo III** de este proyecto, los rangos del PSI (Índice de Serviciabilidad Presente) el tramo total en estudio de pavimento flexible, tiene un **ESTADO SUPERFICIAL BUENO**.

4.6 MÉTODO DE EVALUACIÓN IRI (Índice de Rugosidad Internacional)

El método de evaluación IRI (Índice de Rugosidad Internacional), requiere primeramente de una nivelación, elegimos unidades de estudio de 50 metros de longitud, delta “X” para realizar la nivelación de 500 mm, que corresponde a una longitud máxima de 8000 metros, el tramo total de estudio tiene una longitud que esta en los rangos que requiere el programa IRI- Método de Mira y Nivel del software INPACO.

Se realizo la nivelación en los tramos críticos con un nivel de ingeniero en las huellas de los vehículos lado derecho e izquierdo a cada 32 cm. de longitud, luego de realizar la nivelación realizamos el trabajo de gabinete. Con la ayuda del software INPACO se pudo calcular el IRI de cada unidad de estudio y de cada huella.

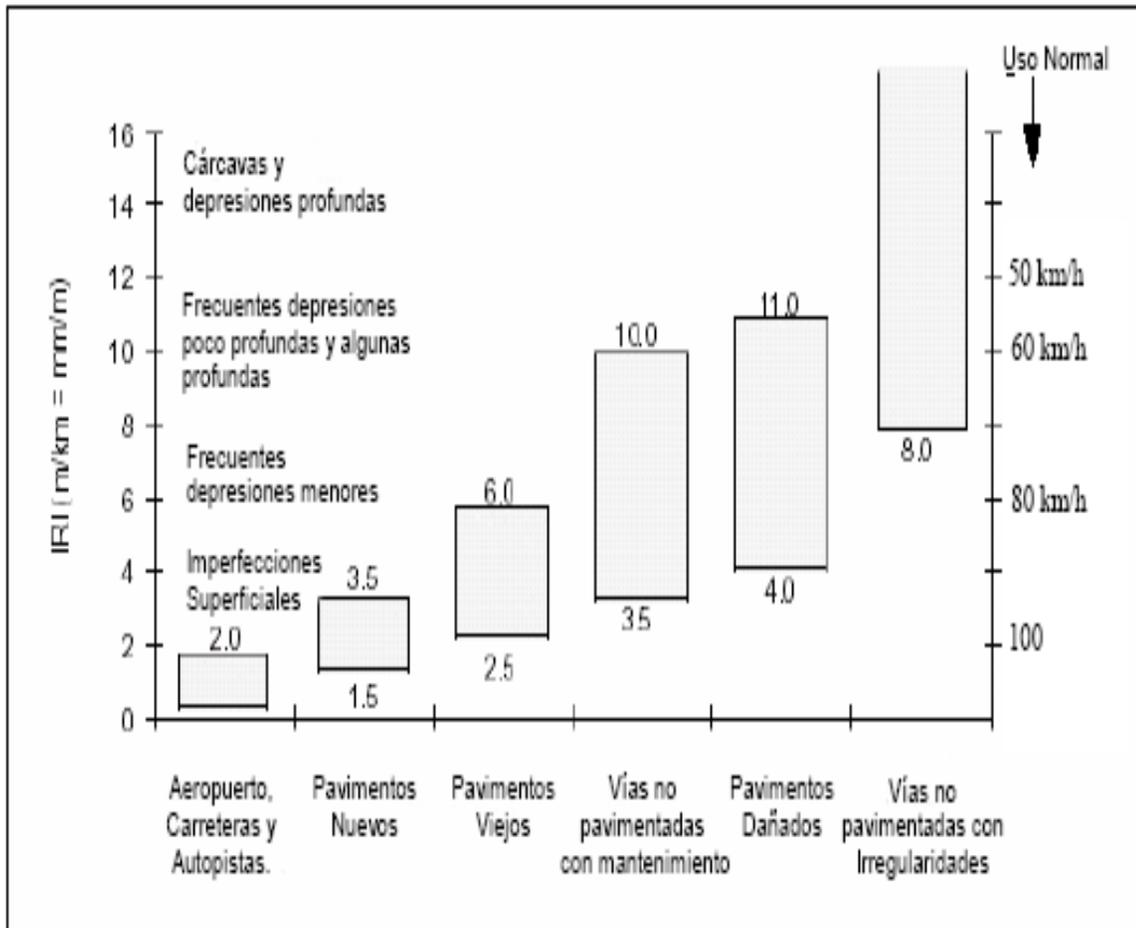


FIGURA 4.7

**EVALUACIÓN SUPERFICIAL DE PAVIMENTOS FLEXIBLES
MÉTODO DE EVALUACIÓN IRI
(INDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL)**

El IRI es un indicador estadístico de la irregularidad superficial del pavimento, al igual que otros indicadores representa la diferencia entre el perfil longitudinal teórico (recta o parábola continua perfecta, IRI = 0) Y el perfil longitudinal real existente en el instante de la medida.

ESCALA DE REGULARIDAD PARA PAVIMENTOS (IRI)



IDENTIFICACIÓN DEL TRAMO

Este módulo es el encargado de recibir las características esenciales del tramo de análisis.

Estas características son:

- Código Tramo
- Nombre del Tramo
- Abscisa Inicial y Final

La Abscisa Inicial y Final corresponde al inicio y fin del tramo, la longitud máxima del tramo depende del Delta escogido de acuerdo al cuadro

Delta (mm)	Longitud máxima (m)
50	800
100	1600
152.4	2438
166.7	2667
200	3200
250	4000
304.8	4876
333.3	5332
500	8000
609.6	9753

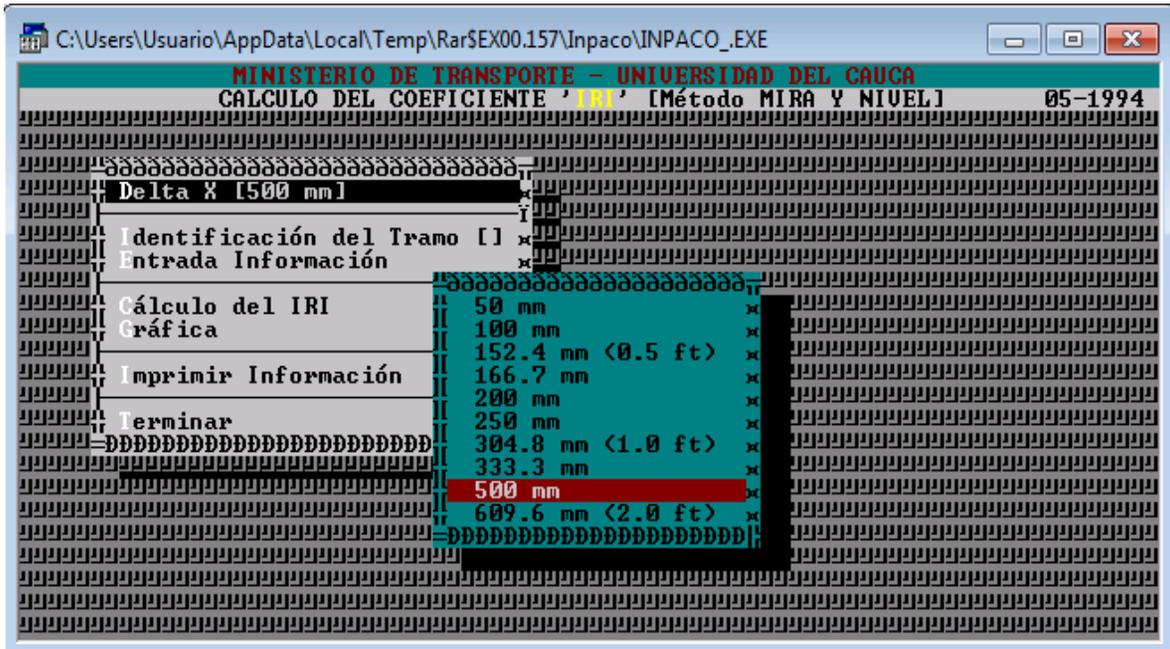
DATOS DE CAMPO

DATOS TOPOGRÁFICOS				DATOS TOPOGRÁFICOS			
PARA EL CALCULO DEL IRI				PARA EL CALCULO DEL IRI			
CARRETERA:				CARRETERA:			
Calamuchita - Valle de la Concepción				Calamuchita - Valle de la Concepción			
CARRIL: IZQUIERDO		TRAMO: 0+832		CARRIL: IZQUIERDO		TRAMO: 0+832 -	
- 0+864				0+864			
Nº	DIST.	COTA: IZQ	COTA: DER.	Nº	DIST.	COTA: IZQ	COTA: DER.
1	0.0	1700.48	1700.48	45	22.0	1699.91	1699.92
2	0.5	1700.46	1700.46	46	22.5	1699.90	1699.91
3	1.0	1700.45	1700.45	47	23.0	1699.89	1699.90
4	1.5	1700.43	1700.44	48	23.5	1699.88	1699.89
5	2.0	1700.42	1700.42	49	24.0	1699.87	1699.88
6	2.5	1700.40	1700.41	50	24.5	1699.86	1699.87
7	3.0	1700.39	1700.39	51	25.0	1699.85	1699.87
8	3.5	1700.38	1700.38	52	25.5	1699.84	1699.86
9	4.0	1700.36	1700.36	53	26.0	1699.83	1699.85
10	4.5	1700.35	1700.35	54	26.5	1699.82	1699.84
11	5.0	1700.33	1700.33	55	27.0	1699.81	1699.83
12	5.5	1700.32	1700.32	56	27.5	1699.80	1699.83
13	6.0	1700.30	1700.31	57	28.0	1699.79	1699.82
14	6.5	1700.29	1700.29	58	28.5	1699.78	1699.81
15	7.0	1700.28	1700.28	59	29.0	1699.78	1699.81
16	7.5	1700.26	1700.27	60	29.5	1699.77	1699.80
17	8.0	1700.25	1700.25	61	30.0	1699.76	1699.79
18	8.5	1700.23	1700.24	62	30.5	1699.75	1699.79
19	9.0	1700.22	1700.23	63	31.0	1699.74	1699.78
20	9.5	1700.21	1700.21	64	31.5	1699.74	1699.77
21	10.0	1700.19	1700.20	65	32.0	1699.73	1699.77
22	10.5	1700.18	1700.19				
23	11.0	1700.17	1700.17				
24	11.5	1700.15	1700.16				
25	12.0	1700.14	1700.15				
26	12.5	1700.13	1700.13				
27	13.0	1700.11	1700.12				
28	13.5	1700.10	1700.11				
29	14.0	1700.09	1700.10				
30	14.5	1700.08	1700.08				
31	15.0	1700.06	1700.07				
32	15.5	1700.05	1700.06				
33	16.0	1700.04	1700.05				
34	16.5	1700.03	1700.04				
35	17.0	1700.02	1700.02				
36	17.5	1700.01	1700.01				
37	18.0	1699.99	1700.00				
38	18.5	1699.98	1699.99				
39	19.0	1699.97	1699.98				
40	19.5	1699.96	1699.97				
41	20.0	1699.95	1699.96				
42	20.5	1699.94	1699.95				

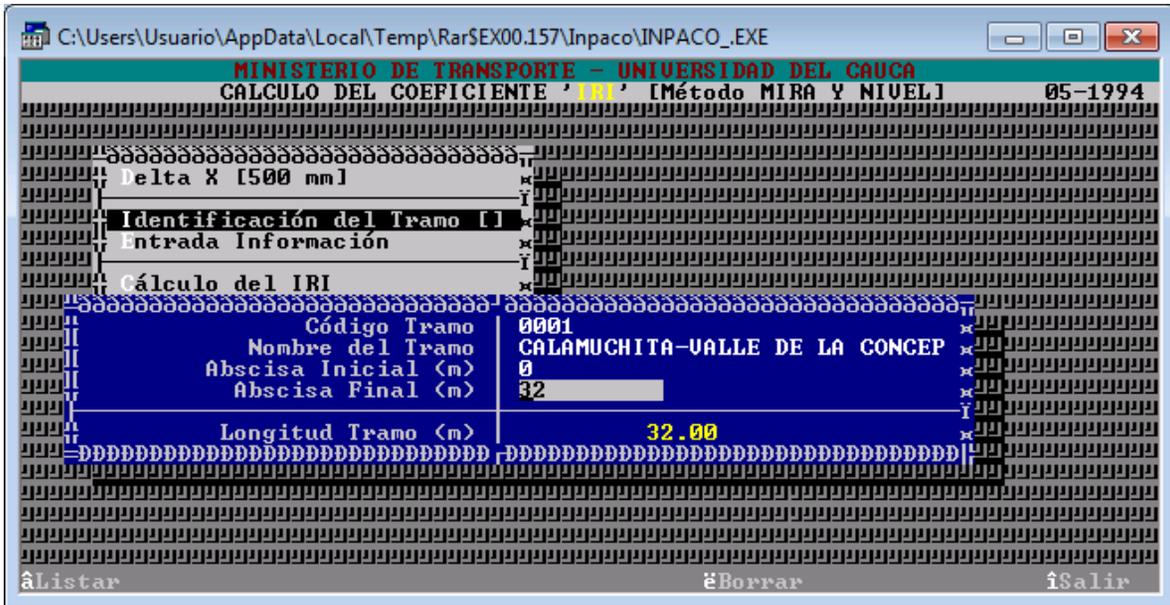
43	21.0	1699.93	1699.94
44	21.5	1699.92	1699.93

PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO

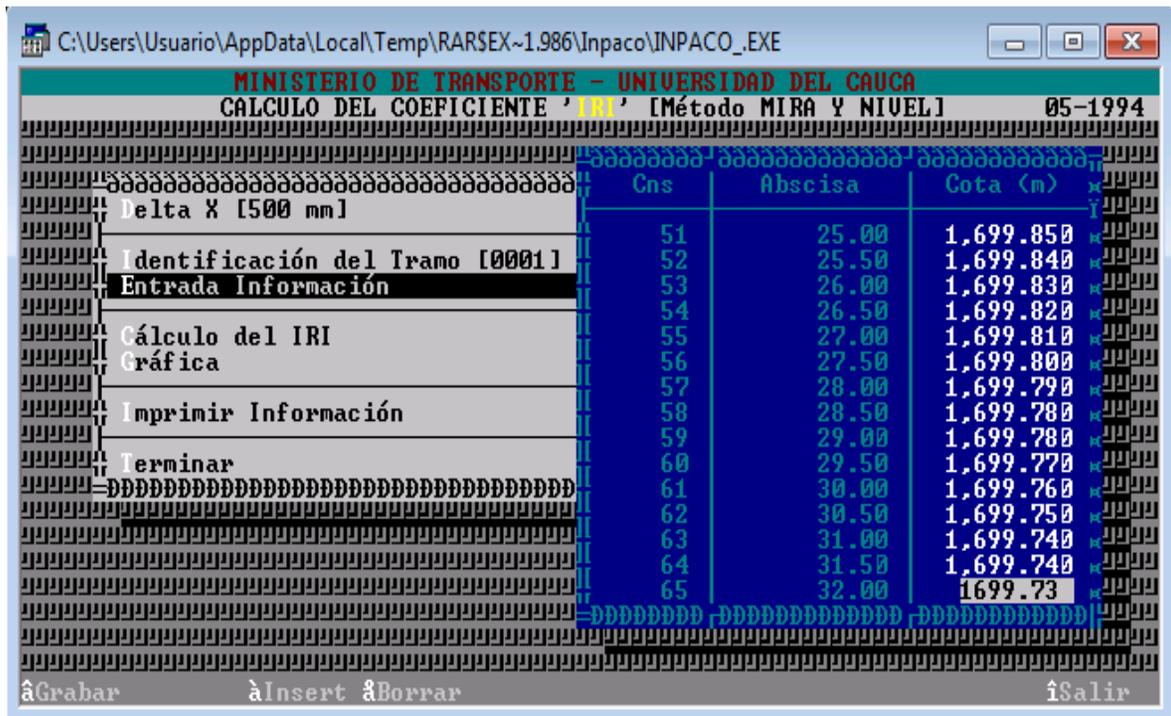
Utilización del software INPACO del Ministerio de Obras Públicas y Transporte Colombiano, para la determinación del coeficiente IRI (Índice de regularidad Internacional) que emplea el método Mira – Nivel.



IDENTIFICACIÓN DEL TRAMO

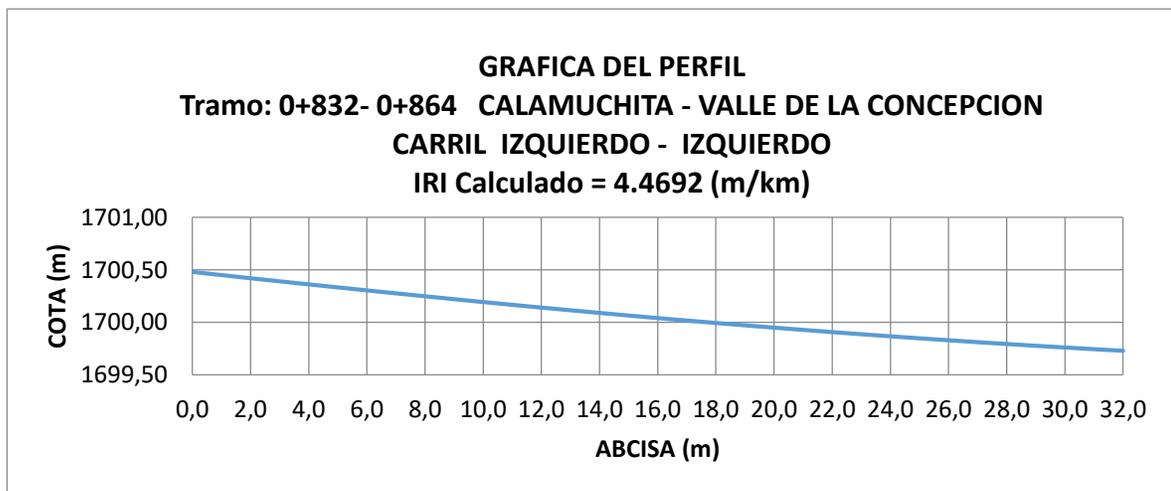


ENTRADA DE DATOS DE CAMPO



RESULTADO DEL IRI

Delta X (mm)	500.00
Número Total de Datos	65
Número de Datos Analizados	65
% de Análisis	100.0
Z1	-14.42
Z2	69.95
Z3	-7.37
Z4	-804.92
Y	-20.02
σ RSi	286.029
IRI Calculado (m/km)	4.4692



RESULTADO FINAL DEL IRI

TRAMO DE EVALUACIÓN	ÍNDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL			
	CARRIL IZQUIERDO		CARRIL DERECHO	
	HUELLA IZQUIERDA (m/km)	HUELLA DERECHA (m/km)	HUELLA IZQUIERDA (m/km)	HUELLA DERECHA (m/km)
0+384-0+416	3.6725	4.3867	3.9722	4.4314
0+448-0+480	5.3319	6.7642	5.1297	5.4932

0+672-0+704	3.0273	3.3065	3.2018	3.5724
0+832-0+864	4.4692	5.2619	5.0504	4.2201
1+152-1+184	3.0990	4.1612	3.1001	3.7824
1+504-1+536	4.1338	3.4115	4.9385	4.3383
1+856-1+888	5.6719	4.1172	4.3918	6.7703
2+208-2+240	4.1452	3.9339	3.2667	3.4212
2+560-2+592	5.6061	4.8268	5.5229	5.4053
2+880-2+912	3.3009	3.6737	3.4967	4.1190
3+296-3+328	5.1040	3.3649	4.1585	5.6918
3+648-3+680	3.4486	3.4319	3.7531	3.4060
4+096-4+128	5.5314	5.4330	5.1342	5.2548
4+192-4+224	3.1578			3.9201
PROMEDIO DEL IRI	4.2643	4.3133	4.2397	4.5590
ÍNDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL (IRI) TOTAL				4.3440

4.6.1 RESULTADOS DEL MÉTODO DE EVALUACIÓN IRI

El cuadro que se presenta a continuación muestra el resultado del IRI obtenido, este se lo obtuvo sacando el promedio de todos los IRI. (Los datos de las cotas y los perfiles longitudinales de cada huella y de cada unidad de estudio están adjuntados en el ANEXO IV).

PROGRESIVA	VALOR	CONDICIÓN DEL PAVIMENTO
0+000 – 4+288	IRI = 4.3440	Corresponde a pavimentos VIEJOS

El IRI calculado para todo el tramo en estudio es de **4.3440**, según el cuadro **3.8** adjuntado en el capítulo III de este proyecto, el pavimento “**presenta tramos con los primeros vestigios de deterioros, baches ocasionales**” (1-3 baches cada 50 m. 2% de baches), depresiones (20 a 40 mm. cada 5 m. o de 10 a 20 mm. cada 3 m.), velocidad normal de conducción 80 Km. /hr.

ALGUNAS ALTERNATIVAS EN MANTENIMIENTO DE PAVIMENTOS

PROBLEMA	TIPOS DE MANTENIMIENTO			
	SELLO DE GRIETAS A MANO	SELLO ASFALTICO	BACHEO PROFUNDO	APLICACIÓN DE ARENA
PIEL DE COCODRILO			x	
EXUDACIÓN				x
ELEVACIONES Y HUNDIMIENTOS			x	
GRIETAS DE BORDE			x	
DESNIVEL CARRIL – BERMA		x		
GRIETAS LONGITUDINALES Y TRANSVERSALES	x			
AGREGADOS PULIDOS		x		
AHUELLAMIENTO		x		
DISGREGACIÓN - DESINTEGRACIÓN		x		

TIPO DE FALLA	TOTAL DE ÁREA AFECTADA	UNIDAD	TIPO DE MANTENIMIENTO
PIEL DE COCODRILO	47.87	M2	BACHEO PROFUNDO
EXUDACIÓN	285.08	M2	APLICACIÓN DE ARENA
ELEVACIONES Y HUNDIMIENTOS	150.55	ML	BACHEO PROFUNDO
GRIETAS DE BORDE (BAJA Y MEDIA)	753.24	ML	SELLO DE GRIETAS A MANO
GRIETAS DE BORDE (ALTA)	330.21	M2	BACHEO PROFUNDO
DESNIVEL CARRIL - BERMA	1576.47	ML	SELLO ASFALTICO
GRIETAS LONGITUDINALES Y TRANSVERSALES	999.01	ML	SELLO DE GRIETAS A MANO
AGREGADOS PULIDOS	265.47	M2	SELLO ASFALTICO
AHUELLAMIENTO	796.56	M2	SELLO ASFALTICO
DISGREGACIÓN - DESINTEGRACIÓN	2574.88	M2	SELLO ASFALTICO

TIPO DE MANTENIMIENTO	ÁREA AFECTADA PARA REPARACIÓN	UNIDAD
BACHEO PROFUNDO	528.63	M2
APLICACIÓN DE ARENA	285.08	M2
SELLO DE GRIETAS A MANO	52.57	M2
SELLO ASFALTICO	5213.38	M2

COSTO DE MANTENIMIENTO

“CALAMUCHITA – VALLE DE LA CONCEPCIÓN”

TIPO DE MANTENIMIENTO	PRECIO (Bs)
PARCHEO PROFUNDO	60646.35
APLICACIÓN DE ARENA	726.954
SELLO DE GRIETAS A MANO	2745.252
SELLO ASFALTICO	76271.75
PRECIO TOTAL DEL MANTENIMIENTO	140390.31
CIENTO CUARENTA MIL TRESCIENTOS NOVENTA 31/100 BOLIVIANOS	140390.31

CAPÍTULO V
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

Una vez concluido el estudio, podemos llegar a 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 diagnóstico que nos permitan realizar la toma de decisiones y programación para el adecuado mantenimiento y conservación de las mismas.
- ✓ Una vez realizado los tres métodos de evaluación y conociendo los diferentes deterioros y fallas podemos realizar un tratamiento adecuado de mantenimiento y conservación del tramo en estudio, para que éste brinde comodidad y seguridad al conductor y a los pasajeros.

El resumen de cada método de evaluación es el siguiente:

- ✓ Este método de evaluación superficial se determino un resultado: **“PCI = 67”** de todo el tramo, lo que equivale a un índice de condición del pavimento **“BUENO”**, el pavimento de concreto asfáltico de buena calidad, tratamiento superficial muy bueno, no existe corrugación ni baches: y es necesario hacer un **“mantenimiento de rutina permanente”**.
- ✓ El Índice de Serviciabilidad Presente obtenido por este método de evaluación se determino un: **“PSI = 3.20”** lo que equivale a un Índice de Serviciabilidad Presente de **“BUENO”**, en este caso. “Pavimento de concreto asfáltico de buena calidad, tratamiento superficial bueno, no existen corrugaciones ni baches ó están muy escasos, no son detectables a simple vista”, requiere de un: **“Mantenimiento de rutina permanente”**.
- ✓ El método de evaluación superficial IRI (Índice de Rugosidad Internacional) se determino un valor promedio de: **“IRI = 4.3440 m/Km.”** en lo cual el pavimento

presenta como “pavimento viejo” y se requiere de un **“Mantenimiento de rutina permanente”**.

- ✓ De los tres métodos de evaluación que se realizo se determino que es necesario hacer un **“Mantenimiento de rutina permanente”**.
- ✓ El tipo de mantenimiento que se debe realizar es:

TIPO DE MANTENIMIENTO	PRECIO (Bs)
PARCHEO PROFUNDO	60646.35
APLICACIÓN DE ARENA	726.954
SELLO DE GRIETAS A MANO	2745.252
SELLO ASFALTICO	76271.75
PRECIO TOTAL DEL MANTENIMIENTO	140390.31
CIENTO CUARENTA MIL TRECIENTOS NOVENTA 31/100 BOLIVIANOS	140390.31

- ✓ Para el mantenimiento de rutina permanente va tener un costo de **140390.31 “CIENTO CUARENTA MIL TRECIENTOS NOVENTA 31/100 BOLIVIANOS”**.

5.2.- RECOMENDACIONES

- ✓ Una vez realizado los tres métodos de estudio, el más recomendable para su utilización es el método IRI, ya que en su realización se tiene contacto directo con la superficie del pavimento, por la nivelación que se realiza en las huellas izquierda y derecha que dejan los vehículos en la vía.
- ✓ Los tres métodos de evaluación superficial son importantes, para obtener resultados confiables debe seguirse la metodología de cada método al pie de la letra para así poder obtener resultados confiables y seguros.
- ✓ Conociendo las fallas o deterioros que se presentan en la superficie del pavimento, se debe realizar un **“mantenimiento de rutina permanente”**. 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.
- ✓ Para obtener resultados confiables de una evaluación superficial se debe seguir las instrucciones de este documento tomando en cuenta las condiciones del lugar donde se llevará a cabo dicha evaluación.