

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**



**“ DESARROLLO DE UN SISTEMA DE GESTIÓN  
DE PAVIMENTOS PARA EL MUNICIPIO DE  
SANTA TECLA ”**

**PRESENTADO POR:  
RICARDO ERNESTO FLORES ESCOTO**

**PARA OPTAR AL TÍTULO DE:  
INGENIERO CIVIL**

**CIUDAD UNIVERSITARIA, OCTUBRE DE 2008**

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**

**RECTOR :**  
**MSc. RUFINO ANTONIO QUEZADA SÁNCHEZ**

**SECRETARIO GENERAL:**  
**LIC. DOUGLAS VLADIMIR ALFARO CHÁVEZ**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**

**DECANO :**  
**ING. MARIO ROBERTO NIETO LOVO**

**SECRETARIO :**  
**ING. OSCAR EDUARDO MARROQUÍN HERNÁNDEZ**

**ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL**

**DIRECTOR :**  
**MSc. ING. FREDY FABRICIO ORELLANA CALDERÓN**

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**

Trabajo de Graduación previo a la opción al Grado de:  
**INGENIERO CIVIL**

Título:

**“ DESARROLLO DE UN SISTEMA DE GESTIÓN  
DE PAVIMENTOS PARA EL MUNICIPIO DE  
SANTA TECLA ”**

Presentado por:

**Ricardo Ernesto Flores Escoto**

Trabajo de Graduación Aprobado por:

Docentes Directores:

**Ing. Mauricio Ernesto Valencia**

**Ing. Jorge Oswaldo Rivera Flores**

San Salvador, Octubre de 2008

Trabajo de Graduación Aprobado por:

Docentes Directores:

**ING. MAURICIO ERNESTO VALENCIA**

**ING. JORGE OSWALDO RIVERA FLORES**

## DEDICATORIA

**A DIOS TODOPODEROSO:** Por darme vida, salud, fortaleza y sabiduría para afrontar los obstáculos, y ahora para culminar mis estudios universitarios.

**A MI MADRE:** Ana Victoria Escoto, por ser padre y madre, por su apoyo, esfuerzos y sacrificios para formar una persona de bien; este logro es la cosecha de lo que ha sembrado en mi.

**A MI ABUELA:** Julia de los Ángeles Osorio, por ser mi segunda madre y forjadora de la persona que ahora soy.

**A MI NOVIA:** Karen Lissette Araya, por ser mi gran soporte y brindarme todo su apoyo, paciencia, confianza y compañía en el desarrollo de este trabajo, para mi has sido mi compañera en la realización de este trabajo.

**A MIS HERMANOS:** Oscar y Cesar Flores, por estar siempre pendiente de mí, animándome para seguir adelante luchando por mis propósitos.

**A LA FAMILIA DE KAREN:** Por ser grandes amigas, y brindarme su gran ayuda para poder realizar este trabajo.

**A MIS ASESORES:** Por ser mis mejores maestros, sus observaciones fueron recibidas con mucha estima y considerándolas como consejos para mejorar.

**RICARDO ERNESTO FLORES**

## **AGRADECIMIENTOS ESPECIALES:**

### **A MIS ASESORES:**

Quiero expresar mis profundos agradecimientos, por su guía, paciencia, dedicación, esmero, amistad y comprensión en la realización satisfactoria de este trabajo de graduación.

### **AL ING. PABLO HILLAR:**

Por viajar desde Argentina para ser un maestro desinteresado y con una gran vocación de ayuda.

### **AL ARQ. JOSUÉ GUTIÉRREZ:**

Por ser mi enlace con la Alcaldía, además de brindarnos importante información sobre la Red vial y siempre estar pendiente de nuestro avance.

### **A LA ALCALDÍA MUNICIPAL DE SANTA TECLA**

Por permitirme y facilitarme la elaboración del Trabajo de Graduación y otorgarme el acceso a la información histórica de la Red Vial de Santa Tecla.

### **AL ING. FRANK DOWE:**

Por facilitarme los medios para realizar la auscultación con la Viga Benkelman.

### **AL ING. CARLOS MATA:**

Por ofrecerme desinteresadamente información sobre los métodos de mantenimiento utilizados en el país.

# ÍNDICE

<b>INTRODUCCION .....</b>	<b>xi</b>
---------------------------	-----------

## **CAPITULO I:           GENERALIDADES**

<b>1.1 ANTECEDENTES .....</b>	<b>2</b>
-------------------------------	----------

1.1.1 DESARROLLO DE LA PAVIMENTACION EN EL SALVADOR .....	6
---	---

1.1.2 DESARROLLO Y CONSERVACION DE CARRETERAS .....	7
---	---

1.1.3 DESARROLLO Y CONSERVACION DE LAS CARRETERAS EN EL SALVADOR .....	9
--	---

<b>1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....</b>	<b>11</b>
---	-----------

<b>1.3 OBJETIVOS .....</b>	<b>13</b>
----------------------------	-----------

1.3.1 OBJETIVO GENERAL .....	13
------------------------------	----

1.3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	13
----------------------------------	----

<b>1.4 ALCANCES Y LIMITACIONES .....</b>	<b>14</b>
--	-----------

1.4.1 ALCANCES .....	14
----------------------	----

1.4.2 LIMITACIONES .....	14
--------------------------	----

<b>1.5 JUSTIFICACION .....</b>	<b>15</b>
--------------------------------	-----------

## **CAPITULO II:           GENERALIDADES DE LOS SISTEMAS DE GESTION DE PAVIMENTOS**

<b>2.1 GENERALIDADES SOBRE PAVIMENTOS .....</b>	<b>17</b>
---	-----------

2.1.1 DEFINICION ACTUAL DE PAVIMENTO.....	17
---	----

2.1.2 ELEMENTOS QUE CONFORMAN LA ESTRUCTURA DE UN PAVIMENTO .....	17
2.1.3 FUNCIONES DE LOS PAVIMENTOS .....	22
2.1.4 TIPOS DE PAVIMENTOS .....	24
2.1.5 COMPORTAMIENTO DE LOS PAVIMENTOS.....	31
<b>2.2 GESTION DE PAVIMENTOS.....</b>	<b>34</b>
2.2.1 NIVELES DE LA GESTION DE PAVIMENTOS.....	37
2.2.2 ESTRUCTURA TIPICA DE UN SISTEMA DE GESTION DE PAVIMENTOS (SGP).....	40
<b>2.3 CONSERVACION DEL PAVIMENTO .....</b>	<b>43</b>
2.3.1 MANTENIMIENTO RUTINARIO .....	44
2.3.2 MANTENIMIENTO PERIODICO.....	45
2.3.3 REFUERZO Y REHABILITACION DE LOS PAVIMENTOS .....	46
<b>2.4 NIVEL DE SERVICIABILIDAD.....</b>	<b>47</b>
<b>2.5 DETERIOROS DE LOS PAVIMENTOS.....</b>	<b>48</b>
<b>2.6 EVALUACION TÉCNICO-ECONÓMICA DE LOS PAVIMENTOS .....</b>	<b>51</b>
2.6.1 EVALUACION TÉCNICA.....	51
2.6.2 EVALUACION ECONÓMICA .....	52
 <b>CAPITULO III: EVALUACION TÉCNICO-ECONÓMICA</b>	
<b>DE LOS PAVIMENTOS</b>	
<b>3.1 EVALUACION TECNICA DE PAVIMENTOS .....</b>	<b>57</b>
3.1.1 INTRODUCCION .....	57
3.1.2 DESCRIPCION ACTUAL DEL ESTADO.....	58

<b>3.2 REQUERIMIENTOS DE INFORMACION .....</b>	<b>59</b>
3.2.1 CLASES DE DATOS UTILIZADOS .....	59
3.2.2 REQUERIMIENTOS DE DATOS DE INVENTARIO .....	64
3.2.3 IDENTIFICACION DE TRAMOS Y SECCIONES.....	64
<b>3.3 SOLICITACIONES DE TRANSITO.....</b>	<b>72</b>
3.3.1 EFECTOS DE LAS CARGAS EN LOS PAVIMENTOS .....	73
3.3.2 CARACTERISTICAS DEL TRANSITO.....	74
<b>3.4 SOLICITACIONES DE MEDIO AMBIENTE .....</b>	<b>82</b>
3.4.1 EFECTOS DE LA TEMPERATURA .....	82
3.4.2 EFECTOS DE LA HUMEDAD (PRECIPITACIONES).....	82
<b>3.5 DETERIORO SUPERFICIAL .....</b>	<b>84</b>
3.5.1 DETERIORO EN PAVIMENTO .....	85
3.5.2 INDICE DE CONDICION DE PAVIMENTOS.....	85
3.5.3 RESULTADOS .....	90
<b>3.6 EVALUACION ESTRUCTURAL .....</b>	<b>127</b>
3.6.1 METODOS DE EVALUACION ESTRUCTURAL .....	128
3.6.2 VIGA BENKELMAN.....	130
3.6.3 RESULTADOS .....	135
3.6.4 RETROCALCULO.....	141
<b>3.7 MODELOS DE DETERIORO DE PAVIMENTO .....</b>	<b>148</b>
3.7.1 MODELOS DE DETERIORO DE PAVIMENTOS ASFALTICOS .....	149
3.7.2 CALIBRACION DE MODELOS DE DETERIORO .....	150
3.7.3 METODOLOGIA DE CALIBRACION DE LOS MODELOS DE DETERIORO DE HDM-III	153

<b>3.8 TECNICAS DE CONSERVACION DE PAVIMENTOS .....</b>	<b>166</b>
3.7.1 TRATAMIENTOS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO.....	168
3.7.2 ESTANDARES DE MANTENIMIENTO .....	172
<b>3.9 EVALUACION ECONOMICA .....</b>	<b>173</b>
3.9.1 COSTOS DE OPERACIÓN VEHICULAR .....	173
3.9.2 PARAMETROS DE LA EVALUACION ECONOMICA .....	175
<b>CAPITULO IV:            SISTEMA DE GESTION DE PAVIMENTOS</b>	
<b>                              “SGP-ST”</b>	
<b>4.1 SISTEMAS DE GESTION DE PAVIMENTOS.....</b>	<b>177</b>
4.1.1 GENERACION DEL SISTEMA DE GESTION DE PAVIMENTOS .....	177
<b>4.2 SISTEMA DE GESTION DE PAVIMENTOS DE SANTA TECLA “SGP-ST” ...</b>	<b>179</b>
4.2.1 PROGRAMACION DE ACTIVIDADES RUTINARIAS .....	179
4.2.2 PROGRAMACION DE ACTIVIDADES PERIODICAS Y REHABILITACIONES.....	180
<b>CAPITULO V:            CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	
<b>5.1 CONCLUSIONES.....</b>	<b>216</b>
<b>5.2 RECOMENDACIONES.....</b>	<b>218</b>
<b>BIBLIOGRAFIA .....</b>	<b>220</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>222</b>

## INTRODUCCIÓN

Los recursos que un país ha invertido en la construcción de infraestructura han sido, a lo largo del tiempo, de tal magnitud que conviene reflexionar sobre la conservación de ese patrimonio que tanto costó. En muchos casos esta infraestructura ya reportó los beneficios esperados, pero sigue siendo un vector importante del desarrollo; en otros casos se encuentra en vías de lograrlo; lo cierto es que ambos casos deberán ser atendidos por actividades de conservación que prolonguen o mantengan su vida de servicio con calidad. Para esto se requieren programas de inversión que distraen las asignaciones de los limitados recursos para promover la construcción de nuevas infraestructuras.

Un país que está en vías de desarrollo, está en medio de un proceso en el que se encuentra con la disyuntiva de invertir para conservar y preservar lo existente o bien, destinar sus recursos para construir la infraestructura con miras a procurar otro nivel superior de desarrollo.

El problema pudiera resolverse de forma inteligente, combinando los recursos existentes para buscar la efectividad y eficiencia de los planes de desarrollo. Sin embargo, esta intención encuentra otros intereses ajenos al objetivo primordial, y que influyen, con mucho peso, en la toma de decisiones sobre los programas de inversión. Estos intereses tienen que ver con los enfoques de los diferentes miembros de la sociedad, dentro de los cuales se encuentran los gobernantes, los políticos y los propios técnicos del sector.

A un gobernante le interesa invertir a corto plazo construyendo más infraestructura, porque le da mayor rentabilidad ante la sociedad; un legislador, que en principio busca el bien de la sociedad

como los demás, quiere imponer su propia forma de hacer las cosas por filosofía, principios o doctrinas de partido; los técnicos del sector prefieren construir y ser creadores de algo nuevo, que conservar lo existente; mientras que la sociedad espera ver resultados que se reflejen en una mayor calidad de vida.

Este problema ha encontrado soluciones en muchos países mediante formas de trabajo que ayudan a la toma de decisiones con una filosofía de crecimiento sustentable y que al ser objetivas ayudarán al cambio de mentalidad por otras que convengan a todos, con miras a la mejor administración de los recursos y mejoramiento de la calidad de vida. Estas formas de trabajo se refieren al denominado “Sistema de Gestión de Pavimentos”, que es estudiado y aplicado con buenos resultados.

# CAPITULO I



## “GENERALIDADES”

## 1.1. ANTECEDENTES

El hombre a través del tiempo siempre ha necesitado desplazarse y transportar cargas de un lugar a otro, superando para ello muchos eventos y obstáculos naturales; como por ejemplo: lluvias, inundaciones, ríos, valles, montañas, etc.

Aún antes de la invención de la rueda, la que se supone ocurrió hace unos diez mil años, es indudable que hubo movimientos individuales y en masa; muchas de las migraciones en los primeros períodos históricos involucraron gran número de personas y se cubrieron relativamente grandes distancias. Inicialmente, los viajes se realizaban a pié o en animales de carga, lo que llevó al desarrollo de rutas más o menos regulares que se extendieron hasta los límites del mundo conocido, este continuo tránsito por los caminos sirvió para compactar el terreno, constituyéndose como el primer paso en la evolución de los pavimentos.

Con el transcurso del tiempo y la aparición de la rueda, fue necesario crear una capa de rodadura más resistente que permitiera la circulación de vehículos de tracción animal en cualquier época del año y bajo condiciones adversas. Se cree que los primeros caminos pavimentados surgieron en Mesopotamia hace unos 5500 años, posteriormente los pueblos Asirio y Egipcio construyeron una ruta entre Asia y Egipto alrededor del año 3500 A.C. Los Cartagineses por su parte construyeron un sistema de caminos de piedra a lo largo de la costa sur del Mediterráneo por el año 500 A.C.

Según el historiador griego Heródoto (484-425 A.C.), los primeros caminos de piedra fueron construidos en Egipto durante el reinado de Keops, y sirvieron para transportar los inmensos bloques de piedra que se utilizaron en la construcción de las pirámides.

Como puede verse, el desarrollo de las grandes civilizaciones estuvo fuertemente ligado a la facilidad con que sus habitantes podían comunicarse unos con otros y establecer relaciones económico-sociales. Además, el mejoramiento sostenido de sus caminos significó durante mucho tiempo el dominio de sus territorios y la posibilidad de expandirse cada vez más.

Los romanos por ejemplo, se destacaron por la calidad de sus caminos, los cuales se consideran como los primeros construidos científicamente, gracias al desarrollo de técnicas sumamente efectivas para la estabilización de los suelos, llegando hasta la construcción de capas de rodaje conformadas por piedras labradas pegadas entre sí mediante la utilización de mortero de cemento natural. Con éstos métodos se lograron mantener en buen estado los caminos hasta la edad media, cuando cayeron en desuso debido a su alto costo. Algunos de los caminos construidos con dichas técnicas aún pueden apreciarse, como es el caso de la famosa Vía Apia que iba de Roma a Hidruntum y cuya construcción se inició en el año 312 A.C. Por otra parte, en el continente Americano las civilizaciones Maya, Tolteca, Azteca e Inca desarrollaron también una avanzada técnica de construcción de caminos en sus territorios.

Los mayas construyeron los llamados Caminos Blancos, formados con terraplenes de uno y dos metros de elevación que eran cubiertos con una superficie de piedra caliza, y cuyos vestigios aún se encuentran en Yucatán, México. La capital azteca según las crónicas españolas estaba situada al centro de un lago y se comunicaba con tierra firme por medio de grandes calzadas.

Con el paso del tiempo, las actividades del ser humano se fueron diversificando y volviéndose más complejas; lo que obligó a mantener un estudio constante para el mejoramiento de las

técnicas de construcción de caminos y carreteras, ya que estas obras fueron cada vez mayormente exigidas desde el punto de vista estructural y funcional, representando un reto diario para los Ingenieros de carreteras el lograr mejores vías con los recursos económicos, humanos y tecnológicos disponibles.

En Inglaterra a la par de la era Napoleónica, Thomas Telford y John L. McAdam, desarrollaron técnicas parecidas para la construcción de caminos. McAdam(1756 – 1836) formuló las primeras consideraciones acerca de la importancia del drenaje para conservar la estructura del pavimento, así como de la combinación de agregados de diferentes tamaños para mejorar la capacidad de transmisión de las cargas en las bases granulares. Como base para los caminos, McAdam utilizaba una piedra más pequeña que la utilizada por Telford, lo cual se constituyó como el principio fundamental para los pavimentos y bases de macadam.

Alrededor del año 1800, con la llegada de los automóviles y los neumáticos, el empedrado dejó de ser una opción viable desde los puntos de vista estructural y funcional, así como también de seguridad, debido a que se acrecentaron las fuerzas horizontales provocadas por el arranque, la aceleración y el frenado de los vehículos, de igual manera sucedió con el fenómeno de succión que degradaba rápidamente la superficie de las vías.

Como alternativa surgieron los pavimentos adoquinados, sin embargo, el auge automotriz demandaba grandes cantidades de adoquines para pavimentar y al no dar abasto se tuvo la necesidad de buscar nuevas técnicas, llegando hasta el pavimento actual; el cual necesita de la utilización de materiales ligantes como el asfalto o el cemento Portland.

La primera aplicación de asfalto en la construcción de vías para tránsito de vehículos se remonta a 1852, en la carretera que une a París con Perpignan, y dos años después se utilizó el primer sistema para compactar el concreto asfáltico.

La construcción moderna de caminos se inició en 1869 en Estados Unidos, donde se usó por primera vez una máquina que permitía una compactación más rápida, fácil y de mejor calidad que con el método manual. En 1870 se construyó un pavimento asfáltico en Newark, al año siguiente se construyó en Washington un pavimento compuesto de roca triturada, arena, alquitrán y aceite de creosota. Los pavimentos de concreto de cemento Portland se desarrollaron a partir de 1865 en Inverness (Escocia), posteriormente en 1866 y 1872 se llevaron a cabo trabajos de pavimentación en Edimburgo (Escocia).

En América, la primera experiencia en la construcción de pavimentos de concreto se remonta a 1891 cuando en Bellfontaine (Ohio – Estados Unidos), se construyó una franja de 80 mt. de largo y 2.4 mt. de ancho que aún hoy subsiste. Dos años después se construyó allí mismo el primer pavimento con el ancho de una vía, siendo éste la primera muestra de los que conocemos hoy en día.

El tratamiento de suelos naturales con cemento (suelo – cemento) en el uso de vías se empezó a desarrollar a partir de 1930. En los Estados Unidos se construyeron bases mejoradas, que eran poco sensibles a las condiciones climáticas y facilitaban la construcción de las capas superiores en vías de moderado y alto tráfico. A partir de 1933, se inicia realmente la era industrial de los pavimentos de concreto, fenómeno que se dio primero en Alemania, como una lucha contra el desempleo y a la vez para permitir el desplazamiento rápido y seguro de las unidades militares.

### 1.1.1. DESARROLLO DE LA PAVIMENTACIÓN EN EL SALVADOR

El inicio de las carreteras en nuestro país se dio a partir de la fundación de la Villa de San Salvador en 1528, con lo cual fueron trazadas las calles, plazas e iglesias. En aquellos días las calles eran únicamente de tierra, y sólo las principales eran reforzadas con piedras debido a que el transporte utilizado eran los carretones y los caballos.

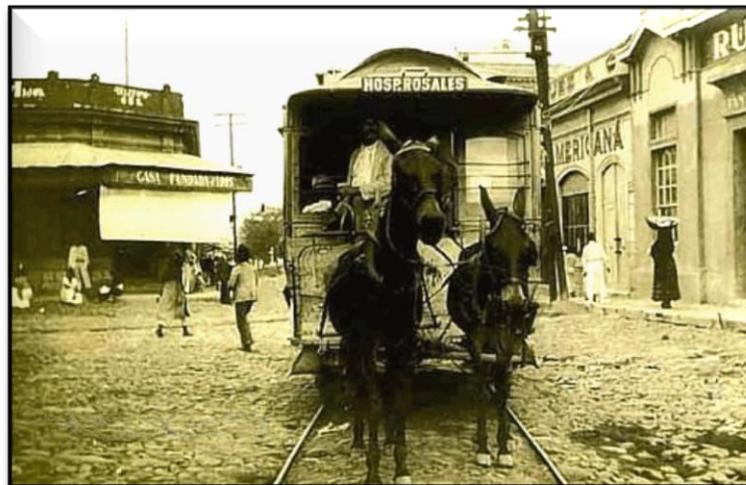


FIGURA 1.01

CALLE EMPEDRADA EN SAN SALVADOR A PRINCIPIOS DEL SIGLO XX

Los trabajos de pavimentación en la red vial de San Salvador comenzaron en 1912 por parte de la firma inglesa S. Pearson & Sons, pero estos fueron interrumpidos debido a la primera guerra mundial y a la falta de fondos. Con la llegada del automóvil alrededor del año 1915, y poco después del camión y del autobús, se motivaron las primeras mejoras significativas de las arterias y fue así como en 1916 se construyó la que se considera la primera carretera de nuestro país, siendo la que de San Salvador conduce al Puerto de La Libertad, posteriormente se construye la Carretera Panamericana.

A partir de 1920 partes del centro de San Salvador se pavimentaron con asfalto y otras utilizando concreto. Luego, entre los años de 1921 y 1928 se dio un gran avance en la construcción de pavimentos, tanto del tipo asfáltico como de concreto hidráulico.

En el año 1930 se construye la carretera Troncal del Norte, que parte desde San Salvador y conduce a la frontera con Honduras, nueve años más tarde se construye la Ruta Militar, que de San Miguel conduce a Santa Rosa de Lima, pasando por El Divisadero y uniendo la carretera Panamericana.

Las carreteras construidas tenían como período de diseño 20 años, y la mayoría contaban con una superficie de tierra o empedrados, luego se incorporó el macadam, que en la actualidad ha sido reemplazado por el concreto asfáltico, mezclas en frío y concreto hidráulico.

### **1.1.2. DESARROLLO Y CONSERVACIÓN DE LAS CARRETERAS**

La red de carreteras de un país forma la espina dorsal de su economía y representan una inversión enorme en millones de dólares, que permite el movimiento seguro y eficiente de la gente y de mercancías. Las decisiones económicamente factibles y técnicas sanas sobre diseño, la construcción, el mantenimiento, la rehabilitación, y la reconstrucción de los pavimentos de la carretera son cruciales para preservar la red de la carretera en condiciones aceptables.

Las primeras prácticas de la construcción y de mantenimiento del pavimento se efectuaron en la era Pre-cristiana; fueron establecidas primero por los romanos que construyeron una red de caminos impresionantes a través de Europa y el Oriente Medio sobre todo para los militares y el uso comercial.

Por muchos centenares de años, la tecnología de la red del pavimento del camino no mejoró hasta los pavimentos pioneros construidos a finales del siglo XVI y comienzos del siglo XVII, para los reyes franceses y británicos. La invención del vehículo de motor condujo al diseño y construcción moderna del pavimento de la carretera a fines del siglo XIX.

Históricamente, el diseño y la construcción de pavimentos se han basado en especificaciones metódicas, y las funciones del mantenimiento fueron tratadas sobre todo sobre una base de avisos que reflejaba la experiencia local.

En las épocas modernas el desarrollo económico primario se centra en el público en general y los usuarios comerciales que se benefician de una red bien mantenida de carreteras. El concepto del Sistema de Gestión de Pavimentos (SGP) se desarrolló en los años 60's y años 70's. Desde entonces se ha reconocido a los SGP como la manera más eficaz de seleccionar las estrategias rentables para construir y mantener los pavimentos en condiciones útiles dentro de los apremios de fondos disponibles. Esto es un logro notable, en la década de los años 80's, el concepto de los SGP no era sabido ni fue aceptado extensamente por la mayoría de las agencias de la carretera.

La Primera conferencia principal sobre la Gestión de Pavimentos fue realizada en 1985 en Toronto por el Ministerio del Transporte en Ontario, Canadá, seguido por la Segunda Conferencia en 1987 en la misma ciudad. La Gestión de Pavimentos se convirtió desde entonces en un acontecimiento internacional importante con la Tercera Conferencia en 1994 en San Antonio, Texas, E.E.U.U. organizados por el Consejo de Investigación del Transporte; la Cuarta Conferencia se realizó en Sudáfrica en 1998, la Quinta Conferencia en Seattle, Washington, E.E.U.U. en 2001, y la Sexta Conferencia en Brisbane, Australia en 2004.

Estas conferencias se convierten en lugares excelentes para intercambiar la experiencia de las innovaciones tecnológicas, del desarrollo y de la puesta en práctica de los SGP para los participantes mundiales de todos los sectores de la sociedad. Muchas otras conferencias internacionales y regionales también han contribuido con sesiones sobre la Gestión de Pavimentos.

El trabajo duro de mucha gente a través del mundo ha hecho a los SGP un sistema confiable para las necesidades de cuantificación del mantenimiento, evaluación y funcionamiento del pavimento, mientras que se relaciona con la Gestión rentable de las redes del camino y de la carretera.

### **1.1.3. DESARROLLO Y CONSERVACIÓN DE LAS CARRETERAS EN EL SALVADOR**

A partir de las primeras pavimentaciones que se llevaron a cabo en el país, se pudo apreciar la importancia del mantenimiento de las obras viales, a las que en un principio les dio seguimiento la Dirección General de Obras Públicas mediante la Sección de Caminos, Puentes y Calzadas. En la actualidad los entes encargados de la planificación y conservación de la red vial son el Ministerio de Obras Públicas, Transporte, Vivienda y Desarrollo Urbano a través del Vice-ministerio de Obras Públicas y el Fondo de Conservación Vial, respectivamente.

La expansión y mantenimiento de la red vial de nuestro país se vio reducida durante la década de los 80's, debido a múltiples factores que surgieron en esa época y que provocaron una gran pérdida de la serviciabilidad de nuestros caminos. Posteriormente, en años recientes, las inversiones en infraestructura vial cobraron fuerza debido a la necesidad de nuevas

carreteras, además, el aumento de la población y de las actividades productivas, así como la entrada en vigencia de tratados de libre comercio, ha hecho que muchas de las vías de circulación existentes ya no tengan la suficiente capacidad para prestar sus servicios adecuadamente.

Los recursos económicos del país no son suficientes como para hacer grandes inversiones en proyectos viales costeándolos con las recaudaciones de impuestos, lo que ha hecho que desde 1954 deban negociarse préstamos con instituciones financieras internacionales, como el Banco Mundial; siendo éste hasta la fecha, uno de los bancos que más apoyo ha dado a los gobiernos de países en vías de desarrollo.

En nuestro país, se ha adoptado un sistema de gestión vial creado específicamente para nuestras condiciones, este es el Sistema de Gestión de la Infraestructura Vial de El Salvador (SIGESVIES). Ha sido implementado por el Ministerio de Obras Públicas con el soporte del consorcio Consultora Técnica – TNM. Dicho sistema sirve como herramienta para apoyar la planificación de las intervenciones a realizar en las carreteras para su mantenimiento, rehabilitación y construcción, priorizando las intervenciones sobre una base eminentemente técnica. En cuanto a los caminos administrados por gobiernos municipales, el mantenimiento de éstos se realiza por medio de una metodología de respuesta, en aquellas vías cuya importancia amerite una intervención inmediata, mientras que en caminos de menor categoría el mantenimiento es aplicado en periodos de tiempo muy extensos o no se aplican.

## **1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

Desde principios de la década de los 90's, se ha visto un aumento considerable en los proyectos de pavimentación en vías urbanas e interurbanas, a la vez que se le ha dado mayor importancia al mantenimiento adecuado de la red vial existente, esto se debe entre otros factores, al auge vehicular, la entrada en vigencia de tratados de libre comercio, al crecimiento de los núcleos urbanos, y al cumplimiento del período de vida útil de muchas estructuras de pavimentos. Lo anteriormente expuesto ha llevado a una demanda de mayores niveles de serviciabilidad en los pavimentos de la red vial; lo cual, a su vez vuelve más rigurosos los estándares de mantenimiento que se aplican a las vías según su importancia.

En nuestro país, la planificación, ejecución de proyectos y conservación de la red vial principal, se lleva a cabo de forma coordinada entre el Ministerio de Obras Públicas (MOP) y el Fondo de Conservación Vial (FOVIAL). El primero se encarga de la planificación y desarrollo de proyectos nuevos, así como los mejoramientos de vías existentes. Mientras que el segundo, determina estrategias de conservación de los pavimentos de la red y las ejecuta. La red vial municipal corresponde a las alcaldías.

Es un hecho conocido que las inversiones en la construcción de nuevas carreteras y en el mantenimiento de éstas son cuantiosas, y en el primer caso muchas veces provienen de préstamos internacionales. Por lo anterior, la gestión de pavimentos adquiere cada vez una mayor importancia para los países en desarrollo como el nuestro, donde los proyectos y sus alternativas deben priorizarse sobre la base de estudios precisos para aprovechar al máximo los siempre limitados recursos.

Por lo tanto, se ha decidido elaborar un Sistema de Gestión de Pavimentos, capaz de manejar información de la red vial del municipio de Santa Tecla, departamento de La Libertad, el cual permitirá utilizar criterios de decisión y definir alternativas realistas que contribuyen con la eficiencia en la toma de decisiones, de una manera dinámica y flexible, y estableciendo un programa de acción técnica óptimo desde el punto de vista económico, considerando las condiciones de restricción de presupuesto en las que generalmente trabaja la administración pública. Además, el sistema se hará libre de restricciones de propiedad, de tal manera que se puede adelantar cualquier modificación, adaptación o mejora sin necesidad de recurrir a un consultor externo. Esto conducirá a la reducción de costos por mantenimiento y actualización.

## **1.3. OBJETIVOS**

### **1.3.1. OBJETIVO GENERAL:**

- Desarrollar un Sistema para realizar una adecuada Gestión de la infraestructura de Pavimentos del municipio de Santa Tecla

### **1.3.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS:**

- Realizar una evaluación económica de las actividades de mantenimiento y rehabilitación, con el propósito de establecer la mejor alternativa, para la planeación estratégica de la inversión.
- Realizar una evaluación técnica de las condiciones estructurales y funcionales de los pavimentos y su progresión en el tiempo mediante un análisis de deterioros.
- Contar con una herramienta que permita a las Autoridades de un municipio determinar el QUE HACER; DONDE; CUANDO HACERLO y CON QUE COSTO en la red vial de pavimentos del municipio de Santa Tecla.
- Generar una plataforma de Gestión de pavimentos que pueda ser utilizada en otros municipios.

## **1.4. ALCANCES Y LIMITACIONES**

### **1.4.1. ALCANCES**

- Desarrollar un Sistema de Gestión de Pavimentos en una sección de la Red Vial de Pavimentos Flexibles administrada por un Gobierno Municipal de Santa Tecla. De tal manera, el ámbito de estudio queda definido por la división política del municipio.

### **1.4.2. LIMITACIONES**

- En nuestro país son escasas las vías municipales que llevan un registro cronológico de los deterioros superficiales de los pavimentos, por lo cual la modelación del comportamiento de los pavimentos se hará sustentado en la base de predicciones por medio de ecuaciones y la utilización de información de otras vías con características similares.

## **1.5. JUSTIFICACIÓN**

Las limitaciones económicas de países como El Salvador, obligan a priorizar aquellos proyectos viales que se esperan tengan un mayor impacto en la calidad de vida de las personas. Es decir, que cada día se vuelve mas importante una adecuada gestión de pavimentos, debiendo utilizar para ello las mejores herramientas disponibles que permitan a los planificadores agilizar su trabajo.

En nuestro país, muchas veces, los trabajos realizados por las municipalidades, en cuanto a construcción y conservación de los pavimentos se refiere, no tienen la efectividad que permita a estas proporcionar el nivel de servicio para la cual fueron diseñadas, de manera que muchos caminos se encuentran por debajo de lo deseable o conveniente. Como consecuencia, se producen pérdidas anuales debido a sobre-costos de operación vehicular y reconstrucciones, la que hubieran podido evitarse con un adecuado diseño de pavimentos, técnicas y procesos constructivos apropiados además de nuevas tecnologías.

# CAPITULO II

---

GENERALIDADES DE LOS  
SISTEMAS DE GESTION DE  
PAVIMENTOS

## **2.1. GENERALIDADES SOBRE PAVIMENTOS**

### **2.1.1. DEFINICIÓN ACTUAL DE PAVIMENTO**

Un pavimento lo podemos definir como una estructura que se diseña y se forma mediante un conjunto de capas construidas sobre el suelo de fundación, con la finalidad de ser utilizado como una superficie apta para el libre tránsito de vehículos de tipo liviano, pesado y comercial; y donde la circulación se hace de manera rápida, confortable, segura y económica. El número y el espesor de las diferentes capas que integran un pavimento varía según su tipo (rígido o flexible por ejemplo) y los resultados del diseño, pero el principio básico es el mismo.

### **2.1.2. ELEMENTOS QUE CONFORMAN LA ESTRUCTURA DE UN PAVIMENTO**

La estructura de un pavimento se halla formada por diferentes capas las cuales son: la sub-rasante, sub-base, base, capa de rodamiento y sello; sin embargo, es necesario aclarar que no siempre se encontrarán todas las capas que se detallan. En tales casos, la ausencia de una o varias de ellas dependerá de factores como la capacidad de soporte del terreno de fundación, la clase de material a utilizarse, el tipo de pavimento, intensidad de tránsito, carga de diseño, etc.

#### **2.1.2.1. SUELO SOPORTANTE O SUB-RASANTE**

Es el suelo que sirve de fundación para todo el paquete estructural, se define como el suelo preparado y compactado para soportar la estructura del pavimento; es decir, que es el terreno de cimentación del mismo. Puede ser también el suelo natural, pero si éste es deficiente se debe seleccionar un material de buena calidad. Existen dos condiciones básicas que debe cumplir el suelo de soporte, y son:

- I. Debe mantener el mayor valor posible de soporte, ya que entre más fuerte se considere esta superficie menor será el costo de las capas superiores.
- II. El movimiento diferencial vertical debe ser mínimo, de ésta forma las ondulaciones en la superficie serán menores y el rodamiento vehicular será más suave.

#### **2.1.2.2. SUB-BASE**

Es una capa de materiales pétreos de buena graduación construida sobre la sub-rasante, este elemento subyace a la capa base cuando ésta es necesaria, como en el caso de los pavimentos flexibles. En el caso de los pavimentos rígidos, en ocasiones resulta conveniente colocar una sub-base cuando las especificaciones son más exigentes. Las funciones que esta capa debe cumplir son:

- I. Atenuar o suavizar aquellas deformaciones perjudiciales para la sub-rasante, como por ejemplo los cambios volumétricos producidos por cambios de humedad, evitando que se reflejen en la superficie del pavimento.
- II. Lograr espesores menores de la capa base para pavimentos flexibles.
- III. Servir de drenaje al pavimento, esto quiere decir que debe ser capaz de desalojar el agua que se infiltra en la capa de rodadura.
- IV. Transmitir los esfuerzos a la capa sub-rasante en forma adecuada.
- V. Reducir el costo del pavimento, ya que es una capa que por estar bajo la base, queda sujeta a esfuerzos menores y requiere de especificaciones menos rígidas.

### 2.1.2.3. BASE

Constituye la capa intermedia entre la capa de rodamiento y la sub-base. Generalmente se usa en los pavimentos flexibles y se compone de materiales pétreos con buena distribución granulométrica. Entre sus funciones tenemos:

- I. Drenar el agua que se filtra a través de las carpetas y hombros.
- II. Resistir los cambios de temperatura, humedad y la desintegración por abrasión producida por el tránsito.
- III. Reducir los esfuerzos cortantes que se transmiten a las capas inferiores.
- IV. Proveer suficiente resistencia para recibir la carga de la superficie arriba de ella, y transmitirla a un nivel de esfuerzo adecuado a la capa siguiente, que puede ser una sub-base o una sub-rasante.
- V. Función económica, permite reducir el espesor de la carpeta asfáltica, que es la más costosa.

Las bases se pueden clasificar en dos tipos:

- a) **Base Granular:** Los materiales empleados pueden ser grava o piedra triturada, suelo y arena; la estabilidad del material depende de su fricción interna y de su cohesión. Una base granular es un conjunto de agregados mezclados con agua, en donde una alta fricción interna se consigue con agregados bien graduados, de forma irregular, y con una pequeña cantidad de finos limo – arenosos.

- b) **Base Estabilizada:** Suelo con cemento Portland, cal o asfalto, se recurre a ella por motivos de tipo económico, en los casos en que resulta más favorable recurrir al mejoramiento del suelo existente en el lugar, sin tener que transportar otros materiales desde grandes distancias. Como ejemplo de este tipo de bases podemos mencionar: Grava-Emulsión, Suelo-Emulsión, Suelo-Cemento, etc.

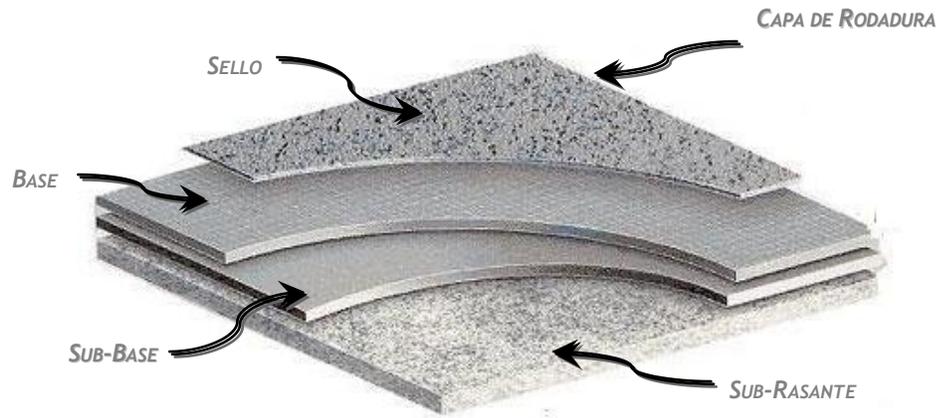
#### **2.1.2.4. CAPA DE RODAMIENTO**

Formada por una o varias capas que se colocan sobre la base, dichas capas consisten en materiales granulares con o sin liga, y por lo general son de concreto asfáltico o hidráulico. Este es el elemento del pavimento sobre el cual circulan directamente los vehículos y peatones. Las funciones que esta capa debe cumplir son:

- I. Recibir y absorber en primera instancia el peso de los vehículos que circulan sobre la vía.
- II. Minimizar sensiblemente los esfuerzos que se transmiten hacia la terracería.
- III. Si la rodadura posee un espesor mayor o igual a cinco centímetros, se considera que trabaja junto al resto de capas para soportar las cargas y distribuir los esfuerzos, aunque esa no sea su función desde el punto de vista estructural.
- IV. Proveer una superficie estable para el tránsito, uniforme, prácticamente impermeable, con una textura y color convenientes y que a la vez sea capaz de resistir los efectos abrasivos del tráfico.

### 2.1.2.5. SELLO

Se coloca en algunas ocasiones sobre la capa de rodadura y está formado por una mezcla bituminosa de asfalto o alquitrán. Sobre esta carpeta se coloca a veces, un riego de arena o chispa, y su función es la de lograr la impermeabilización de la capa de rodamiento, a fin de evitar la infiltración de las aguas de lluvia.



**FIGURA 2.01**  
**ESTRUCTURA TÍPICA DE UN PAVIMENTO**

### 2.1.3. FUNCIONES DE LOS PAVIMENTOS

El pavimento es el elemento primordial de la infraestructura vial, y como tal debe cumplir una serie de funciones para garantizar un servicio adecuado a los usuarios. Dichas funciones se describen a continuación:

- a) Permitir el tránsito de los vehículos que circulen sobre él, respondiendo en forma adecuada estructuralmente y según como fue previsto en la etapa de diseño; esto es especialmente importante para los organismos de conservación vial, ya que de ello depende que las labores de conservación durante el período de servicio del pavimento, se lleven a cabo según una planificación elaborada con base en predicciones confiables.
- b) Mejorar la calidad de la superficie de rodadura, de tal manera que los usuarios se desplacen de forma segura y cómoda, lo cual se logra mediante una adecuada regularidad superficial tanto transversal como longitudinal, así como proporcionando una buena textura que brinde la resistencia al deslizamiento que se requiere para las velocidades de circulación previstas. Otro factor que también debe considerarse para el confort de los usuarios es el ruido producido por la interacción de las llantas de los vehículos y la superficie del pavimento, el cual se percibe tanto en el interior de los vehículos como en el exterior.
- c) Proteger la sub-rasante de los efectos del clima, evitando así el daño que eventos naturales como la lluvia pueden provocarle, lo cual a la larga puede derivar en asentamientos que lleven incomodidad o inseguridad al tránsito, llegando incluso a producir el colapso total de la estructura.

- d) Reducir la polución por polvo que se produce ante el paso de vehículos sobre caminos de tierra, lo cual afecta la comodidad y la salud tanto de los usuarios como de las personas que habitan en las proximidades.
  
- e) Delimitar las áreas de circulación de los vehículos con el objetivo de ordenar el tránsito, disminuyendo así la posibilidad de accidentes y retrasos debido a congestionamientos. Para cumplir plenamente con dicha función los pavimentos deben estar debidamente señalizados, y deben contar con una buena reflexión luminosa que ayude a la conducción nocturna minimizando la necesidad de obras de iluminación, esto último para efectos de economía.

### 2.1.4. TIPOS DE PAVIMENTOS

Hoy en día los pavimentos pueden clasificarse de dos formas:

- a) De acuerdo al material que compone su capa de rodadura y
- b) Según la forma en que la estructura de éstos atiende y transmite las cargas aplicadas sobre su superficie.

Según el material que compone su capa de rodadura los pavimentos pueden ser:

- Pavimentos de Tierra.
- Pavimentos de Piedra.
- Pavimentos de Adoquines.
- Pavimentos de Concreto Hidráulico.
- Pavimentos de Concreto Asfáltico.



**FIGURA 2.02**  
**CAMINO DE TIERRA**  
**PLAYA LOS COBANOS, SONSONATE**



**FIGURA 2.03**  
**CAMINO DE PIEDRA**  
**SAN IGNACIO, CHALATENANGO**



**FIGURA 2.04**  
**CAMINO DE ADOQUINES**  
**SANTA TECLA, LA LIBERTAD**



**FIGURA 2.05**  
**CARRETERA DE CONCRETO ASFALTICO**  
**CARRETERA PANAMERICANA**



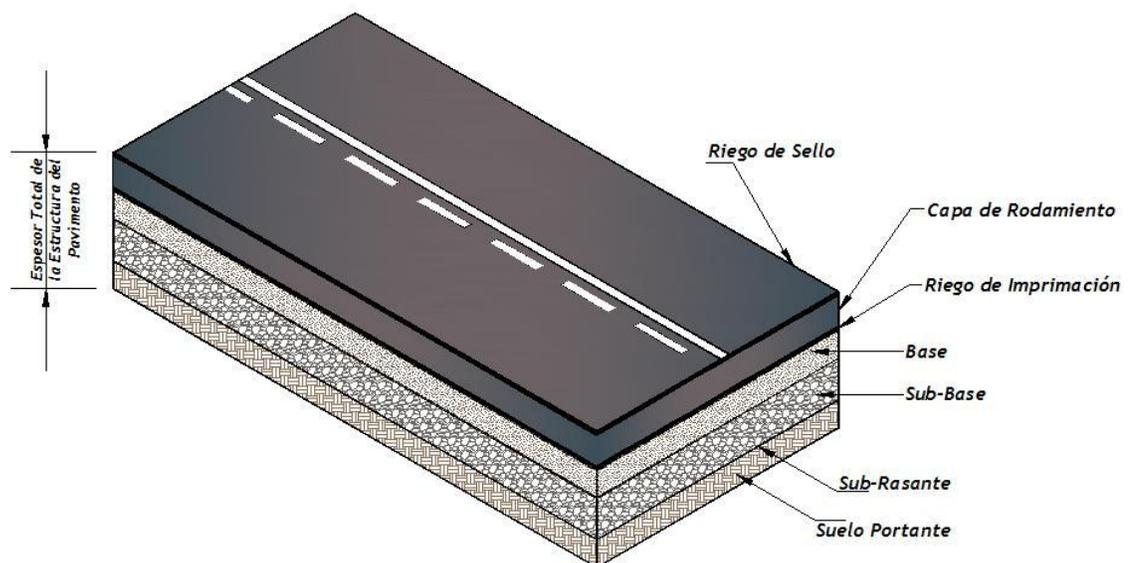
**FIGURA 2.06**  
**CARRETERA DE CONCRETO HIDRÁULICO**  
**AUTOPISTA A COMALAPA**

Por la forma en que la estructura del pavimento transmite las cargas aplicadas sobre él, éstos se dividen así:

- a) Pavimentos Flexibles.
- b) Pavimentos Rígidos.
- c) Pavimentos Semi-rígidos o Semi-flexibles.

### 2.1.4.1. PAVIMENTOS FLEXIBLES

Una definición de uso común es la siguiente: “Un pavimento flexible es una estructura que mantiene un contacto íntimo con las cargas y las distribuye a la sub-rasante, su estabilidad depende del entrelazamiento de los agregados, de la fricción de las partículas y de la cohesión”. De modo que los pavimentos flexibles comprenden en primer lugar, a aquellos que están formados por una serie de capas granulares, rematadas por una capa de rodamiento asfáltica de alta calidad y relativamente delgada, la cual es capaz de acomodarse a pequeñas deformaciones de las capas inferiores sin que su estructura se rompa. En este tipo de pavimentos la calidad de los materiales utilizados en cada una de las capas aumenta conforme nos acercamos a la superficie, de modo de lograr una estructura competente ante las cargas esperadas y que a la vez resulte lo más económica posible.



**FIGURA 2.07**  
SECCIÓN TRANSVERSAL DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE TÍPICO.

El espesor de la capa de rodadura de un pavimento asfáltico varia grandemente, desde menos de una pulgada en los tratamientos superficiales usados en caminos de tránsito liviano, hasta seis pulgadas o más de concreto asfáltico usado en caminos destinados al tránsito pesado. La carpeta de rodadura asfáltica puede ser de cuatro tipos:

- Mezcla asfáltica en caliente.
- Mezcla asfáltica en frío.
- Tratamiento superficial simple o múltiple.
- Macadam asfáltico.

#### **a) Mezcla Asfáltica en Caliente**

Está compuesta por agregados gruesos y finos unidos mediante un ligante bituminoso, dichos materiales son procesados en plantas de mezclado especiales, donde son calentados, proporcionados y mezclados para lograr una adecuada homogeneidad.

#### **b) Mezcla Asfáltica en Frío**

En su elaboración se emplean los mismos materiales que en las mezclas en caliente, pero en este caso pueden ser procesados a temperatura ambiente. En estas mezclas se pueden utilizar ligantes bituminosos con menor viscosidad que las mezclas en caliente, betunes fluidificados, alquitranes fluidos o emulsiones asfálticas. Las mezclas en frío pueden a su vez clasificarse como:

- Mezclas Abiertas
- Mezclas Densas

### **c) Tratamiento Superficial**

Dentro de ésta categoría se tiene todas las aplicaciones de asfalto, con o sin agregados, que se hacen sobre cualquier camino de tierra o superficie de pavimento, y cuyo espesor por lo general es menor a una pulgada.

Los tratamientos superficiales sellan y sirven para prolongar la vida de los caminos, teniendo a la vez propósitos especiales según sea su tipo. Entre los diversos tratamientos existentes podemos mencionar:

- Tratamiento superficial simple y múltiple.
- Tratamiento superficial con aplicación única de asfalto.
- Riego de imprimación.
- Riego antipolvo.
- Lechadas asfálticas.
- Microaglomerados en frío

### **d) Macadam Asfáltico**

El macadam asfáltico por penetración consiste en una superficie de rodamiento de piedra triturada o escoria de un solo tamaño, y con los cuales se usa el asfalto como ligante. Se ha empleado como capa superficial en caminos de tránsito medio, ya que en los que están sometidos a tránsito pesado ha sido sustituido por el concreto asfáltico.

#### **2.1.4.2. PAVIMENTOS RÍGIDOS**

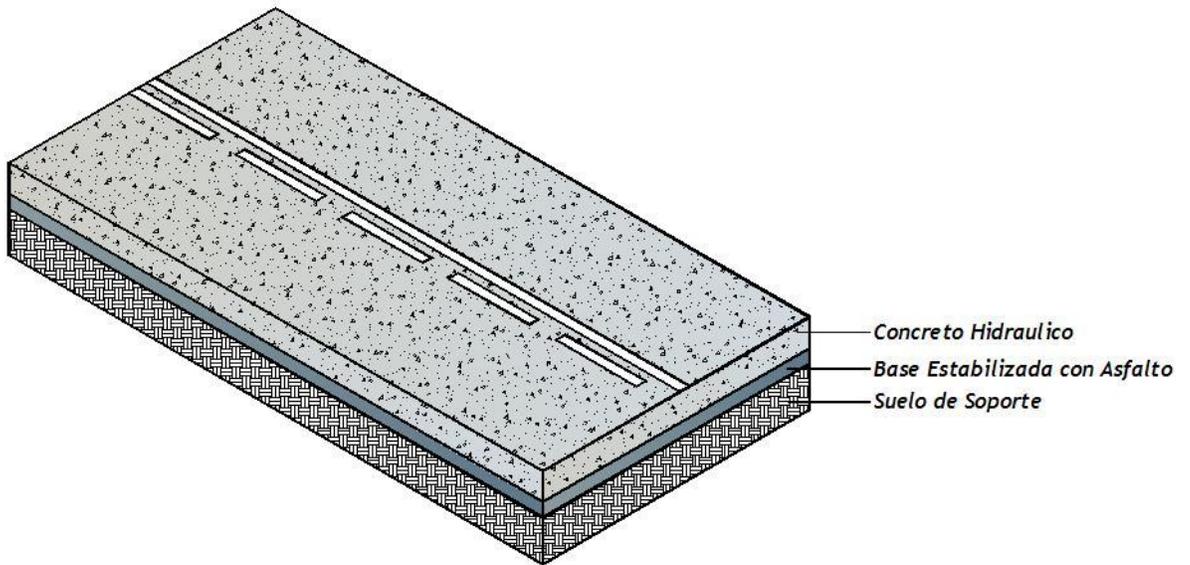
Comúnmente se emplea el término “pavimento rígido” para las superficies de rodamiento construidas con concreto de cemento Portland. Se supone que un pavimento construido con concreto hidráulico posee una considerable resistencia a la flexión, lo cual le permitirá trabajar como una viga tendiendo un puente sobre las pequeñas irregularidades de la sub-base o terracería sobre la cual descansa.

La capa de rodadura de éstos pavimentos la integran una serie de losas que trabajan en conjunto, distribuyendo las cargas de los vehículos hacia las capas inferiores. Aunque algunas irregularidades menores en las capas de cimentación no se reflejen en la superficie, éstas no son deseables, ya que pueden inducir una falla en el pavimento al ser la causa de cuarteaduras, fracturas, u otros defectos similares.

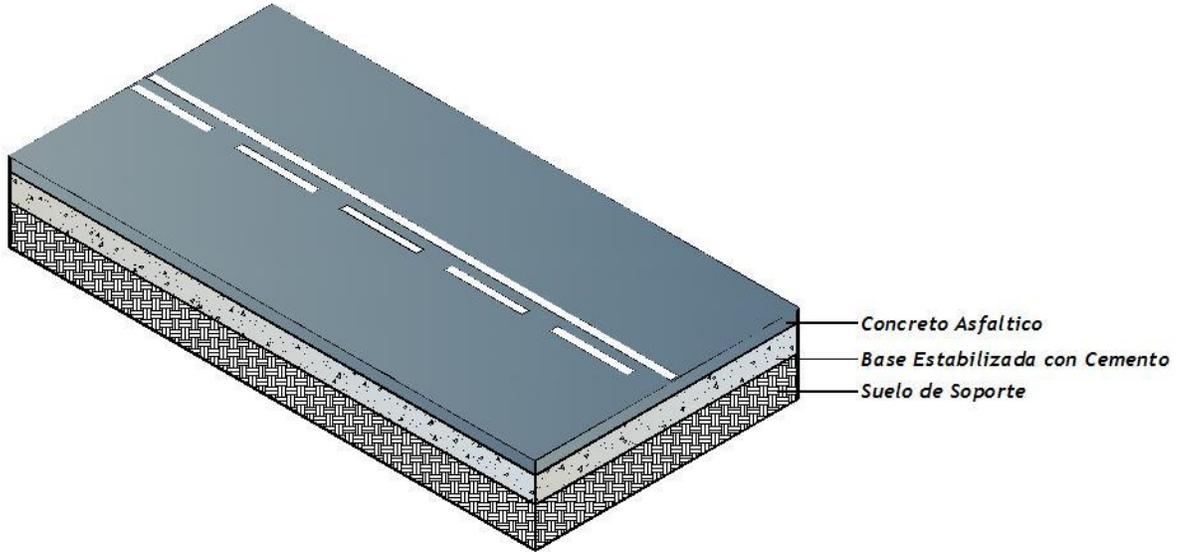
En teoría, las losas de concreto hidráulico pueden colocarse sobre la sub-rasante, sin embargo, en la práctica es necesario construir una capa de sub-base para evitar que los finos sean bombeados hacia la superficie.

#### **2.1.4.3. PAVIMENTOS SEMIRRÍGIDOS O SEMIFLEXIBLES**

Estos son aquellos en los cuales la rodadura está conformada por dos capas, en el caso de los semirrígidos la inferior está formada por agregados estabilizados con asfalto y la superior con concreto hidráulicos; en cambio en los semiflexibles el orden de las capas se invierte.



**FIGURA 2.08**  
**PAVIMENTO SEMIRRÍGIDO.**



**FIGURA 2.09**  
**PAVIMENTO SEMIFLEXIBLE.**

### **2.1.5. COMPORTAMIENTO DE LOS PAVIMENTOS**

El comportamiento de los pavimentos a lo largo de su vida útil es regido generalmente por un ciclo, el cual ha llegado a considerarse como normal debido a la frecuencia con que se presenta, los indicadores (deterioros del pavimento) de cada una de las etapas de este ciclo son diferentes según el tipo de pavimento, sin embargo, la tendencia en la evolución de la estructura a través del tiempo es común y puede describirse de la siguiente manera:

#### **2.1.5.1. ETAPA DE CONSTRUCCIÓN**

Un pavimento puede haber tenido una buena construcción o haber presentado algunos defectos durante esta etapa, o bien haber sido claramente deficientes tanto la etapa de diseño como la de ejecución. De cualquier forma, cuando la estructura entra en servicio, esta suele encontrarse en excelentes condiciones, satisfaciendo plenamente las necesidades de los usuarios.

#### **2.1.5.2. ETAPA DE DETERIORO LENTO Y POCO VISIBLE**

Durante algunos años, el pavimento experimenta un proceso de desgaste y debilitamiento lento, principalmente en la superficie de rodamiento y en menor medida en el resto de su estructura. Este desgaste es producido por los diversos tipos de vehículos que circulan sobre él, también por la influencia que ejercen otros factores como el clima, la radiación solar, el agua de lluvias, cambios de temperatura, etc.

La calidad de la construcción inicial también incide en la evolución del deterioro. A través de toda esta etapa el pavimento se mantiene aparentemente en buen estado y el usuario no percibe el desgaste. A pesar del aumento gradual de fallas menores aisladas, el camino sigue sirviendo bien a los usuarios y está en condiciones de ser conservado.

### **2.1.5.3. ETAPA DE DETERIORO ACELERADO Y DE QUIEBRE**

Luego de varios años de uso, el pavimento entra en una etapa de deterioro acelerado y resiste cada vez menos el tránsito. Al inicio de esta etapa, la estructura básica del pavimento se conserva intacta y las fallas en la superficie son menores, por eso el usuario común tiene la impresión que este se mantiene aún bastante sólido. Sin embargo, no es así, ya que cada vez se pueden observar más daños en la superficie y comienza a deteriorarse la estructura básica, la cual no es visible. Entonces, podemos asegurar que cuando en la superficie de un pavimento se detectan graves fallas a simple vista, la estructura básica del pavimento está seriamente dañada. Los daños al inicio son puntuales, pero luego se van extendiendo en la mayor parte del pavimento, cuando esto ocurre la destrucción es acelerada; si no se interviene en algún momento durante esta etapa el pavimento llega al punto de quiebre en el cual se produce una falla generalizada, tanto en la superficie como en la estructura básica.

A medida que se desarrolla esta etapa, los vehículos circulan experimentando una cantidad creciente de molestias a causa de las irregularidades de la superficie, tales como: grietas, baches, depresiones y deformaciones.

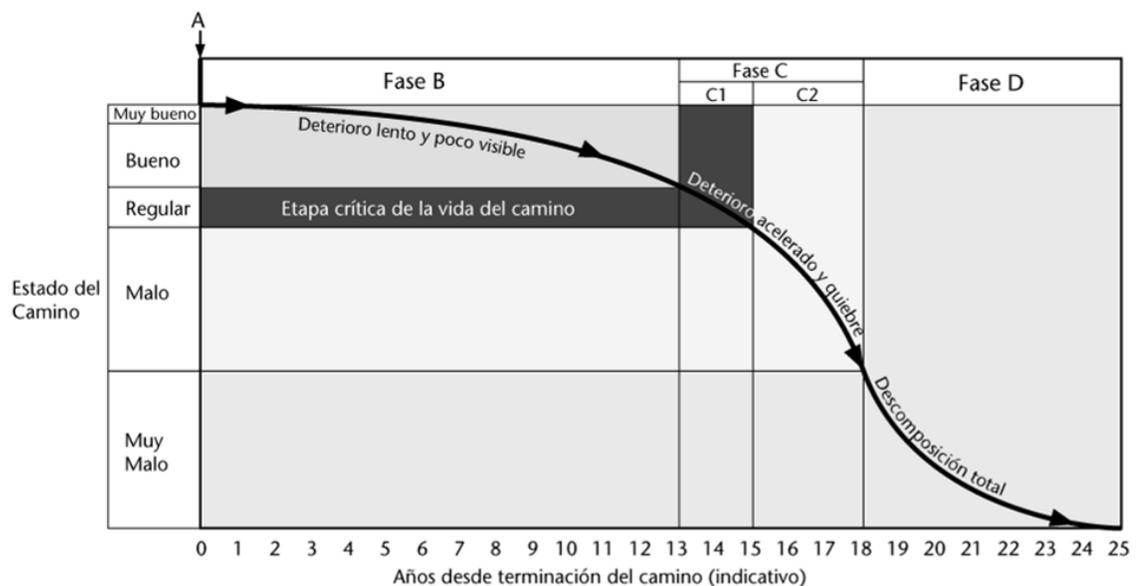
### **2.1.5.4. ETAPA DE DESCOMPOSICIÓN TOTAL**

Constituye la última etapa de la existencia de un pavimento, y puede durar varios años, lo primero que se observa es la pérdida de la capa de rodadura, ya que cada vez que pasa un vehículo pesado se desprenden trozos de ésta, por lo que al final la vía termina siendo un camino de grava, y a la larga, de tierra.

El paso de vehículos se dificulta, la velocidad promedio de circulación baja bruscamente y la capacidad del camino queda reducida en un gran porcentaje. Los vehículos comienzan a presentar daños en neumáticos, ejes, amortiguadores y en el chasis; los costos de operación vehicular suben de manera considerable y se incrementa la cantidad de accidentes graves. En esta última etapa llega un momento en que ya no pueden transitar los automóviles normales, sólo algunos camiones y vehículo todoterreno.

Como ya se dijo anteriormente, los detalles del ciclo de vida de los pavimentos varían dependiendo de su tipo, pero en general, el mensaje que debe atenderse es el mismo y consiste en que las acciones de conservación de cualquier pavimento deben planificarse debidamente de modo que nunca se permita el deterioro excesivo o la destrucción de su estructura básica.

**FIGURA 2.10**  
**DETERIORO DE LOS PAVIMENTOS A TRAVÉS DEL TIEMPO.**



FUENTE: CAMINOS, CEPAL

## **2.2. GESTIÓN DE PAVIMENTOS**

Los pavimentos forman parte de un conjunto de elementos que son indispensables para permitir el desplazamiento seguro y confortable de los vehículos de un punto a otro, este conjunto recibe el nombre de infraestructura vial, e incluye además de los pavimentos, a los puentes, túneles, obras de drenaje, señalización, dispositivos de seguridad, etc. Es de gran importancia la formulación de planes para la gestión de la infraestructura vial en todos sus elementos, ya que deben trabajar integralmente para que puedan prestar servicio a los usuarios con la calidad deseada.

Sin embargo, dentro de la gestión de la infraestructura vial, los pavimentos deben recibir especial atención, por ser el elemento primario sobre el cual se llevan a cabo los desplazamientos de los vehículos.

Es decir, que todos los demás componentes actúan como elementos secundarios que ayudan al confort y seguridad de los usuarios, así como a lograr mantener la calidad de servicio de la vía durante el período previsto en el diseño.

La gestión de pavimentos debe ser entonces, el primer paso para alcanzar una adecuada gestión de la infraestructura vial, y debe contemplar la planificación, ejecución, y un adecuado control de las diversas acciones de desarrollo y mantenimiento aplicadas en el tiempo; con la finalidad de mantener un nivel de servicio adecuado para los usuarios.

Esta conclusión no es nada reciente, ya que los primeros en desarrollar un sistema para la gestión de sus vías de comunicación fueron los romanos, los cuales al contar con una vasta red de caminos para uso militar y comercial debían asegurarse que éstos se mantuvieran en buen estado, lográndolo mediante un sistema que funcionó prácticamente a la perfección, en el cual los encargados de la conservación de los caminos eran los gobernadores y magistrados locales. En éste sistema se regulaba incluso el tipo de vehículos y la cantidad de animales de tiro que se podían utilizar.

Podemos apreciar entonces que la gestión de pavimentos como tal, es de suma importancia para impulsar el desarrollo de las actividades económicas de un país o de una región, ya que, además de ser indispensable una selección adecuada del tipo de actividad a realizar para la construcción y/o mantenimiento de una vía, el ejecutar labores de conservación demasiado anticipadas o postergarlas a un tiempo diferente del óptimo tiene un costo. Si se hace antes de tiempo se pierde la posibilidad de utilizar los recursos en algo más rentable durante el periodo del adelanto, pero la situación es más grave si se deja pasar el momento oportuno para intervenir, y como consecuencia los daños llegan hasta la estructura básica del pavimento. En este caso, el tipo de intervención necesaria será una rehabilitación, con un costo mucho más alto que el de los trabajos que pudieron haberse efectuado de manera oportuna. Es más, existe otro efecto perjudicial de postergar la conservación, y es el incremento de los costos de operación de los usuarios; esto se traduce en un aumento de los costos de transporte, lo que significa una presión inflacionaria de carácter estructural. Vemos entonces que el realizar una adecuada gestión de pavimentos representa, especialmente para los países en desarrollo, la posibilidad de ahorrar valiosos recursos que pueden ser utilizados en otros rubros.

Establecer el momento oportuno en que debe efectuarse cada medida de conservación no es nada sencillo, considerando que están en juego recursos importantes para la economía. De hecho, se deben utilizar complejos instrumentos de análisis para calcular los costos de conservación y de operación que podrían generarse al adoptar diferentes alternativas, y determinar cuál es para cada camino, el estado o condición límite que a largo plazo, reduce al mínimo la suma total de los costos de los usuarios y de la agencia vial.

Para preparar un programa global de conservación de una red vial de manera que sea conveniente para la economía nacional, se debe comenzar por identificar para cada camino:

- El momento preciso para cada intervención.
- El tipo óptimo de intervención.

Existen metodologías que se han puesto en práctica desde la década de los setentas, las cuales hacen uso de diversas herramientas que ayudan a los planificadores a formular estrategias viables, de forma que logren mantener a los pavimentos en buenas condiciones de servicio.

Un sistema de gestión de pavimentos debe permitir un uso sencillo, de manera que el ingreso de datos y actualización de la información sea fácil. Además, debe ser capaz de analizar diversas estrategias al efectuar una evaluación, identificando la alternativa económicamente más conveniente. Debe utilizar procesos racionales con criterios cuantificables sobre los cuales se tomen las decisiones, y finalmente debe ejecutar una evaluación permanente de la eficacia de las actividades realizadas mediante retroalimentaciones del sistema.

### **2.2.1. NIVELES DE LA GESTIÓN DE PAVIMENTOS**

La gestión de pavimentos se realiza en dos niveles principales, los cuales son interactivos entre sí y están definidos según el área que debe ser analizada, y el tipo de datos que son necesarios para generar los modelos de predicción del deterioro de las estructuras a lo largo del tiempo. Estos niveles de la gestión de pavimentos son la **Gestión a Nivel de Proyecto** y la **Gestión a Nivel de Red**.

#### **2.2.1.1. GESTIÓN DE PAVIMENTOS A NIVEL DE PROYECTO**

En este nivel, la gestión lo que pretende es analizar el pavimento de una vía en particular, de manera que se pueda determinar la alternativa óptima para la construcción de una nueva estructura, o bien el tipo de acciones de mantenimiento necesarias, y los momentos en que éstas han de aplicarse a un pavimento existente.

Para realizar una gestión a nivel de proyecto se necesitan datos específicos de secciones del pavimento, como por ejemplo:

- Cargas que recibe (o recibirá) el pavimento.
- Factores ambientales que lo afectan (o lo afectarán).
- Características de los materiales que lo constituyen (o constituirán).
- Propiedades de su base, sub-base y subrasante.
- Variables de construcción y mantenimiento.
- Costos.

El análisis a nivel de proyecto debe generar una serie de alternativas de construcción y/o mantenimiento, las cuales han de evaluarse técnica y económicamente, de forma que al final se pueda seleccionar aquella que minimice los costos totales del ciclo de vida del pavimento, tomando en cuenta los de construcción así como los de operación de los usuarios, fijando una serie de estándares que han de satisfacerse y que tienen que ver con el comportamiento estructural y funcional del pavimento a través del tiempo.

### **2.2.1.2. GESTIÓN DE PAVIMENTOS A NIVEL DE RED**

A nivel de red la gestión de pavimentos busca desarrollar un programa prioritario y organizado para el mantenimiento, rehabilitación y construcción de pavimentos, en base a la disponibilidad presupuestaria del ente administrador de la red vial de una región o país, para un período determinado.

Dentro de esta gestión pueden distinguirse dos sub-niveles que comprenden: la selección de proyectos, en la cual se toman decisiones de asignación de fondos para proyectos o grupos de ellos; y el sub-nivel de programa, en el cual se cuenta con un presupuesto establecido que debe repartirse en una red determinada.

La gestión a nivel de red involucra decisiones para la rehabilitación o mantenimiento de la red como un todo, por lo cual los modelos deben ser diseñados con el fin de optimizar el uso de los fondos disponibles. Debe considerarse para este propósito la serviciabilidad de los pavimentos existentes o el porcentaje de pavimentos deficientes, datos que deben ser recolectados en campo usando metodologías adecuadas. Entre las actividades que comprende la gestión a nivel de red tenemos:

- Identificación de aquellas vías en las que debido a su estado actual, las actividades de mantenimiento o mejora podrían ser consideradas como prioritarias dentro de la red de caminos.
- Generación de diferentes alternativas de tratamiento en aquellas vías que serán intervenidas, seleccionando adecuadamente variables como el período de análisis, tasa de descuento, nivel de calidad mínimo de pavimento, etc. de manera que se pueda realizar un conveniente análisis técnico-económico en base al cual han de tomarse las decisiones.
- Desarrollo de un programa de largo plazo para el mantenimiento y rehabilitación de los pavimentos de la red, así como de nuevas construcciones.

## **2.2.2. ESTRUCTURA TIPICA DE UN SISTEMA DE GESTIÓN DE PAVIMENTOS (SGP)**

Según la Federal Highway Administration (FHWA) un sistema de gestión de pavimentos está formado por los siguientes componentes:

### **2.2.2.1. INVENTARIO DE LA RED**

En este se encuentran definidas características de la red de caminos y sus tramos componentes. Contiene información permanente de las rutas como por ejemplo: su clasificación, longitud, tipo de pavimento, ancho y numero de carriles, características planimétricas y altimétricas, tipo y espesor de capas del pavimento, características físicas de los materiales de las capas, tipo de drenaje, historial de construcción y mantenimiento, factores climáticos (temperatura, precipitaciones, etc.), y las características del tránsito (TPDA, ESAL's, etc.)

### **2.2.2.2. CONDICIÓN DE LOS PAVIMENTOS**

Define la calidad del pavimento con base en diversos indicadores, con el objetivo de conocer su situación real y evaluar así la condición o estado de éste. Los indicadores o parámetros básicos son los siguientes: deterioros superficiales en el pavimento que influyen sobre la circulación, calidad de la rodadura (rugosidad), capacidad estructural, textura superficial.

### **2.2.2.3. ESTRATEGIAS DE MANTENIMIENTO**

Son los tipos de acciones de mantenimiento y rehabilitación que usa el organismo administrador de la red vial, de acuerdo al estado de los pavimentos. Estas acciones están definidas por la FHWA y son las siguientes:

- a) **No acción:** Se refiere a pavimentos en excelente estado, es decir, recientemente construidos.
- b) **Mantenimiento de Rutina:** Este conserva el pavimento en buen estado general, se encarga de problemas localizados como sellado de grietas o bacheo; así como de operaciones de limpieza de drenajes, hombros y taludes.
- c) **Mantenimiento Preventivo (Periódico):** Contrarresta el deterioro antes que sea significativo, mediante actividades como lechadas asfálticas y sellos superficiales (en pavimentos bituminosos); reparaciones de espesor parcial o total, restauración de la transferencia de carga y cepillado (en pavimentos de concreto hidráulico)
- d) **Rehabilitación:** Se aplica cuando el pavimento alcanza una condición entre regular y mala, y comprende actividades de refuerzo.
- e) **Reconstrucción:** Puede hacerse un reemplazo total o parcial del pavimento. Además, incluye otras mejoras como realineamiento, ensanchamiento, etc.

#### **2.2.2.4. NECESIDADES DE LA RED**

Su determinación implica un análisis de la condición de los pavimentos para determinar las acciones de mantenimiento, rehabilitación o construcción que deberían ejecutarse. Se selecciona la estrategia de conservación más apropiada para cada tramo, tomando como base el estudio de su condición. Los factores que definen las necesidades de la red son: condición (serviciabilidad, capacidad estructural, índices de deterioro), tránsito, clasificación del camino, factores políticos, y seguridad.

#### **2.2.2.5. PRIORIZACIÓN DE OBRAS**

Define los factores que determinan la secuencia que seguirá la realización de diferentes proyectos en un periodo determinado, es imprescindible cuando hay restricciones presupuestarias en un proceso de selección de proyectos. Los criterios de priorización pueden ser los siguientes: Índices Individuales de Deterioro (grietas, baches, rugosidad), Índice Combinado de Deterioro (función de varios índices), o por Análisis de Beneficio/Costo o Costo-Efectividad.

#### **2.2.2.6. PROGRAMAS DE TRABAJO**

Una vez generado el listado de proyectos a ejecutar, debe definirse un programa de actividades que refleje los tratamientos que se aplicarán a los pavimentos y el tiempo en que éstos se ejecutarán.

#### **2.2.2.7. PRESUPUESTO**

Define las necesidades anuales de financiamiento a lo largo del período de análisis. Al igual que en cualquier planificación de proyectos, es indispensable que sea elaborado considerando todas las variables que afectarán los costos de las obras de mantenimiento o construcción de los pavimentos.

#### **2.2.2.8. EJECUCIÓN DE OBRAS Y RETROALIMENTACIÓN**

Es la evaluación de los resultados obtenidos luego de una construcción o de la realización de los trabajos de mantenimiento y rehabilitación. Este proceso sirve para lograr un mejoramiento continuo en los programas de conservación, de manera que cada vez se brinde caminos con mejores niveles de serviciabilidad a los usuarios, al mismo tiempo que se logra disminuir costos para el administrador vial.

### 2.3. CONSERVACIÓN DEL PAVIMENTO

Una vez terminado un proyecto de construcción de una carretera, cuando el contratista ha entregado la obra y se ha hecho el pago final de la misma, ya se posee una nueva vía disponible para la circulación del público, por esa misma razón, surge la responsabilidad de preservar la inversión realizada, servir y proteger los intereses del público que se transporta por la carretera.

El mantenimiento del buen estado de los pavimentos debe asegurarse no sólo en las carreteras de construcción reciente, sino también, en todas aquellas que forman parte de una red vial. Las fallas repentinas, daños ocasionados por las lluvias, deterioros graduales de la superficie de rodadura y obstrucciones inesperadas, pueden ser causas de daños personales, retrasos y pérdidas económicas.

El mantenimiento (o conservación) de los pavimentos puede definirse como la función de preservar, reparar y restaurar dicha estructura para conservarla en condiciones de uso seguro, conveniente y económico; de tal manera que su tiempo de servicio se prolongue el tiempo requerido y con la calidad adecuada. Para esto, es necesario definir las condiciones mínimas en las cuales operarán los pavimentos, las cuales son llamadas: **Estándares de Mantenimiento de Pavimentos.**

Es importante realizar las operaciones rutinarias de mantenimiento y diferentes medidas de conservación con cierta frecuencia, durante la etapa de deterioro lento y poco visible del pavimento. Sin embargo, la realidad de muchos países es que el mantenimiento durante esa etapa es prácticamente nulo, ya que los recursos asignados son insuficientes, con lo cual el período de desgaste lento se acorta, y en lugar de durar diez o quince años, dura solo seis u ocho.

Un esquema de mantenimiento efectivo debe garantizar:

1. Adecuada conservación a costo razonable.
2. Programas a largo plazo para el mantenimiento de los pavimentos.
3. Optimización de costos y beneficios del sistema.
4. Uso adecuado de los recursos disponibles de acuerdo a prioridades.
5. Control permanente de los efectos sobre el medio ambiente ocasionados por las actividades de preservación.
6. Registro y análisis de los resultados obtenidos de las obras de conservación para verificar su efectividad.

Los programas de mantenimiento de los pavimentos están diseñados de manera que compensen los efectos del clima, vandalismo, crecimientos orgánicos, desgaste y daños provocados por el tránsito, así como el deterioro debido a los efectos del envejecimiento, fallas de los materiales, y fallas en la construcción y diseño. Sin embargo, es necesario aclarar que a pesar de la vigilancia y de los esfuerzos determinados para mantener el buen estado de un pavimento, llega un momento en el cual se requiere una rehabilitación mayor de la estructura.

### **2.3.1. MANTENIMIENTO RUTINARIO**

El mantenimiento rutinario de los pavimentos comprende a un conjunto de actividades que es necesario realizar con cierta frecuencia para que la carretera mantenga un nivel de servicio entre regular y bueno.

Entre las actividades que se realizan en nuestro país como parte de este tipo de mantenimiento tenemos:

- Limpieza y chapeo del derecho de vía.
- Limpieza de drenaje longitudinal y transversal.
- Mantenimiento de señalización existente.
- Sello de grietas y fisuras en carpeta asfáltica.
- Bacheo superficial y profundo.
- Reconstrucción de hombros.
- Construcción de canaletas revestidas.
- Pintura en puentes.
- Mampostería de piedra para estructuras, entre otras.

### **2.3.2. MANTENIMIENTO PERIÓDICO**

El mantenimiento periódico está formado por aquellas obras de conservación que son programadas con una frecuencia mayor a un año. En nuestro país estas actividades comprenden:

- Tratamientos superficiales (sellos, riego de lechadas asfálticas, otros).
- Renovación de la superficie (reciclado, colocación de carpetas asfálticas, whitetopping).
- Estabilización de bases.
- Construcción de drenaje longitudinal y transversal.
- Colocación de señalización vertical y horizontal.
- Renovación de hombros.
- Colocación de Flex-beam.

### **2.3.3. REFUERZO Y REHABILITACIÓN DE LOS PAVIMENTOS**

Los trabajos de refuerzo de la capa de rodadura no son considerados como un mantenimiento. En un esquema sano de conservación, el pavimento debe reforzarse al inicio de la etapa de deterioro acelerado, periodo en el cual la condición del pavimento se torna crítica. Los objetivos del refuerzo son los siguientes:

- a) Detener el deterioro acelerado del pavimento.
- b) Conservar intacta la estructura básica existente.
- c) Asegurar la capacidad estructural del pavimento, de modo que pueda ser apto para el tránsito durante otro período prolongado.

Al inicio de la etapa de deterioro acelerado, normalmente basta con reforzar sólo la superficie de rodadura, con un costo relativamente bajo. Una vez efectuada esta operación, el pavimento vuelve a estar apto para su función y puede resistir al tránsito durante varios años más. Sin embargo, si avanzamos dentro de la etapa mencionada y dejamos pasar el momento óptimo de la intervención, el simple refuerzo de la superficie ya no es suficiente. Primero deben repararse daños producidos en las capas inferiores del pavimento y posteriormente colocar el refuerzo sobre la superficie de rodadura. Cuanto más se atrase la intervención, mayores serán los daños y mayores también las reparaciones necesarias en las capas mencionadas. Frecuentemente se utiliza el término “rehabilitación”, cuando se alude a la combinación de reparaciones parciales en la estructura básica del pavimento, junto con el refuerzo de su rodadura. Aunque estas actividades no se consideran dentro del mantenimiento, las actividades periódicas antes y después de la rehabilitación si se incluyen como parte de éste.

## 2.4. NIVEL DE SERVICIABILIDAD

Se entiende como nivel de serviciabilidad el grado en el cual un pavimento logra cumplir con su función de permitir la circulación de vehículos de una forma fácil, cómoda, rápida y segura. El nivel de serviciabilidad disminuye a través del tiempo una vez puesto en servicio el pavimento, debido a las solicitaciones sobre éste, ya sea de las cargas circulantes como de los agentes meteorológicos.

Aunque en un principio la apreciación de la serviciabilidad del pavimento es subjetiva y depende de la opinión de los usuarios, ha sido posible establecer una relación entre la calidad del servicio del pavimento y una serie de indicadores del deterioro de éstos, los cuales sí pueden ser cuantificados de manera objetiva. De esta forma, actualmente la serviciabilidad de un pavimento está expresada por el Índice de Serviciabilidad Presente (PSI), el cual se obtiene de las medidas de rugosidad y distintos tipos de deterioro para un período determinado. El rango de variación del PSI va de 5.0 (muy bueno) a 0.0 (muy malo), y es por eso que para realizar el diseño estructural de un pavimento es necesario seleccionar un índice inicial y final dentro de este rango, tomando en cuenta las condiciones particulares del lugar de la obra, así como los procesos constructivos y solicitaciones a que estará sometida la estructura.

En la práctica, generalmente el Índice de Serviciabilidad Inicial ( $P_i$ ) para los pavimentos flexibles toma un valor de 4.2, mientras que el Índice de Serviciabilidad Final ( $P_f$ ) conserva un valor de 2.5. Estos valores son los recomendados por la AASHTO para el diseño de pavimentos.

## 2.5. DETERIORO DE LOS PAVIMENTOS

Los pavimentos fallan en modos diversos y por causas variadas, los daños más frecuentes dependen del tipo de estructura del pavimento, de los materiales empleados en su construcción y de las condiciones climáticas en las que la estructura se encuentra sometida. El agrietamiento por fatiga, la deformación longitudinal permanente que causa el aumento sostenido del IRI, y el agrietamiento térmico, son los modos de fallo más frecuentes. En los pavimentos flexibles, donde la capa asfáltica se apoya directamente sobre la base compactada, se observan con frecuencia el agrietamiento por fatiga, producido por la aplicación repetida de cargas que supone el tráfico de vehículos pesados, principalmente.

Para cualquier tipo de daño que manifiesten los pavimentos deben analizarse las siguientes causas probables:

- Diseño insuficiente de la superestructura.
- Inestabilidad de las obras de tierra.
- Deficiencias constructivas.
- Solicitaciones no previstas.
- Inadecuado mantenimiento.

El Manual de Mantenimiento de la AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials) de 1987, describen una serie de deterioros de los pavimentos. Los principales se muestran en las tablas 2.01:

**TABLA 2.01**  
**DETERIOROS EN LA TEXTURA SUPERFICIAL**

<b>FALLAS EN LA TEXTURA SUPERFICIAL</b>	
<b>NOMBRE DEL DETERIORO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
<b>FISURA EN BLOQUE</b>	Gran cantidad de leves fisuras interconectadas que se asemejan a una red de caminos en un mapa, cuando son lo suficientemente anchas como para que el agua penetre en ellas pueden ocasionar daños adicionales en los ciclos de hielo-deshielo y facilitar la corrosión del acero de refuerzo.
<b>DESGASTE SUPERFICIAL O PULIMIENTO DEL AGREGADO</b>	Pulimiento de la superficie que resulta a partir de un intenso tráfico y que se manifiesta con la aparición del agregado grueso sin efectos estructurales dañinos.
<b>AHUELLAMIENTO</b>	Es la formación de depresiones longitudinales sobre la capa de rodamiento, usualmente tienen el ancho de la zona donde pasan las ruedas de los vehículos. Este efecto es generalmente causado por el paso del tráfico y el desplazamiento de la capa de rodamiento sobre la base debido a cargas muy altas. Otras causas probables son una inadecuada compactación durante la construcción o un diseño inapropiado de mezcla.
<b>BACHES</b>	Son huecos de tamaño variable en la capa de rodamiento, causados por la desintegración del concreto asfáltico, que es producida por un mal drenaje y agravado por las cargas del tráfico.
<b>GRIETAS DE REFLEXIÓN</b>	Aparecen en una sobrecapa debido a la presencia de juntas o grietas en una capa inferior, pueden ocurrir longitudinal o transversalmente en relación con la línea central de la rodadura.
<b>GRIETAS DE BORDE</b>	Aparecen en forma paralela a los bordes del pavimento y usualmente a 1 ó 2 pies dentro de los hombros. Se producen por un inadecuado soporte de los hombros.

FUENTE: AASHTO, GUIDE FOR DESIGN OF PAVEMENT STRUCTURES

**TABLA 2.02**  
**DETERIOROS EN LA TEXTURA SUPERFICIAL (CONTINUACION)**

<b>FALLAS EN LA TEXTURA SUPERFICIAL</b>	
<b>NOMBRE DEL DETERIORO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
<b>PIEL DE COCODRILO</b>	Grietas interconectadas formando una serie de pequeños polígonos que asemejan la piel de un lagarto. Son causadas por fatiga y un soporte inadecuado.
<b>CORRUGACIÓN</b>	Son ondulaciones transversales a intervalos regulares sobre la superficie del pavimento, afecta el confort de los usuarios y pueden ser peligrosas en estado severo. Usualmente se producen debido al tráfico sobre mezclas inestables donde el contenido de finos o de asfalto es demasiado alto.
<b>EXUDACIÓN</b>	Condición causada por una concentración de asfalto sobre la superficie del pavimento a partir de una mezcla demasiado rica.
<b>PULIMIENTO DEL AGREGADO</b>	Este deterioro viene asociado a la circulación del tráfico pesado durante largo tiempo, debido al tipo de agregado usado en la mezcla.
<b>DESINTEGRACIÓN</b>	Pérdida de pequeñas partículas de agregado de la superficie de rodadura. Es provocada por una compactación inadecuada, una mezcla demasiado pobre, condiciones inadecuadas durante la construcción, etc.

FUENTE: AASHTO, GUIDE FOR DESIGN OF PAVEMENT STRUCTURES

## **2.6. EVALUACIÓN TÉCNICO-ECONÓMICA DE PAVIMENTOS**

Este es el último paso previo a la toma de decisiones acerca de las diferentes alternativas consideradas para el mantenimiento o construcción de pavimentos dentro de un plan de gestión vial. La evaluación técnico-económica hace uso de diversos parámetros de decisión, con base en la información obtenida en campo por diversos métodos, los cuales deben ser apropiados para garantizar la veracidad de los resultados que se obtendrán al final de este proceso.

### **2.6.1. EVALUACIÓN TÉCNICA**

La evaluación técnica comprende el aspecto funcional y estructural del pavimento, siendo dirigida generalmente hacia los siguientes objetivos:

- 1) Selección de proyectos y estrategias de mantenimiento a nivel de red.
- 2) Identificación de necesidades específicas de mantenimiento a nivel de proyecto.

La información requerida para lograr cada uno de éstos objetivos requiere distintos grados de detalle. Cuando se necesita evaluar la calidad global de un pavimento, es necesario encontrar un índice compuesto, que refleje el resultado de los efectos combinados de diferentes deterioros sobre la serviciabilidad.

## **2.6.2. EVALUACIÓN ECONÓMICA**

El análisis económico debe considerar y evaluar todos los costos que implica cada alternativa propuesta para el mantenimiento o desarrollo de un proyecto o de una red vial.

Una evaluación económica puede llevarse a cabo para determinar factibilidades, o para elegir entre distintas alternativas de un proyecto; para lo cual deben tenerse en cuenta todos los flujos de dinero que se producirán a lo largo de la vida útil del pavimento, es decir, que deben incluirse tanto los costos en el diseño, construcción y mantenimiento de las vías, así como los costos de operación vehicular, los cuales se obtienen a partir de modelos que simulan los efectos de las características físicas y la condición del camino sobre diferentes factores, tales como: la velocidad de operación de los vehículos, consumo de combustible, lubricantes, mantención, etc.

Un análisis económico utiliza diversos indicadores como el Valor Actual Neto (VAN), Tasa Interna de Retorno (TIR), los Costos Recurrentes, Costos Financieros, Costos de Operación Vehicular, Costos de Tiempo de Viaje, Análisis Beneficio-Costo Exógeno, Costos Sociales y Beneficios Económicos Netos.

### **2.6.2.1. VALOR ACTUAL NETO (VAN)**

Es probablemente la medida más certera de la Evaluación Económica. Consiste en pasar los valores totales de los costos y beneficios a valor presente, restar los costos de los beneficios y, de obtener un VAN positivo, se deduce que el proyecto es redituable.

La fórmula del valor presente neto (VPN) es:

$$\sum_{y=1}^{y=P} \frac{\Delta B_y - \Delta C_y}{[1 + 0.01 \times r]^y} \quad \begin{array}{l} \text{ECUACIÓN 2.01} \\ \text{VALOR ACTUAL NETO} \end{array}$$

En donde “P” es el periodo dado en años a lo largo del cual se hará el análisis y “r” es la tasa de crecimiento utilizada para el análisis. La parte de arriba representa la diferencia entre los beneficios y los costos de la alternativa a evaluar medidos con respecto a la alternativa base.

#### 2.6.2.2. TASA INTERNA DE RETORNO (TIR)

Este método es uno de los más ampliamente usados para realizar análisis económicos en ingeniería. Se trata de obtener la tasa de interés que iguala el valor equivalente de flujos de entrada de efectivo (ingresos o ahorros) al equivalente de flujos salientes de efectivo (gastos, incluidos costos de inversión). Cuando la TIR es positiva, significa que la suma de ingresos excede la suma de todos los flujos salientes de efectivo<sup>1</sup>.

La ecuación para obtener la TIR es la siguiente:

$$\sum_{y=1}^{y=P} \frac{\Delta B_y - \Delta C_y}{[1 + 0.01 \times r^0]^y} = 0 \quad \begin{array}{l} \text{ECUACIÓN 4.02} \\ \text{TASA INTERNA DE RETORNO} \end{array}$$

En donde “P” es el periodo en años a lo largo del cual se hará el análisis. La parte de arriba representa la diferencia entre los beneficios y los costos de la alternativa a evaluar medidos con respecto a la alternativa base. “r<sup>0</sup>” es la tasa interna de retorno. El objetivo es calcular “r<sup>0</sup>” en forma iterativa hasta que se cumpla la ecuación.

---

<sup>1</sup> De Garmo, 1997

### **2.6.2.3. COSTO RECUERRENTE**

Los costos recurrentes son aquellos que son repetitivos y tienen lugar cuando una entidad produce bienes o servicios similares sobre una base continua.

### **2.6.2.4. COSTOS FINANCIEROS**

Los costos financieros son las retribuciones que se deben pagar como consecuencia de la necesidad de contar con fondos para mantener en el tiempo, activos que permitan el funcionamiento operativo de la Red Vial.

### **2.6.2.5. COSTOS DE OPERACIÓN VEHICULAR**

Son los costos de las cantidades de recursos consumidos y tiempos perdidos por el tránsito, los cuales están en función de la geometría y condición de la superficie.

### **2.6.2.6. COSTOS DEL TIEMPO DE VIAJE**

Son aquellos montos relacionados con el congestionamiento (detención y arranque constante del vehículo), llegadas tarde a las actividades laborales y el rendimiento de gasolina que un vehículo posee a altas y bajas velocidades

### **2.6.2.7. ANALISIS BENEFICIO/COSTO EXOGENO**

Consiste en la asignación en cada año de costos exógenos entre los cuales podemos mencionar los costos anuales que incurrirá el gobierno a fin de cubrir actividades eventuales en la carretera como (accidentes, fenómenos ambientales y otros), y de beneficios exógenos, tales como los beneficios por ahorros en la reducción de accidentes, riesgos y emergencias; ahorros de pérdidas en el transporte de productos precaderos entre otros.

### **2.6.2.8. COSTOS SOCIALES**

Son los costos generados por un proyecto que no son reflejados en el mercado y que asume el conjunto de la sociedad. Surgen como oposición a los costos privados efectivamente asumidos por el agente económico que los genera.

### **2.6.2.9. BENEFICIO ECONOMICO NETO**

Es un indicador de la creación de ahorro. Si es positivo el valor de los insumos ahorrados será superior al de los invertidos, y por tanto se estará creando “Ahorro”. Si es negativo el valor de los ahorros será inferior al de los insumos, y por tanto se estarán destruyendo recursos, en este caso se denomina pérdida.

# CAPITULO III

---

EVALUACION  
TECNICO-ECONOMICA  
DE LOS PAVIMENTOS

## **3.1. EVALUACION TECNICA DE PAVIMENTOS**

### **3.1.1. INTRODUCCION**

Los pavimentos son estructuras diseñadas para entregar a los usuarios seguridad y comodidad al conducir, esto significa que el camino debe entregar un nivel de servicio acorde a la demanda que lo solicita. Dentro de este aspecto existe lo que se llama evaluación de las condiciones del pavimento, la que se divide en dos grupos, evaluación funcional y evaluación estructural de pavimentos. La agregación de estas dos evaluaciones sintetiza la evaluación técnica de pavimentos. Esta es generalmente dirigida hacia la selección de proyectos y estrategias de tratamiento a nivel de red.

### **3.1.2. DESCRIPCION ACTUAL DEL ESTADO**

Existen diferentes formas de expresar el estado de un pavimento a nivel de red, dentro de las cuales, la “**Auscultación**” se vuelve el método mas detallado para llevar a cabo la evaluación técnica de los pavimentos. El llevar a cabo una auscultación de los pavimentos en forma sistemática puede producir múltiples beneficios, entre los que destacan:

- Determinación de la capacidad estructural.
- Índices de la condición y comportamiento de los pavimentos.
- Identificación de cambios en la condición y comportamiento año a año.
- Distribución de fondos de mantención y rehabilitación en forma más acertada.

Existen diversos tipos de información de auscultación de pavimentos, los cuales se pueden clasificar en dos grandes grupos, auscultación estructural y auscultación funcional. A continuación se muestra un esquema genérico de auscultación de pavimentos<sup>2</sup>.

**a) Auscultación estructural**

- Medida de deflexiones
- Relevamiento de deterioros (Inspección Visual): Baches, Grietas u otros deterioros

**b) Auscultación funcional**

- Medida de regularidad superficial: Present Serviciability Rating (PSR),
- Present Serviciability Index (PSI), International Roughness Index (IRI).
- Relevamiento de deterioros: Pavement Condition Index (PCI)

---

<sup>2</sup> Del Rio, 1,991

## 3.2. REQUERIMIENTOS DE INFORMACION

Para establecer prioridades de actuación e indicar tipo y cantidades de obras de mantenimiento y/o rehabilitación, se requiere contar con la información que permita evaluar los pavimentos.

### 3.2.1. CLASES DE DATOS UTILIZADOS

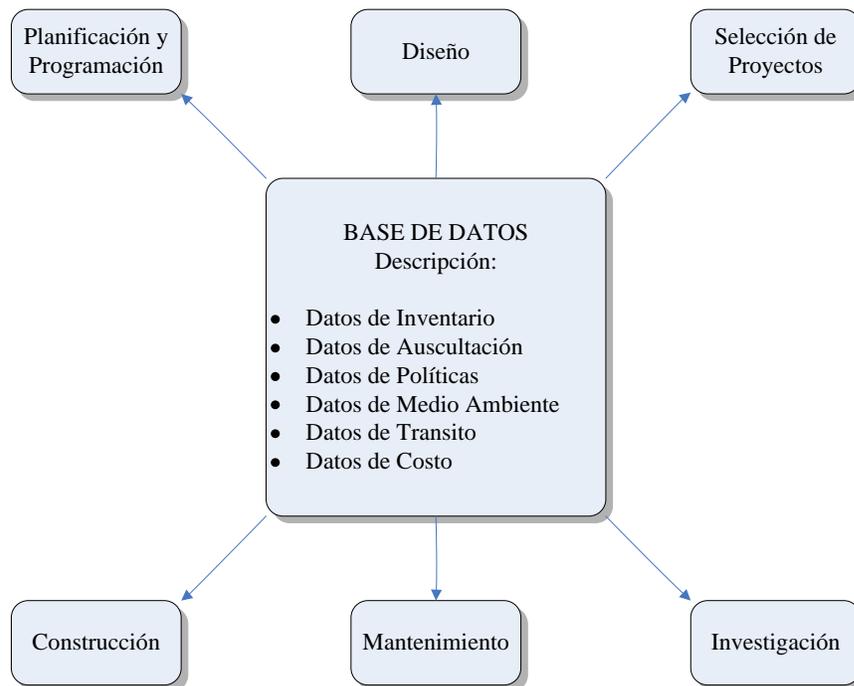
Las clases de datos que pueden ser utilizados por un sistema de gestión de pavimentos, son básicamente los siguientes<sup>3</sup>:

- Datos de Inventario
- Datos de Auscultación
- Datos Históricos (de otros pavimentos, de la construcción, de mantenimiento).
- Datos de Políticas
- Datos de Medio Ambiente
- Datos de Tránsito
- Datos de Costos (de construcción, mantención, rehabilitación y usuarios)

Con estos datos podemos analizar y modelar el comportamiento del pavimento y de esta forma poder determinar el tipo de actuación a realizar, y el momento en el que se debe hacer, por lo que es necesario que los datos sean rápidamente accesibles. (Figura 3.1)

---

<sup>3</sup> Hass, 1993



**FIGURA 3.01**  
**RELACIONES ENTRE DATOS Y BASE DE DATOS (HASS, 1993)**

A continuación se presentan, en las Tablas de la 3.01 a 3.07, la información que cada clase de dato requiere y su utilidad en un proyecto de Gestión de Pavimentos a nivel de Red.

**TABLA 3.01**  
**CLASES DE DATOS DE INVENTARIO**

<b>TIPOS DE DATOS</b>	<b>UTILIDAD</b>
Dimensiones de la Sección	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Desarrollar políticas estándares</li> </ul>
Curvatura	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Desarrollar políticas estándares</li> </ul>
Pendiente Transversal	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Desarrollar políticas estándares</li> </ul>
Grado	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Desarrollar políticas estándares</li> </ul>
Hombros (Bermas)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Desarrollar políticas estándares</li> </ul>

**TABLA 3.02**  
**CLASES DE DATOS DE AUSCULTACIÓN**

<b>TIPO DE DATOS</b>	<b>UTILIDAD</b>
Rugosidad	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Descripción del estado actual. Predicción del estado futuro</li> <li>• Base para el análisis y programación</li> </ul>
Deterioros Superficiales	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Descripción del estado actual.</li> <li>• Predicción del estado futuro</li> <li>• Identificar necesidades presentes y futuras</li> <li>• Programar mantenencias</li> <li>• Determinar la efectividad de los tratamientos.</li> </ul>
Fricción superficial	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Descripción del estado actual</li> <li>• Predicción del estado futuro</li> <li>• Priorizar programación determinar la efectividad de los tratamientos.</li> </ul>
Deflexión	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Descripción del estado actual</li> <li>• Predicción del estado futuro</li> <li>• Identificar insuficiencias estructurales</li> <li>• Priorizar rehabilitación</li> <li>• Determinar restricciones de carga</li> </ul>
Propiedades del material de las capas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Estimar la variabilidad entre secciones</li> <li>• Desarrollar bases para mejorar los estándares de diseño</li> </ul>
Geotecnia	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Definir características generales de los terrenos de fundación.</li> </ul>

**TABLA 3.03**  
**CLASES DE DATOS HISTÓRICOS**

<b>TIPO DE DATOS</b>	<b>UTILIDAD</b>
Historia de Mantenición	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Programa de la mantención</li> <li>• Evaluar la efectividad de la mantención</li> <li>• Determinar la efectividad de los costos de las alternativas de diseño</li> </ul>
Historia de Construcción	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Evaluar efectividad de la construcción</li> <li>• Determinar la efectividad de los costos de las alternativas de diseño y las practicas deconstrucción</li> <li>• Determinar la necesidad de implementar procedimientos que aseguren calidad</li> </ul>
Historia del Transito	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Priorizar la programación</li> <li>• Estimar tendencias del comportamiento</li> </ul>

**TABLA 3.04**  
**CLASES DE DATOS POLÍTICOS**

<b>TIPO DE DATOS</b>	<b>UTILIDAD</b>
Presupuesto	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Priorizar la programación</li> <li>• Seleccionar estrategias de gestión</li> </ul>
Historia de Construcción	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Seleccionar estrategias de gestión</li> <li>• Priorizar la programación</li> </ul>

**TABLA 3.05**  
**CLASES DE DATOS DE MEDIO AMBIENTE**

<b>TIPO DE DATOS</b>	<b>UTILIDAD</b>
Drenaje	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Evaluar el comportamiento de la red</li> </ul>
Clima	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Evaluar el comportamiento de la red</li> </ul>

**TABLA 3.06**  
**CLASES DE DATOS DE TRANSITO**

<b>TIPO DE DATOS</b>	<b>UTILIDAD</b>
Tipos de Vehículos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Conocer las características físicas y económicas de los vehículos que circulan</li> </ul>
Flota Vehicular	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Conocer las características físicas y económicas de los vehículos que circulan en una determinada red</li> </ul>
Volumen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Determinar los costos de operación que solicitan los pavimentos</li> </ul>
Estratigrafía	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Determinar los ejes equivalentes (ESAL`s) que solicitan los pavimentos.</li> </ul>
Ejes Equivalentes	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Estimar el efecto de las cargas en el deterioro de los pavimentos</li> </ul>

**TABLA 3.07**  
**CLASES DE DATOS DE COSTOS**

<b>TIPO DE DATOS</b>	<b>UTILIDAD</b>
Costos de Construcción	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Priorizar la programación</li> <li>• Seleccionar estrategias de inversión de la red</li> </ul>
Costos de Mantenimiento	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Priorizar la programación</li> <li>• Seleccionar estrategias de inversión de la red</li> </ul>
Costos de Rehabilitación	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Priorizar la programación</li> <li>• Seleccionar estrategias de rehabilitación de la red</li> </ul>
Costos de Usuario	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Priorizar la programación</li> <li>• Seleccionar estrategias de gestión</li> </ul>

### 3.2.2. REQUERIMIENTOS DE DATOS DE INVENTARIO

Todos los sistemas de gestión de pavimentos requieren de un inventario de la red vial o de proyecto a analizar. Un inventario contiene las características permanentes del pavimento, por lo que existe una amplia variedad de datos que serán candidatos a considerarse en el inventario. Debido a esto, hay un compromiso entre el nivel de detalle, el costo y el tiempo invertido en la recolección y análisis de los datos. Por esto se han definido los distintos tipos de datos a considerar en la gestión de pavimentos, estos son los siguientes<sup>4</sup>:

- Referencia (Ubicación)
- Descripción de la sección
- Geometría (clasificación y características físicas)
- Estructura del pavimento (espesores y materiales de cada capa)
- Características del suelo de fundación, CBR, módulo resiliente (Mr.) y módulo de reacción de la sub-rasante (K).
- Medio ambiente y drenaje

### 3.2.3. IDENTIFICACIÓN DE LOS TRAMOS Y SECTORES

Para evitar problemas como duplicidad de información, problemas de compatibilidad entre los datos tomados, etc., se hace necesario especificar un método de referencia común para identificar los tramos que permita administrar la información en forma eficiente. Para determinar el tipo de datos a recolectar se puede elegir un método conocido, o implementar uno nuevo; en cualquiera de los casos se debe realizar bajo un estándar conocido, para permitir un intercambio de datos.

---

<sup>4</sup> Hass, 1993

Un método bueno y confiable de referencia es fundamental para cualquier gestión de infraestructura vial. En el caso en estudio se utilizó el método conocido como “**Rama-Sección**”, en el cual las características de la red se definen como ramas (Calles o Avenidas), y las unidades homogéneas de las ramas son definidas como secciones.

Para lograr conocer y ordenar la información recolectada se necesita subdividir la vía en tramos y éstos a su vez en sectores. Este procedimiento se llama tramificación y es indispensable al momento del análisis y la toma de decisiones. En general, tramificación se refiere a la subdivisión de un camino en base a aquellos parámetros que presentan una cierta constancia en el tiempo, por ejemplo: estructura, tránsito y clima. En cambio, sectorización se refiere a la discriminación de sectores distintos, dentro de cada tramo, debido a condiciones de estado del pavimento, por ejemplo: rugosidad y agrietamiento

La definición de “**SECCIONES**” en áreas urbanas se torna bastante difícil, debido al sin número de intersecciones y vías que en ellas existen. Las secciones se definen de acuerdo a la longitud de las cuadras en términos del nombre de la calle y los nombres de las calles que cruzan cada intersección. Además, se definirá como “**SECTOR**”, al conjunto de “Secciones” de un mismo “Tramo” que comparten características específicas (clima, estructura, tránsito, etc.)

A continuación se presentan los Tramos y Secciones empleadas para la realización del Trabajo de Graduación (Tablas 3.08 y 3.10).

TABLA 3.08  
TRAMIFICACIÓN Y SECTORIZACIÓN DE CALLES

CALLE	Tramo	Sección	Tramo	Sección
	3° Calle	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) De 12° Av. Nte. a 10° Av. Nte.</li> <li>2) De 10° Av. Nte. a 8° Av. Nte.</li> <li>3) De 8° Av. Nte. a 6° Av. Nte.</li> <li>4) De 6° Av. Nte. a 4° Av. Nte.</li> <li>5) De 4° Av. Nte. a 2° Av. Nte.</li> <li>6) De 2° Av. Nte. a Avenida M. Gall.</li> <li>7) De Avenida M. Gall. a 1° Av. Nte.</li> <li>8) De 1° Av. Nte. a 3° Av. Nte.</li> <li>9) De 3° Av. Nte. a 5° Av. Nte.</li> <li>10) De 5° Av. Nte. a 7° Av. Nte.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) De 12° Av. a 10° Av.</li> <li>2) De 10° Av. a 8° Av.</li> <li>3) De 8° Av. a 6° Av.</li> <li>4) De 6° Av. a 4° Av.</li> <li>5) De 4° Av. a 2° Av.</li> <li>6) De 5° Av. a 7° Av.</li> </ol>	
1° Calle	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) De 10° Av. Nte. a 8° Av. Nte.</li> <li>2) De 8° Av. Nte. a 6° Av. Nte.</li> <li>3) De 6° Av. Nte. a 4° Av. Nte.</li> <li>4) De 4° Av. Nte. a 2° Av. Nte.</li> <li>5) De 2° Av. Nte. a Avenida M. Gall.</li> <li>6) De Avenida M. Gall. a 1° Av. Nte.</li> <li>7) De 1° Av. Nte. a 3° Av. Nte.</li> <li>8) De 3° Av. Nte. a 5° Av. Nte.</li> <li>9) De 5° Av. Nte. a 7° Av. Nte.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) De 12° Av. Sur a 10° Av. Sur</li> <li>2) De 10° Av. Sur a 8° Av. Sur</li> <li>3) De 8° Av. Sur a 6° Av. Sur</li> <li>4) De 6° Av. Sur a 4° Av. Sur</li> <li>5) De 4° Av. Sur a 2° Av. Sur</li> <li>6) De 2° Av. Sur a Avenida S. Martin</li> <li>7) De Avenida S. Martin a 1° Av. Sur</li> <li>8) De 1° Av. Sur a 3° Av. Sur</li> <li>9) De 3° Av. Sur a 5° Av. Sur</li> <li>10) De 5° Av. Sur a 7° Av. Sur</li> </ol>		
			6° Calle	

TABLA 3.09  
TRAMIFICACIÓN Y SECTORIZACIÓN DE AVENIDAS

AVENIDAS	Tramo	Sección	Tramo	Sección
	<b>12° Avenida</b>	1) De 3° Calle. Pte. a 1° Calle. Pte. 2) De 1° Calle. Pte. a Calle D. Hdez. 3) De Calle D. Hdez. a 2° Calle. Pte. 4) De 2° Calle. Pte. a 4° Calle. Pte. 5) De 4° Calle. Pte. a 6° Calle. Pte.	<b>10° Avenida</b>	1) De 3° Calle. Pte. a 1° Calle. Pte. 2) De 1° Calle. Pte. a Calle D. Hdez. 3) De Calle D. Hdez. a 2° Calle. Pte. 4) De 2° Calle. Pte. a 4° Calle. Pte. 5) De 4° Calle. Pte. a 6° Calle. Pte.
	<b>8° Avenida</b>	1) De 3° Calle. Pte. a 1° Calle. Pte. 2) De 1° Calle. Pte. a Calle D. Hdez. 3) De Calle D. Hdez. a 2° Calle. Pte. 4) De 2° Calle. Pte. a 4° Calle. Pte. 5) De 4° Calle. Pte. a 6° Calle. Pte.	<b>6° Avenida</b>	1) De 3° Calle. Pte. a 1° Calle. Pte. 2) De 1° Calle. Pte. a Calle D. Hdez. 3) De Calle D. Hdez. a 2° Calle. Pte. 4) De 2° Calle. Pte. a 4° Calle. Pte. 5) De 4° Calle. Pte. a 6° Calle. Pte.
	<b>4° Avenida</b>	1) De 3° Calle. Pte. a 1° Calle. Pte. 2) De 1° Calle. Pte. a Calle D. Hdez. 3) De Calle D. Hdez. a 2° Calle. Pte. 4) De 2° Calle. Pte. a 4° Calle. Pte. 5) De 4° Calle. Pte. a 6° Calle. Pte.	<b>2° Avenida</b>	1) De 3° Calle. Pte. a 1° Calle. Pte. 2) De 1° Calle. Pte. a Calle D. Hdez. 3) De Calle D. Hdez. a 2° Calle. Pte. 4) De 2° Calle. Pte. a 4° Calle. Pte. 5) De 4° Calle. Pte. a 6° Calle. Pte.
	<b>Av. Manuel Gallardo Av. San Martin</b>	1) De 3° Calle a 1° Calle. 2) De 1° Calle a Calle Principal 3) De Calle Principal a 2° Calle 4) De 2° Calle a 4° Calle 5) De 4° Calle. a 6° Calle	<b>1° Avenida</b>	1) De 3° Calle Ote. a 1° Calle Ote. 2) De 1° Calle Ote. a Calle C. López 3) De Calle C. López. a 2° Calle Ote. 4) De 2° Calle. Ote. a 4° Calle Ote. 5) De 4° Calle Ote. a 6° Calle Ote.

**TABLA 3.10**  
**CONTINUACIÓN DE TRAMIFICACIÓN Y SECTORIZACIÓN DE AVENIDAS**

<b>AVENIDAS</b>	<b>Tramo</b>	<b>Sección</b>	<b>Tramo</b>	<b>Sección</b>
	<b>3° Avenida</b>	1) De 3° Calle Ote. a 1° Calle Ote. 2) De 1° Calle Ote. a Calle C. López 3) De Calle C. López. a 2° Calle Ote. 4) De 2° Calle. Ote. a 4° Calle Ote. 5) De 4° Calle Ote. a 6° Calle Ote.		<b>5° Avenida</b>
<b>7° Avenida</b>	1) De 3° Calle Ote. a 1° Calle Ote. 2) De 1° Calle Ote. a Calle C. López 3) De Calle C. López. a 2° Calle Ote. 4) De 2° Calle. Ote. a 4° Calle Ote. 5) De 4° Calle Ote. a 6° Calle Ote.			

Para evaluación se contabilizan “**15 Tramos**” y “**90 Secciones**” a ser estudiados, de los cuales se obtuvo información de inventario que comprende, espesores y materiales de las capas de la estructura de pavimentos de la red vial analizada, los cuales fueron obtenidos por medio de “Encuestas” a los habitantes de la zona por no contarse con información técnica sobre la historia de éstos.

Las actividades de bacheo de los últimos 3 años (desde 2,005) y las actividades de recarpeteo realizadas desde 2,003, fueron obtenidas por medio de la Gerencia de Ingeniería del municipio de Santa Tecla, y algunos datos fueron censados como los del párrafo anterior.

TABLA 3.11  
ANTECEDENTES GENERALES DE LA RED VIAL.

Tramo	SECTOR		ESPEORES DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO (MATERIAL CONSTITUYENTE)		
	DE	A	AÑO DE PAVIMENTACION	BASE	CAPA DE RODAMIENTO
3° CALLE	8° Av. Nte.	7° Av. Nte.	2,000	30.00 cm E. F.	15.00 cm AS (SC)
	12° Av. Nte.	8° Av. Nte.	2,000	10.00 cm. Adoquín	15.00 cm AS (SC)
1° CALLE	8° Av. Nte.	7° Av. Nte.	1,994	30.00 cm E. F.	7.00 cm. AS
	12° Av. Nte.	8° Av. Nte.	1,994	10.00 cm. Adoquín	7.00 cm. AS
CALLE D. HDEZ. CALLE C. LOPEZ	8° Av. Nte.	7° Av. Nte.	1,990	30.00 cm E. F.	7.00 cm. AS
	12° Av. Nte.	8° Av. Nte.	1,990	10.00 cm. Adoquín	7.00 cm. AS
6° CALLE	8° Av. Nte.	7° Av. Nte.	1,992	30.00 cm Suelo Cemento	7.00 cm. AS
	12° Av. Nte.	8° Av. Nte.	1,992	10.00 cm. Adoquín	7.00 cm. AS
12° AVENIDA	3° Cl. Pte	6° Cl. Pte.	1,996	10.00 cm. Adoquín	7.00 cm. AS
10° AVENIDA	3° Cl. Pte	6° Cl. Pte.	1,993	10.00 cm. Adoquín	7.00 cm. AS
8° AVENIDA	3° Cl. Pte	6° Cl. Pte.	1,995	10.00 cm. Adoquín	7.00 cm. AS
6° AVENIDA	3° Cl. Pte	6° Cl. Pte.	2,008	20.00 cm Reciclado	2.50 cm. MS
4° AVENIDA	3° Cl. Pte	6° Cl. Pte.	1,985	30.00 cm E. F.	7.00 cm. AS
2° AVENIDA	3° Cl. Pte	6° Cl. Pte.	1,985	30.00 cm E. F.	7.00 cm. AS
AV. M. GALLARDO AV. SAN MARTIN	3° Calle	6° Calle	2,004	30.00 cm E. F.	12.00 cm. (SC) AS
1° AVENIDA	3° Cl. Ote	6° Cl. Ote.	2,004	30.00 cm E. F.	10.00 cm. (SC) AS
3° AVENIDA	3° Cl. Ote	6° Cl. Ote.	2,003	30.00 cm E. F.	10.00 cm. (SC) AS
5° AVENIDA	3° Cl. Ote	6° Cl. Ote.	2,003	30.00 cm E. F.	12.00 cm. (SC) AS
7° AVENIDA	3° Cl. Ote	6° Cl. Ote.	2,002	30.00 cm E. F.	15.00 cm. (SC) AS

FUENTE: ENCUESTA ELABORADA HACIA LOS HABITANTES CERCANOS A LA ZONA  
 DONDE: AS: ASFALTO SC: SOBRE-CAPA DE REFUERZO  
 E.F.: EMPEDRADO FRAGUADO MS: MICRO-SURFACING.

TABLA 3.12  
ANTECEDENTES DE ACTIVIDADES DE REFUERZO (RECARPETEO).

Tramo	SECTOR		REFUERZO		
	DE	A	Año	Espesor (cm.)	Estabilidad Marshall (Kg.)
<b>CALLES</b>					
3° CALLE	12ª Ave. Nte.	7ª Ave. Nte.	2,000	8.00	817.00
1° CALLE	-x-	-x-	-x-	-x-	-x-
CALLE D. HDEZ.	4ª Avenida	2ª Avenida	2,007	6.00	817.00
6° CALLE	12ª Ave. Sur	10ª Ave. Sur	2,004	6.00	817.00
<b>AVENIDAS</b>					
12° AVENIDA	6ª Calle Pte.	3ª Calle Pte.	2,004	6.00	817.00
10° AVENIDA	6ª Calle Pte.	3ª Calle Pte.	1,999	6.00	817.00
8° AVENIDA	-x-	-x-	-x-	-x-	-x-
6° AVENIDA (Reciclado)	6ª Calle Pte.	3ª Calle Pte.	2,008	2.50	817.00
4° AVENIDA	-x-	-x-	-x-	-x-	-x-
2° AVENIDA	2ª Calle Pte.	C. D. Hdez.	2,007	6.00	817.00
AV. M. GALLARDO AV. S. MARTIN	6ª Calle	3ª Calle	2,004	6.00	817.00
1° AVENIDA	4ª Calle Pte.	3ª Calle Pte.	2,004	2.50	817.00
3° AVENIDA	4ª Calle Pte.	3ª Calle Pte.	2,003	2.50	817.00
5° AVENIDA	6ª Calle Pte.	3ª Calle Pte.	2,003	6.00	817.00
7° AVENIDA	2ª Calle Pte.	3ª Calle Pte.	2,002	8.00	817.00

FUENTE: GERENCIA DE INGENIERÍA DE LA ALCALDÍA DE SANTA TECLA Y  
MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS Y ENCUESTAS

**TABLA 3.13**  
**ANTECEDENTES DE ACTIVIDADES DE BACHEO**

<b>Tramo</b>	<b>Sector</b>		<b>Bacheo</b>	
			<b>Año</b>	<b>Área (m<sup>2</sup>)</b>
<b>3° CALLE</b>	12° Av. Nte.	10° Av. Nte.	<b>2,007</b>	<b>19.70</b>
<b>1° CALLE</b>	2° Av. Nte.	7° Av. Nte.	<b>2,005</b>	<b>316.00</b>
	4° Av. Nte.	7° Av. Nte.	<b>2,006</b>	<b>248.92</b>
	1° Av. Nte.	6° Av. Nte.	<b>2,007</b>	<b>75.00</b>
	3° Av. Nte.	2° Av. Nte.	<b>2,007</b>	<b>17.30</b>
<b>CALLE Daniel Hdez.</b>	6° Avenida	2° Avenida	<b>2,005</b>	<b>182.50</b>
	12° Avenida	2° Avenida	<b>2,006</b>	<b>274.73</b>
	12° Avenida	4° Avenida	<b>2,007</b>	<b>443.84</b>
<b>10° AVENIDA</b>	6° Cl. Pte.	2° Cl. Pte.	<b>2,006</b>	<b>255.00</b>
<b>8° AVENIDA</b>	3° Cl. Pte.	Cl. D. Hdez.	<b>2,007</b>	<b>54.50</b>
<b>6° AVENIDA</b>	6° Cl. Pte.	3° Cl. Pte.	<b>2,005</b>	<b>500.00</b>
	6° Cl. Pte.	2° Cl. Pte.	<b>2,006</b>	<b>225.00</b>
	4° Cl. Pte.	3° Cl. Pte.	<b>2,007</b>	<b>93.30</b>
<b>4° AVENIDA</b>	6° Cl. Pte.	4° Cl. Pte.	<b>2,005</b>	<b>40.49</b>
	6° Cl. Pte.	4° Cl. Pte.	<b>2,006</b>	<b>219.19</b>
	6° Cl. Pte.	4° Cl. Pte.	<b>2,007</b>	<b>40.91</b>
<b>2° AVENIDA</b>	4° Cl. Pte.	3° Cl. Pte.	<b>2,005</b>	<b>6.33</b>
	6° Cl. Pte.	3° Cl. Pte.	<b>2,006</b>	<b>305.70</b>
	6° Cl. Pte.	4° Cl. Pte.	<b>2,007</b>	<b>43.15</b>
<b>1° AVENIDA</b>	6° Cl. Ote.	2° Cl. Ote.	<b>2,007</b>	<b>56.99</b>
<b>3° AVENIDA</b>	6° Cl. Ote.	4° Cl. Pte.	<b>2,006</b>	<b>146.03</b>
	6° Cl. Ote.	2° Cl. Ote.	<b>2,007</b>	<b>12.87</b>
<b>7° AVENIDA</b>	6° Cl. Ote.	4° Cl. Ote.	<b>2,007</b>	<b>27.15</b>

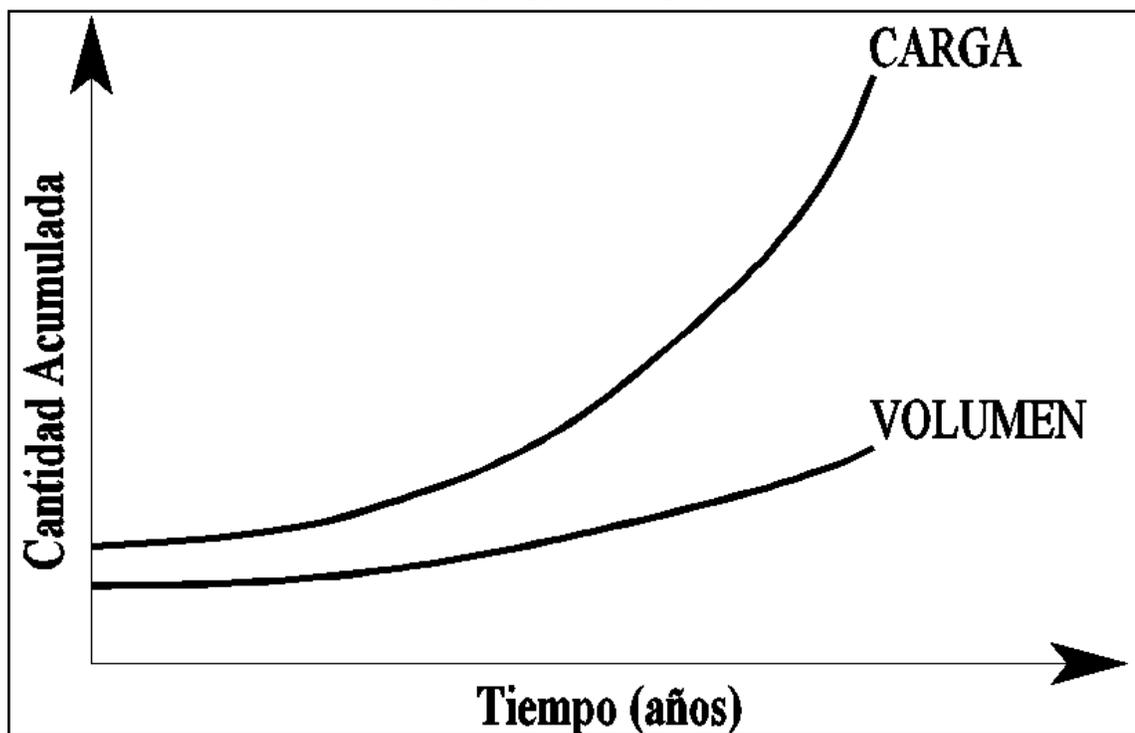
FUENTE: GERENCIA DE INGENIERÍA DE LA ALCALDÍA DE SANTA TECLA

### 3.3. SOLICITACIONES DE TRANSITO

El transito solicitante es un factor de primera importancia a la hora de determinar o predecir el daño en el tiempo que sufrirá un pavimento en un período dado. Se puede apreciar que el volumen de vehículos ha crecido en forma importante en los últimos años, pero ese aumento ha sido aún mayor si lo vemos en términos de la carga que se transporta (Figura 3.02), esta situación tiene una implicancia significativa en el comportamiento de los pavimentos.

Las cargas de los vehículos son transmitidas al pavimento mediante dispositivos de apoyo multirruedas, para distribuir la carga total sobre una superficie mayor. Esto tiene el efecto de reducir las tensiones y deformaciones que se desarrollan al interior de la superestructura.

FIGURA 3.02  
SOLICITACIÓN DE TRANSITO.



### 3.3.1. EFECTOS DE LAS CARGAS EN LOS PAVIMENTOS

Las solicitaciones de cargas en los pavimentos son las principales causas del deterioro de los caminos, a lo cual se agrega el efecto del clima. Estos dos tipos de solicitaciones se suman llevando a la consiguiente pérdida de capacidad del pavimento. Uno de los mayores problemas que se encuentran en las predicciones teóricas sobre el efecto destructivo de las cargas del tránsito, es el de decidir cual es el criterio determinante a utilizar: tensión, deformación o serviciabilidad. Aun definido este problema la dificultad persiste debido a la multiplicidad de factores que intervienen, esto es, tipo de apoyo, intensidad y frecuencia de las cargas, rigidez relativa de las capas componentes, etc.

En general las cargas no son relevantes si su intensidad no sobrepasa un determinado valor. Es por esto que no se consideran los vehículos livianos, autos y camionetas, y sólo son determinantes en el diseño los vehículos comerciales: camiones y buses. Los tipos de apoyo más usuales de los vehículos comerciales son los siguientes (Figura 3.03):

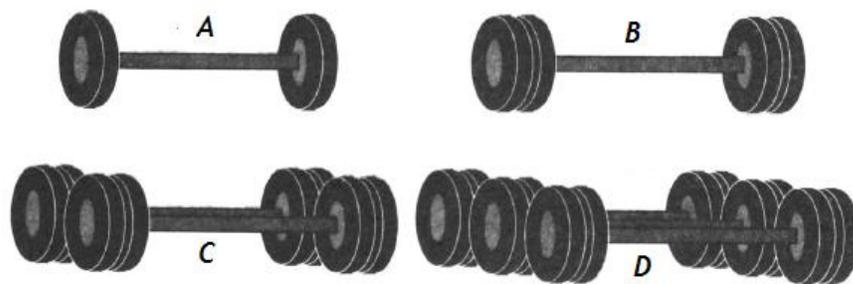


FIGURA 3.03  
CONFIGURACIÓN DE EJES COMÚNMENTE UTILIZADOS.

Donde:

- |                                |                                |
|--------------------------------|--------------------------------|
| A. Eje Simple, Rueda Radial    | C. Eje Tándem, Rueda Comercial |
| B. Eje Simple, Rueda Comercial | D. Eje Tridem, Rueda Comercial |

### **3.3.2. CARACTERÍSTICAS DEL TRANSITO**

Un aspecto muy importante en la determinación de las solicitudes de tránsito es conocer de forma precisa las características del mismo, que va desde conocer los tipos de vehículos circulantes hasta los niveles de carga de ellos.

#### **3.3.2.1. CENSO DE TRANSITO (VOLÚMENES Y CARGAS)**

Esta actividad consiste en desarrollar una metodología eficiente mediante la cual se puede tener un conocimiento global del tránsito que circula por la red y determinar las principales características de la utilización de los caminos nacionales. A continuación se entrega una lista de recomendaciones para la realización de un censo de tránsito.

##### **a) Características del Censo**

- i. Se hace cada dos años:
- ii. En días laborales.

El Transito Promedio Diario Anual (TPDA), corresponde a la cantidad total de vehículos que circulará en promedio cada día por la vía durante los 365 días del año. Este valor se obtiene a partir del promedio aritmético de los Tránsitos Promedios Diarios Anuales, para cada día del año.

##### **b) Selección de zonas y caminos tipo**

Se basa en dos factores:

- Factores climáticos; y
- Actividad productiva preponderante.

c) **Clasificación de Vehículos censados:**

- Autos,
- Camionetas y Pick-ups
- Microbuses
- Buses
- Camiones Simples de 2 ejes

**3.3.2.2. PROCEDIMIENTO PARA OBTENER EL “TPDA”**

Para obtener el TPDA, se utilizó como metodología, realizar en primera instancia el conteo correspondiente al Tránsito de Hora Pico o VHD (Volumen Horario Diario), el cual fue medido en campo entre las 6:30 a.m. y 7:30 a.m., y del cual, se calculó el TPDA haciendo uso de un “Factor de Hora Pico” igual “**0.12**”, el cual es el recomendado por AASHTO, para tránsito sin variaciones estacionales. Como resultados se obtuvo para el Centro Histórico del municipio de Santa Tecla los siguientes Tránsitos Promedios Diarios Anuales (TPDA’s):

TABLA 3.14  
TRANSITO PROMEDIO DIARIO ANUAL (TPDA) DE AVENIDAS.

<b>TRANSITO</b>								
Tramo	Tipo	Composición						TPDA TOTAL
		Autos	Pick-up	Microbús Pequeño	Microbús Mediano	Buses	C-2	
<b>AVENIDAS</b>								
12° Avenida	VHD	89	26	26	1	65	35	<b>2,002</b>
	TPDA	<b>738</b>	<b>213</b>	<b>213</b>	<b>12</b>	<b>538</b>	<b>288</b>	
10° Avenida	VHD	459	176	33	30	116	77	<b>7,414</b>
	TPDA	<b>3,825</b>	<b>1,463</b>	<b>275</b>	<b>250</b>	<b>963</b>	<b>638</b>	
8° Avenida	VHD	255	67	102	6	21	26	<b>3,971</b>
	TPDA	<b>2,125</b>	<b>560</b>	<b>850</b>	<b>50</b>	<b>173</b>	<b>213</b>	
6° Avenida	VHD	195	113	99	51	36	26	<b>4,331</b>
	TPDA	<b>1,625</b>	<b>938</b>	<b>825</b>	<b>425</b>	<b>303</b>	<b>215</b>	
4° Avenida	VHD	206	103	134	0	5	72	<b>4,333</b>
	TPDA	<b>1,715</b>	<b>860</b>	<b>1,115</b>	<b>0</b>	<b>43</b>	<b>600</b>	
2° Avenida	VHD	248	101	120	0	8	60	<b>4,464</b>
	TPDA	<b>2,063</b>	<b>838</b>	<b>1,000</b>	<b>0</b>	<b>63</b>	<b>500</b>	
Av. M. Gallardo Av. San Martín	VHD	195	157	27	5	6	53	<b>3,690</b>
	TPDA	<b>1,625</b>	<b>1,312</b>	<b>225</b>	<b>40</b>	<b>50</b>	<b>438</b>	
1° Avenida	VHD	195	157	27	5	0	60	<b>3,702</b>
	TPDA	<b>1,625</b>	<b>1,312</b>	<b>225</b>	<b>40</b>	<b>0</b>	<b>500</b>	
3° Avenida	VHD	383	150	90	45	48	71	<b>6,551</b>
	TPDA	<b>3,188</b>	<b>1,250</b>	<b>750</b>	<b>375</b>	<b>400</b>	<b>588</b>	
5° Avenida	VHD	501	129	123	84	54	57	<b>7,900</b>
	TPDA	<b>4,175</b>	<b>1,075</b>	<b>1,025</b>	<b>700</b>	<b>450</b>	<b>475</b>	
7° Avenida	VHD	815	143	113	57	134	57	<b>10,974</b>
	TPDA	<b>6,788</b>	<b>1,188</b>	<b>938</b>	<b>475</b>	<b>1,113</b>	<b>472</b>	

TABLA 3.15  
TRANSITO PROMEDIO DIARIO ANUAL (TPDA) DE CALLES.

<b>TRANSITO</b>								
<b>Tramo</b>		<b>Composición</b>						<b>TPDA TOTAL</b>
		<b>Autos</b>	<b>Pick-up</b>	<b>Microbús Pequeño</b>	<b>Microbús Mediano</b>	<b>Buses</b>	<b>C-2</b>	
<b>CALLES</b>								
<b>3° Calle</b>	VHD	252	38	33	78	200	64	<b>5,535</b>
	<b>TPDA</b>	<b>2,100</b>	<b>313</b>	<b>275</b>	<b>650</b>	<b>1,663</b>	<b>534</b>	
<b>1° Calle</b>	VHD	142	56	54	6	33	23	<b>2,611</b>
	<b>TPDA</b>	<b>1,185</b>	<b>463</b>	<b>450</b>	<b>50</b>	<b>275</b>	<b>188</b>	
<b>Calle D. Hdez. Calle C. López</b>	VHD	93	31	23	38	54	111	<b>2,911</b>
	<b>TPDA</b>	<b>775</b>	<b>262</b>	<b>188</b>	<b>313</b>	<b>450</b>	<b>923</b>	
<b>6° Calle</b>	VHD	462	111	51	24	122	18	<b>6,565</b>
	<b>TPDA</b>	<b>3,850</b>	<b>925</b>	<b>425</b>	<b>200</b>	<b>1,015</b>	<b>150</b>	

### 3.3.2.3. EJES EQUIVALENTES DE CARGA (ESAL'S)

Se utiliza para determinar el efecto destructivo, dependiendo de las cargas y tipo de eje de los vehículos. Para esto se ha definido como eje estándar a un eje simple de rueda comercial, de carga de 18 kips, 8.16 Ton o 80 kN.

Para la Composición de la Flota de Vehículos que circula sobre la red vial analizada, se calculó el efecto destructivo de cada tipo de vehículo, conocido como “Factor de Camión” (LEF's), sobre el pavimento, por medio de la tabla 3.16, considerando un Número Estructural del Pavimento de “SN = 3.0” y una Serviciabilidad Final de “Po = 2.5”

TABLA 3.16  
FACTORES EQUIVALENTES DE CARGA (LEF'S) PARA PAVIMENTOS FLEXIBLES, EJES SIMPLES, PT = 2,5

Carga por Eje (kips)	Numero Estructural (SN)					
	1	2	3	4	5	6
2	0.0004	0.0004	<b>0.0003</b>	0.0002	0.0002	0.0002
4	0.003	0.004	<b>0.004</b>	0.003	0.002	0.002
6	0.011	0.017	<b>0.017</b>	0.013	0.01	0.009
8	0.032	0.047	<b>0.051</b>	0.041	0.034	0.031
10	0.078	0.102	<b>0.118</b>	0.102	0.088	0.08
12	0.168	0.198	<b>0.229</b>	0.213	0.189	0.176
14	0.328	0.358	<b>0.399</b>	0.388	0.36	0.342
16	0.591	0.613	<b>0.646</b>	0.645	0.623	0.606
18	1.00	1.00	<b>1.00</b>	1.00	1.00	1.00
20	1.61	1.57	<b>1.49</b>	1.47	1.51	1.55
22	2.48	2.38	<b>2.17</b>	2.09	2.18	2.30
24	3.69	3.49	<b>3.09</b>	2.89	3.03	3.27
26	5.33	4.99	<b>4.31</b>	3.91	4.09	4.48
28	7.49	6.98	<b>5.90</b>	5.21	5.39	5.98
30	10.3	9.5	<b>7.9</b>	6.8	7.0	7.8
32	13.9	12.8	<b>10.5</b>	8.8	8.9	10.0
34	18.4	16.9	<b>13.7</b>	11.3	11.2	12.5
36	24.0	22.0	<b>17.7</b>	14.4	13.9	15.5
38	30.9	28.3	<b>22.6</b>	18.1	17.2	19.0
40	39.3	35.9	<b>28.5</b>	22.5	21.1	23.0
42	49.3	45.0	<b>35.6</b>	27.8	26.6	27.7
44	61.3	55.9	<b>44.0</b>	34.0	31.0	33.1
46	75.5	68.8	<b>54.0</b>	41.4	37.2	39.3
48	92.2	83.9	<b>65.7</b>	50.1	44.5	45.5
50	112	102	<b>79</b>	60	53	55

FUENTE: AASHTO, GUIDE FOR DESIGN OF PAVEMENT STRUCTURES

TABLA 3.17  
FACTOR DE CAMIÓN (LEF's) PARA CADA TIPO DE VEHÍCULO

<b>CALCULO DE ESAL's POR VEHICULO</b>						
<b>VEHICULO</b>	<b>ESQUEMA</b>	<b>EJE</b>	<b>TIPO DE EJE</b>	<b>PESO Ton (kips)</b>	<b>LEF's</b>	<b>Factor de Camion</b>
<b>AUTO</b>		<b>de Dirección</b>	<b>Simple</b> (Ruedas Radiales)	<b>1.00 (2.20)</b>	<b>0.00067</b>	<b>0.0013</b>
		<b>de Tracción</b>	<b>Simple</b> (Ruedas Radiales)	<b>1.00 (2.20)</b>	<b>0.00067</b>	
<b>PICK-UP</b>		<b>de Dirección</b>	<b>Simple</b> (Ruedas Radiales)	<b>1.00 (2.20)</b>	<b>0.00067</b>	<b>0.0280</b>
		<b>de Tracción</b>	<b>Simple</b> (Ruedas Radiales)	<b>3.00 (6.61)</b>	<b>0.02737</b>	
<b>MICROBUS PEQUEÑO</b>		<b>de Dirección</b>	<b>Simple</b> (Ruedas Radiales)	<b>1.50 (3.31)</b>	<b>0.00272</b>	<b>0.0301</b>
		<b>de Tracción</b>	<b>Simple</b> (R. Comerciales)	<b>3.00 (6.61)</b>	<b>0.02737</b>	
<b>MICROBUS MEDIANO</b>		<b>de Dirección</b>	<b>Simple</b> (Ruedas Radiales)	<b>4.00 (8.82)</b>	<b>0.07847</b>	<b>1.0148</b>
		<b>de Tracción</b>	<b>Simple</b> (R. Comerciales)	<b>8.00 (17.64)</b>	<b>0.93628</b>	
<b>AUTOBUS</b>		<b>de Dirección</b>	<b>Simple</b> (Ruedas Radiales)	<b>6.00 (13.23)</b>	<b>0.33355</b>	<b>3.3362</b>
		<b>de Tracción</b>	<b>Simple</b> (R. Comerciales)	<b>10.80 (23.81)</b>	<b>3.00260</b>	
<b>CAMION C-2</b>		<b>de Dirección</b>	<b>Simple</b> (Ruedas Radiales)	<b>5.00 (11.00)</b>	<b>0.17628</b>	<b>2.3463</b>
		<b>de Tracción</b>	<b>Simple</b> (R. Comerciales)	<b>10.00 (22.00)</b>	<b>2.17000</b>	

Ya habiendo establecido el “Tránsito Promedio Diario Anual” (TPDA) para cada tramo y calculado el “Factor de Camión” (LEF's) para cada vehículo, se obtiene la cantidad de ESAL's, los cuales se presentan a continuación:

**TABLA 3.18**  
**NUMERO DE EJES EQUIVALENTES DE CARGA (ESAL's)**

<b>TRANSITO</b>		
<b>Tramo</b>	<b>TPDA</b>	<b>ESAL's</b>
		Millones (x10 <sup>6</sup> )
<b>CALLES</b>		
3° Calle	5,535	2,730,340
1° Calle	2,611	1,524,648
Calle D. Hernández Calle C. López	2,911	1,459,468
6° Calle	6,565	1,454,514
<b>AVENIDAS</b>		
7° Avenida	10,974	1,961,225
5° Avenida	7,900	1,238,320
3° Avenida	6,551	1,152,121
1° Avenida	3,702	459,705
Av. M. Gallardo Av. San Martin	3,690	467,494
2° Avenida	4,464	525,481
4° Avenida	4,333	588,084
6° Avenida	4,331	729,956
8° Avenida	3,971	427,699
10° Avenida	7,414	1,831,479
12° Avenida	2,002	911,086

Se presentan a continuación, algunas características técnicas de operación de los vehículos que componen la Flota Vehicular que circula sobre la Red Vial del municipio, los cuales se utilizarán en análisis posteriores. Estos valores han sido obtenidos de diferentes maneras, algunos son datos sugeridos por “HDM-III” para el modelaje de la flota vehicular tales como: Espacio Equivalente en Vehículo de Pasajeros, Número de Reencauches, Costo de Reencauche, Porcentaje de Uso Privado y Porcentaje de Viajes de Trabajo ; por otro lado, hay ciertos datos como: Número de Ruedas, Número de Ejes, Tipo de Neumático, Vida Media, Pasajeros y el Peso en Marcha; que han sido obtenidos a partir de las descripciones de diversos concesionarios y constructores de vehículos. Además, los datos como: Kilómetros Anuales y Horas de Trabajo, han sido estimados a partir del supuesto de que el recorrido de un vehículo a una velocidad de 50.00 km/h, se efectúa a lo largo del municipio de Santa Tecla.

**TABLA 3.19**  
**CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS OPERACIONALES**

Nombre	Auto	Pick-up	Microbús Pequeño	Microbús Mediano	Autobús	Camión C2
<b>ESPECIFICACIONES TECNICAS</b>						
Espacio Equivalente en vehículo de Pasajeros	1.00	1.00	1.20	1.30	1.50	1.40
Número de Ruedas	4	4	4	6	6	6
Número de Ejes	2	2	2	2	2	2
Tipo de Neumático	Radial	Convencional	Radial	Convencional	Convencional	Convencional
Número de Reencauches	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3
Costo de Reencauche	15 %	15 %	15 %	15 %	15 %	15 %
Kilómetros Anuales	23,000	30,000	30,000	70,000	70,000	40,000
Horas Trabajo	550	1,300	750	1,750	1,750	1,200
Vida Media (años)	10	8	8	7	7	7
Uso Privado	60%	30%	5%	0	0	0
Pasajeros	2	0	12	20	50	0
Viajes de Trabajo	40%	70%	90%	95%	95%	95%
ESAL´s	0.0013	0.0280	0.0301	1.0148	3.3362	2.3463
Peso en Marcha	2 Ton.	3 Ton.	3 Ton.	6 Ton.	10 Ton.	15 Ton.

### **3.4. SOLICITACIONES DE MEDIO AMBIENTE**

Dentro de las principales solicitaciones a las que se ven sometidos los pavimentos, además del Tránsito que circula sobre él, tenemos las solicitaciones generadas por las condiciones medioambientales del entorno, las cuales se representan por medio de la temperatura y la lluvia (precipitaciones), bajo estas condiciones se pueden tener diversidad de efectos sobre los pavimentos, los cuales se muestran a continuación:

#### **3.4.1. EFECTOS DE LA TEMPERATURA**

- Producirá envejecimiento superficial de la capa de rodado.
- Efecto de altas temperaturas:
  - ✓ Ablandamiento del asfalto (reduciendo el espesor).
  - ✓ Reducción de la viscosidad del asfalto.

#### **3.4.2. EFECTOS DE LA HUMEDAD (PRECIPITACIONES)**

En general, tendremos las siguientes consecuencias:

- Disgregación de la mezcla.
- Transporte de contaminantes en grietas.
- Reducción de la resistencia y estabilidad de la base, sub-base y sub-rasante.
- También afecta la resistencia al deslizamiento.

Los efectos que se generan a partir de las condiciones Medioambientales antes mencionadas, deben de tener especial consideración al momento de proponer un programa de mantenimiento, por lo cual se obtuvo la siguiente información sobre las condiciones medioambientales del municipio de Santa Tecla.

**TABLA 3.20**  
**CONDICIONES CLIMÁTICAS DEL MUNICIPIO DE SANTA TECLA**

<b>CONDICIONES CLIMATICAS</b>	
<b>TEMPERATURA</b>	
Mínima	<b>14° C</b>
Promedio	<b>18° C – 24° C</b>
Máxima	<b>30° C</b>
Temperatura del Pavimento	<b>28° C (Noche) – 48° C (Mediodía)</b>
<b>PRECIPITACIONES</b>	
Mínima	<b>1,900 mm.</b>
Promedio	<b>2,200 mm.</b>
Máxima	<b>2,550 mm.</b>
<b>ALTITUD</b>	<b>789 m.s.n.m</b>

FUENTE: SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICO DEL MUNICIPIO DE SANTA TECLA

### **3.5. DETERIORO SUPERFICIAL**

En nuestra sociedad actual, para cualquier persona resulta algo cotidiano el salir a la calle y tener que lidiar con muchos factores adversos, entre ellos destacan las fallas superficiales del pavimento; ya sean baches, grietas, parches en mal estado, etc. Todos ayudan a generar congestión, inseguridad en el viaje, gastos al usuario (directo o indirecto) y en fin, a hacernos más complicada la vida diaria. Es por ello que resulta necesario evaluar la situación actual; el conocer las fallas, su ubicación y causas puede ayudar a generar respuesta a los problemas.

Al evaluar el estado de un pavimento, se busca calificar y cuantificar la habilidad del pavimento para continuar proporcionando un buen servicio a los usuarios, con las tasas de tráfico presentes. Sus usos más importantes son determinar deficiencias o insuficiencias, proporcionar soluciones y dar una base de datos para proyectar el comportamiento futuro.

Uno de los factores que influyen de gran manera, son las fallas superficiales o deterioros del pavimento; dichos factores influyen tanto en la vida útil del pavimento, como en el servicio que prestan al público. De lo anterior se deduce que resulta importante poder conocer varios aspectos relacionados con las diferentes fallas:

- Una clasificación, para poder identificarlas.
- Las posibles causas y consecuencias.
- Un método para medir.

### **3.5.1. DETERIORO EN PAVIMENTOS**

En términos generales se entenderá por deterioro de pavimentos a una serie de manifestaciones superficiales de la capa de rodado, haciendo que la circulación vehicular sea menos segura, confortable y que los costos de operación sean mayores. Cuando se producen daños que se manifiestan superficialmente en forma de pérdida de geometría, deterioro en el rodado u otros, deben analizarse cuidadosamente las causas de falla que los originan. En términos generales se pueden especificar cinco tipos:

- Diseño insuficiente de la superestructura.
- Inestabilidad de las obras de tierra,
- Deficiencias constructivas.
- Solicitaciones no previstas.
- Inadecuada mantención.

### **3.5.2. ÍNDICE DE CONDICIÓN DE PAVIMENTOS (PCI)**

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

El PCI es un índice numérico que varía desde cero (0), para un pavimento fallado o en mal estado, hasta cien (100) para un pavimento en perfecto estado (Tabla 3.21).

**TABLA 3.21**  
**RANGOS DE CLASIFICACIÓN DEL PCI**

<b>Rangos</b>	<b>Clasificación</b>
100 – 85	Excelente
85 – 70	Muy Bueno
70 – 55	Bueno
55 – 40	Regular
40 – 25	Malo
25 – 10	Muy Malo
10 – 0	Fallado

**FUENTE: MANUAL PCI**

El cálculo del PCI se fundamenta en los resultados de un inventario visual de la condición del pavimento en el cual se establecen CLASE, SEVERIDAD y CANTIDAD de cada daño presenta. El PCI se desarrolló para obtener un índice de la integridad estructural del pavimento y de la condición operacional de la superficie. La información de los daños obtenida como parte del inventario ofrece una percepción clara de las causas de los daños y su relación con las cargas o con el clima.

### **3.5.2.1. EVALUACION DE LA CONDICION DEL PAVIMENTO.**

Para ejecutar estudios confiables de pavimentos, se debe caracterizar la magnitud e identificar la severidad de cada tipo de falla, para ello se hace uso, en nuestro caso, del “**CATALOGO CENTROAMERICANO DE DAÑOS A PAVIMETOS VIALES**” (Anexo “A”).

Aquí, los encargados de los proyectos entran en conflicto, ya que necesitan una forma práctica de evaluar prioridades en las decisiones a tomar. En el pavimento, la recolección de datos de dicho tipo se usa como un parámetro importante para cuantificar la calidad de servicio que este otorga a los usuarios. Esto es importante a ambos niveles, de red y proyecto, aunque el nivel de detalle requerido en cada caso es considerablemente diferente.

A nivel de la red, la preocupación está en cómo determinar los tratamientos que se requieren, por ejemplo, mantenimiento continuado, rutinario o pulido superficial. Un apropiado índice compuesto es útil para esta situación. Por lo cual, el Índice de Condición del Pavimento (PCI, por su sigla en inglés), constituye la metodología más completa para la evaluación y calificación objetiva de pavimentos, flexibles y rígidos, dentro de los modelos de Gestión Vial disponibles en la actualidad. La metodología es de fácil implementación y no requiere de herramientas especializadas más allá de las que constituyen el sistema.

### 3.5.2.2. PROCEDIMIENTO DE EVALUACION DE LA CONDICION DE PAVIMENTOS ASFALTICOS

La primera etapa para el cálculo de dicho índice, corresponde al trabajo de campo en el cual se identifican los daños teniendo en cuenta la clase, severidad y extensión de los mismos. Esta información se registra en formatos adecuados para tal fin. La Figura 3.04 ilustra el formato para la inspección de pavimentos asfálticos.

<b>INDICE DE CONDICION DE PAVIMENTOS</b>						
Tramo: _____		Estacion Inicial: _____				
Dpto.: _____		Estacion Final: _____				
Fecha: _____		Ancho de Calzada: _____				
Realizo: _____		Área: _____				
<b>DETERIOROS</b>				<b>ESQUEMA:</b>		
1	Piel de Cocodrilo	11	Parchado			
2	Exudacion	12	Pulim. de Agregados			
3	Fisura en Bloque	13	Huecos (Baches)			
4	Abultam. Y Hundim.	14	Cruce de Vias Ferreas			
5	Corrugaciones	15	Ahuellamiento			
6	Depresiones	16	Desplazamiento			
7	Grieta de Borde	17	Grietas Parabolicas			
8	Grieta por Reflexion	18	Hinchamiento			
9	Desnivel Carril/Hombro	19	Despren. de Agregados			
10	Grietas Long. y Transv.					
DAÑO	SEVERIDAD	CANTIDADES PARCIALES		TOTAL	DENSIDAD	Dv

FIGURA 3.04

FORMATO DE EXPLORACIÓN DE CONDICIÓN PARA CARRETERAS CON SUPERFICIE ASFÁLTICA.

### 3.5.2.2.1. Evaluación de la Condición

La evaluación de la condición incluye los siguientes aspectos:

#### a) Equipo.

- Odómetro manual para medir las longitudes y las áreas de los daños.
- Regla y una cinta métrica para medir las profundidades de los ahuellamientos o depresiones.
- Manual de Daños, 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. Se deben conocer y seguir estrictamente las definiciones y procedimientos de medida de los daños. Se usa un formulario para cada unidad de muestreo y en los formatos, cada renglón se usa para registrar un daño, su extensión y su nivel de severidad.

#### c) Seguridad

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 acompañante y para el personal en la vía.

### 3.5.3. RESULTADOS

En el caso de la Red Vial del municipio de Santa Tecla, a continuación se muestran breves descripciones sobre el estado de los pavimentos, además, de los resultados del relevamiento de deterioros efectuado

A continuación de estos, se presentan los Índices de Condición de Pavimentos (PCI), calculados utilizando el software “UnalPCIA”, desarrollado por el Ing. Luis Ricardo Vázquez Varela, Ingeniero Civil. Especialista en Vías y Transporte, de la Universidad Nacional de Colombia.

- **Descripción: 3ª CALLE**

Este camino está constituido por Concreto Asfáltico el cual descansa sobre una base de Empedrado-Fraguado. Además, posee una Sobre-capa de refuerzo de 8.00 cm. Dentro de los deterioros característicos de esta calle tenemos Piel de Cocodrilo de media y baja severidad, ahuellamientos de 11.00 mm como promedio, baches de baja y media severidad y series de agrietamientos localizados. Es de hacer notar que en el tramo que se ubica entre la 5ª y 3ª Av. Norte, se localiza una Abultamientos, Baches y Ahuellamientos de Alta Severidad que se extiende 7.50 m. los cuales provocan una seria incomodidad al tránsito. La sobre-capa de refuerzo de esta vía, provoca el emposamiento de agua en la tapas de alcantarilla.



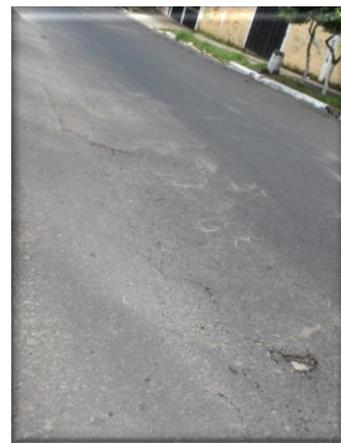
**FIGURA 3.05**  
**BACHES DE ALTA SEVERIDAD CON AGUA**



**FIGURA 3.06**  
**ABULTAMIENTOS**



**FIGURA 3.07**  
**AHUELLAMIENTO CON AGUA**



**FIGURA 3.08**  
**AGRIETAMIENTOS**





- **Descripción: 1ª CALLE**

Esta calle presenta una carpeta de concreto asfáltico de 7.00 cm. apoyada sobre una base de empedrado de 30.00 cm. de espesor. La carpeta presenta diversos tipos de deterioro, tales como: Piel de Cocodrilo, Fisura en Bloque, Baches, Bacheo en malas y pésimas condiciones, ahuellamiento, depresión, fisura de borde y desprendimientos de agregados, por lo cual esta arteria es una de las cuales deben de ser intervenidas con urgencia, ya que por ella transita un importante volumen de tránsito de buses y camiones.



**FIGURA 3.09**  
**HUNDIMIENTO DE 6.00 cm.**



**FIGURA 3.10**  
**BACHE DE ALTA SEVERIDAD**



**FIGURA 3.11**  
**PIEL DE COCODRILO, BACHES Y**  
**DESPRENDIMIENTO**



**FIGURA 3.12**  
**DEPRESIÓN DE 8.00 mm.**

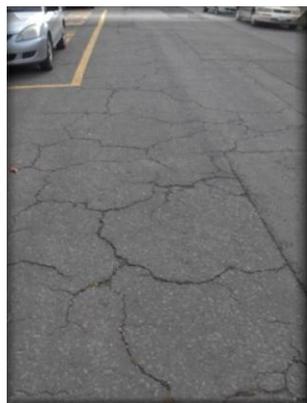




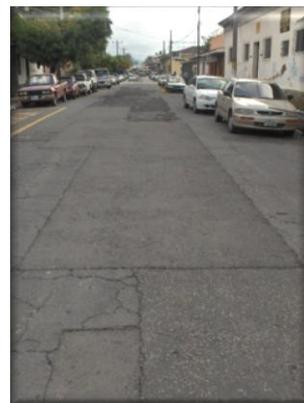
- **Descripción: CALLE DANIEL HERNANDEZ Y CIRIACO LOPEZ**

Esta Arteria se ha dividido en tres tramos para su descripción:

**Tramo 1:** Este se encuentra entre la 5ª y 7ª Avenida, y presenta Fisura en Bloque y Bacheo en mal estado como deterioros característicos; posee una carpeta de concreto asfáltico de 7.00 cm. sobre una base de empedrado.



**FIGURA 3.13**  
**FISURA EN BLOQUE**



**FIGURA 3.14**  
**BACHEOS IRREGULARES**

**Tramo 2:** Este tramo se localiza entre la 2ª y 4ª Avenida, el cual está constituido por una carpeta de concreto asfáltico de 7.00 cm. la cual está reforzada con una sobre-capa de 6.00 cm. colocada en 2,007 y descansa sobre una base de piedra. Este tramo NO presenta deterioro, salvo algunos indicios de peladura.



**FIGURA 3.15**  
**FISURA EN BLOQUE**



**FIGURA 3.16**  
**DESNIVEL CARRIL/HOMBRO**

**Tramo 3:** Este tramo comprende desde la 4ª avenida hasta la 12ª Avenida, el cual posee Piel de Cocodrilo, Baches, Agrietamientos y Bacheos de distintas severidades como deterioros, los que se presentan en carpeta de concreto asfáltico de 7.00 cm. apoyada sobre una base de piedra.



**FIGURA 3.17**  
**PIEL DE COCODRILO DE MEDIA SEVERIDAD**



**FIGURA 3.18**  
**HUNDIMIENTO DE 6.00 cm.**



- **Descripción: 6ª CALLE**

Esta vía posee como daños característicos Piel de Cocodrilo de media y baja severidad, así como también, baches que varían entre 10.00 cm a 70.00 cm de diámetro, bacheo irregular de bajo y medio impacto y ahuellamiento promedio de 6.00 mm., su estructura está compuesta por una base de Suelo-cemento de 30.00 cm. cubierta por una carpeta de mezcla asfáltica de 7.00 cm. Es de hacer notar, que el tramo que se encuentra entre la 12ª y 10ª Avenida Sur posee una sobre capa de 6.00 cm, la cual provoca la pérdida del nivel de cota que causa el emposamiento de agua sobre la carpeta.



**FIGURA 3.19**  
**PERDIDA DE NIVEL DE COTA**



**FIGURA 3.20**  
**BACHEO EN MALAS CONDICIONES.**





- **Descripción: 12ª AVENIDA**

Esta Avenida está constituida por una carpeta asfáltica de 7.00 cm, con una sobre-capa de refuerzo de 2.50 cm, apoyada sobre una base de adoquín. Los deterioros que presenta son: Agrietamiento de Borde, Agrietamiento longitudinal y transversal, y baches.



FIGURA 3.21  
GRIETA TRANSVERSAL



FIGURA 3.22  
GRIETA LONGITUDINAL.

- **Descripción: 10ª AVENIDA**

Esta arteria esta constituida por una sobre-capa de 6.00 cm, que refuerza una carpeta asfáltica de 7.00 cm. apoyada sobre una base de adoquín. Los daños que presenta son: Piel de Cocodrilo, bacheo irregular de severidades varias, y agrietamientos por la reflexión de los adoquines.

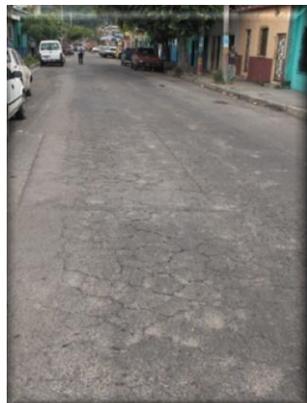


FIGURA 3.23  
BACHEO EN MAL ESTADO



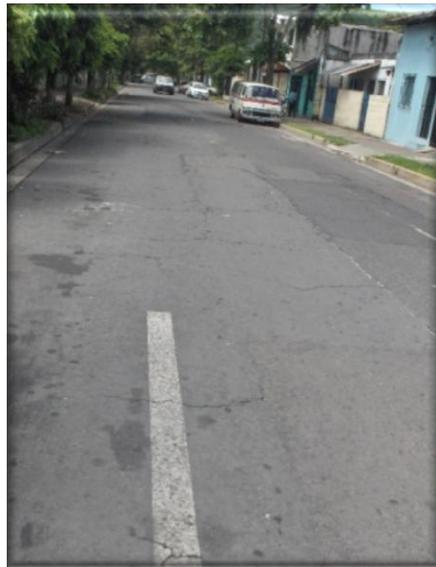
FIGURA 3.24  
AGRIETAMIENTO POR REFLEXIÓN





- **Descripción: 8ª AVENIDA**

Esta vía está constituida por una carpeta de 7.00 cm que descansa sobre una base de adoquín y presenta daños por Piel de Cocodrilo y Bacheo irregular de severidades diversas como característicos del camino.



**FIGURA 3.25**  
**BACHEO IRREGULAR DE BAJO IMPACTO**



**FIGURA 3.26**  
**PIEL DE COCODRILO**

TABLA 3.31

RESULTADOS DEL RELEVAMIENTO DE DAÑOS PARA LA 8° AVENIDA (ENTRE LA 6° CALLE PTE. Y 3° CALLE PTE.)

INDICE DE CONDICION DE PAVIMENTOS DE SUPERFICIE ASFALTICA																											
Tramo:		8ª Avenida (sur-norte)					Estacion Inicial:		3ª Calle Poniente (0+000)																		
Depto.:		La Libertad (Santa Tecla)					Estacion Final:		6ª Calle Poniente (0+590)																		
Fecha:		Julio de 2,008					Ancho de Calzada:		7.50 mts.																		
Realizo:		Ricardo Flores					Area:		3,569.93 m2																		
Estacion	Deterioro	Piel de Cocodrilo (m2)		Fisura en Bloque (m2)		Gta. Long. y Trans. (mts.)		Grietas por Reflexion (m2)		Ahuellam. (cm.)		Hin Chamien (m2)		Desprend. de Agreg. (m2)		Bache (unidad)		Peladura de Agregados (m2)	Desint. de Borde (mts)		Parchado (m2)		Depresion (cm.)		Despalam (m2)		
		Alta	Media	Alta	Baja	Alta	Baja	Alta	Media	Alta	Baja	Alta	Media	Alta	Baja	Alta	Media		Alta	Baja	Alta	Media	Alta	Baja	Alta	Media	Alta
Seccion 1	1° Cl. Pte.	0.00		0.00		0.00		0.00		0.00		0.00		0.00		0		0.00	0.00		0.00		0.00		0.00		
		47.25		5.50		10.00		0.00		0.00		0.00		0.00		0			32.00	0.00		118.75		0.00		0.00	
		0.00		0.00		0.00		0.00		0.00		0.00		0.00		1				1.02	0.00		54.50		0.00		0.00
Seccion 2	1° Cl. Pte.	0.00		0.00		0.00		0.00		0.00		0.00		0.00		0		32.00	0.00		147.88		0.00		0.00		
		0.00		0.00		0.00		0.00		0.00		0.00		0		32.00	0.00		198.40		0.00		0.00				
		0.00		0.00		0.00		0.00		0.00		0.00		0			1.02		0.00		54.50		0.00		0.00		
Seccion 3	2° Cl. Pte.	0.00		0.00		0.00		0.00		0.00		0.00		0.00		0		1.02	0.00		307.60		0.00		0.00		
		0.00		0.00		0.00		0.00		0.00		0.00		0		32.00			0.00		10.00		0.00		0.00		
		0.00		0.00		0.00		0.00		0.00		0.00		0			1.02		0.00		54.50		0.00		0.00		

- **Descripción: 6ª AVENIDA**

Esta avenida ha sido dividida en 2 tramos para su descripción, el primero, comprendido entre la 3ª y 2ª Calle Pte., ha sido intervenido recientemente con un recarpeteo total, utilizando sobre la base original (empedrado), una primer capa de material reciclado de aproximadamente 5.00 cm y luego una capa de microsurfacing de 2.50 cm; esta avenida presentaba anteriormente daños variados de alta severidad que habían provocado en algunos sectores la destrucción total de la carpeta asfáltica. El segundo tramo, comprendido entre la 2ª y 6ª Calle Pte., aun no ha sido intervenido, éste está constituido por una carpeta asfáltica de 7.00 cm y una base empedrada, presenta serios daños de alta severidad entre los que tenemos: baches de grandes diámetros, piel de cocodrilo, estos deterioros son tan severos que en algunos sectores se puede observar la capa de empedrado, por lo cual este pavimento se considera como: FALLADO.



**FIGURA 3.27**  
**TRAMO RECARPETEADO**



**FIGURA 3.28**  
**CAPA DE MATERIAL RECICLADO**



**FIGURA 3.29**  
**TRABAJOS DE MANTENIMIENTO**



**FIGURA 3.30**  
**DESTRUCCIÓN TOTAL DEL PAVIMENTO**

TABLA 3.32

RESULTADOS DEL RELEVAMIENTO DE DAÑOS PARA LA 6° AVENIDA (ENTRE LA 6° CALLE PTE. Y 3° CALLE PTE.)

INDICE DE CONDICION DE PAVIMENTOS DE SUPERFICIE ASFALTICA																												
Tramo:		6ª Avenida (norte - sur)					Estacion Inicial:		6ª Calle Poniente (0+000)																			
Depto.:		La Libertad (Santa Tecla)					Estacion Final:		3ª Calle Poniente (0+590.50)																			
Fecha:		Julio de 2,008					Ancho de Calzada:		7.50 mts.																			
Realizo:		Ricardo Flores					Area:		4,428.75 m2																			
Estacion	Deterioro	Piel de Cocodrilo (m2)		Fisura en Bloque (m2)		Gta. Long. y Trans. (mts.)		Grietas por Reflexion (m2)		Ahuellam. (cm.)		Hin Chamien (m2)		Desprend. de Agreg. (m2)		Bache (unidad)		Peladura de Agregados (m2)	Desint. de Borde (mts)		Parchado (m2)		Depresion (cm.)		Despalam (m2)			
		Alta	Media	Baja	Alta	Media	Baja	Alta	Media	Baja	Alta	Media	Baja	Alta	Media	Baja	Alta		Media	Baja	Alta	Media	Baja	Alta	Media	Baja	Alta	Media
Seccion 1	6° Cl. Pte.	0.00		93.01		0.00		0.00		0.00		0.00		0.00		3		0.00	5.96		0.00		0.00		0.00			
		129.79		0.00		0.00		0.00		7.50		0.00		0.00		4			0.00		0.00		0.00		0.00		0.00	
		496.60		0.00		0.00		0.00		0.00		0.00		0.00		5			7		0.00		0.00		0.00		0.00	
Seccion 2	4° Cl. Pte.	0.00		0.00		0.00		0.00		0.00		0.00		0.00		11		0.00	0.00		0.00		0.00		0.00		0.00	
		52.51		0.00		0.00		0.00		0.00		0.00		0.00		10			0.00		0.00		0.00		0.00		0.00	
		0.00		0.00		0.00		0.00		0.00		0.00		0.00		8			12		0.00		0.00		0.00		0.00	
Seccion 3	2° Cl. Pte.	0.00		0.00		0.00		0.00		0.00		0.00		0.00		11		0.00	0.00		0.00		0.00		0.00		0.00	
		0.00		0.00		0.00		0.00		0.00		0.00		0.00		8			0.00		0.00		0.00		0.00		0.00	
		0.00		0.00		0.00		0.00		0.00		0.00		0.00		11			0.00		0.00		0.00		0.00		0.00	

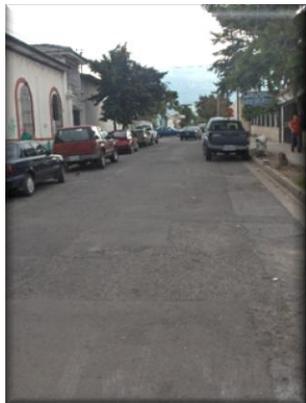
NOTA: ESTOS RELEVAMIENTOS SE ELABORARON ANTES DE LAS ACTIVIDADES DE RECARPETEO

- **Descripción: 4ª AVENIDA**

Esta arteria se estructura por medio de una carpeta asfáltica de 7.00 cm, colocada sobre una base de piedra de 30.00 cm, sus daños más representativos son: fisuramiento en bloque, agrietamientos longitudinales y transversales, Ahuellamientos, baches de grandes diámetros y bacheo irregular reciente en buenas condiciones y bacheo antiguo en pésimas condiciones.

- **Descripción: 2ª AVENIDA**

Esta avenida, se conforma por una carpeta de concreto asfáltico de 7.00 cm, apoyada sobre una base de piedra, posee daños como: Fisura en Bloque, áreas agrietadas localizadas, agrietamiento de los bordes, baches de media y baja severidad, así como bacheo de medio y bajo impacto. Es de hacer notar que el tramo comprendido entre la Calle Daniel Hernández y 2ª Calle Pte, posee un refuerzo de 6.00 cm, colocado en el año 2,007, el cual presenta daños como: grietas transversales pequeñas y desprendimiento de agregados.



**FIGURA 3.31**  
4ª AVENIDA  
**BACHEOS DE MEDIO IMPACTO**



**FIGURA 3.32**  
4ª AVENIDA  
**BACHEOS DE BAJO IMPACTO**



**FIGURA 3.33**  
2ª AVENIDA





- **Descripción: AVENIDA MANUEL GALLARDO Y SAN MARTIN**

Esta arteria, posee una estructura compuesta por una sobre-capa de 6.00 cm, colocada sobre una carpeta de 7.00 cm de mezcla asfáltica, que se cimenta sobre una base de piedra, con respecto a los daños en esta vía, podemos mencionar como los más representativos: peladuras de agregados, ciertas áreas agrietadas, y bacheos en buen estado.

- **Descripción: 1ª AVENIDA**

Esta avenida se constituye por una carpeta de concreto asfáltico de 7.00 cm de espesor con un refuerzo de 6.00 cm que se encuentra desde la 3ª Calle a 4ª Calle Ote., apoyada sobre una base de piedra. Los deterioros de esta vía comprenden: piel de cocodrilo localizada, de baja severidad, ciertas áreas agrietadas, baches pequeños y agrietamiento de los bordes. Por otra parte, el tramo ubicado entre la 4ª y 6ª Calle Ote, no posee el refuerzo antes mencionado, y presenta daños de Piel de Cocodrilo de media severidad, agrietamientos longitudinales extensos y agrietamiento de los bordes.



**FIGURA 3.34**  
**1ª AVENIDA**



**FIGURA 3.35**  
**AVENIDA MANUEL GALLARDO**



TABLA 3.36

RESULTADOS DEL RELEVAMIENTO DE DAÑOS PARA LA 1° AVENIDA (ENTRE LA 6° CALLE OTE. Y 3° CALLE OTE.)

INDICE DE CONDICION DE PAVIMENTOS DE SUPERFICIE ASFALTICA																												
Tramo:		1° Avenida (norte - sur)					Estacion Inicial:		6° Calle Oriente (0+000)																			
Depto.:		La Libertad (Santa Tecla)					Estacion Final:		3° Calle Oriente (0+590.00)																			
Fecha:		Julio de 2,008					Ancho de Calzada:		8.50 mts.																			
Realizo:		Ricardo Flores					Area:		5,155.00 m2																			
Estacion	Deterioro	Piel de Cocodrilo (m2)		Fisura en Bloque (m2)		Gta. Long. y Trans. (mts.)		Grietas por Reflexion (m2)		Ahuellam. (cm.)		Hincharien (m2)		Desprend. de Agreg. (m2)		Bache (unidad)		Peladura de Agregados (m2)	Desint. de Borde (mts)		Parchado (m2)		Depresion (cm.)		Despalzam (m2)			
		Alta	Media	Baja	Alta	Media	Baja	Alta	Media	Baja	Alta	Media	Baja	Alta	Media	Baja	Alta		Media	Baja	Alta	Media	Baja	Alta	Media	Baja	Alta	Media
Seccion 1	4° Cl. Pte.	0.00	0.00	0.00	82.62	35.15	0.00	12.31	9.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0.00	0.70	3.71	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.63	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.64	3.94	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	1.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Seccion 2	2° Cl. Pte.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Seccion 3	2° Cl. Pte.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	1.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Seccion 4	1° Cl. Pte.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Seccion 5	3° Cl. Pte.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	1.87	6.55	1.31	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

- **Descripción: 3ª AVENIDA**

Esta avenida se dividió en 2 tramos, el primero se localiza entre la 3ª y 4ª Calle Ote, está constituido por una carpeta asfáltica de 7.00 cm. con sobre-capa de 2.50 cm colocados sobre una base de piedra, cuyos deterioros representativos son: agrietamiento de los borde, agrietamiento longitudinal y transversal, fisura en bloque de media severidad y ahuellamiento de 6.00 mm. El segundo tramo se ubica entre la 4ª y 6ª Calle Ote, el cual esta compuesto por una carpeta asfáltica de 7.00 cm, colocada sobre una base de piedra; los deterioros que se pueden observar son: bacheo en buen estado en la mayor parte del pavimento y fisura en bloque de severidad media.

- **Descripción: 5ª AVENIDA**

Esta avenida está constituida por una carpeta de 7.00 cm, reforzada con una sobre-capa de 6.00 cm, la cual tiene como base un empedrado. Dentro de los deterioros que se presentan tenemos: piel de cocodrilo, baches pequeños y agrietamiento de los bordes.



**FIGURA 3.36**  
**3ª AVENIDA**



**FIGURA 3.37**  
**5ª AVENIDA**



**FIGURA 3.38**  
**5ª AVENIDA – GRIETA DE BORDE**





- **Descripción: 7ª AVENIDA**

Esta avenida se ha dividido en 2 tramos, el primero comprende desde la 3ª Calle Ote. a la 2ª Calle Ote., está constituida por una carpeta de 7.00 cm de concreto asfáltico reforzada con una sobre-capa de 8.00 cm la cual descansa sobre una base de empedrado. Los daños mas representativo de este tramo son: Piel de cocodrilo de baja severidad, ahuellamiento de 8.0 mm como promedio y baches pequeños, además, por la presencia del refuerzo, existen problemas con el drenaje y el emposamiento de agua sobre la carpeta.

El segundo tramo comprendido entre la 2ª y 6ª Calle Ote., presenta deterioro severo debido a Piel de Cocodrilo de media severidad, baches medianos y bacheo en mal estado, ya que dicho tramo solo está constituido por una carpeta de concreto asfáltico de 7.00 cm, apoyado sobre la misma base de piedras.



**FIGURA 3.39**  
**7ª AVENIDA, A LA ALTURA DEL CAFETALÓN**



TABLA 3.40  
**ÍNDICES DE CONDICIÓN DE PAVIMENTOS DE 3° CALLE (ENTRE LA 12° AV. NTE Y 7° AV. NTE)**

<b>3° CALLE</b>							
No.	Estación Inicial	Estación Final	PCI	Descripción	Piel de cocodrilo (m <sup>2</sup> )	Parcheo (m <sup>2</sup> )	Huecos (un)
1	12° Av. Nte.	10° Av. Nte.	<b>53</b>	<b>REGULAR</b>	0	100.2	7
2	10° Av. Nte.	8° Av. Nte.	<b>53</b>	<b>REGULAR</b>	189.98	0	1
3	8° Av. Nte.	6° Av. Nte.	<b>53</b>	<b>REGULAR</b>	160.02	4.43	1
4	6° Av. Nte.	4° Av. Nte.	<b>48</b>	<b>REGULAR</b>	276	0	0
5	4° Av. Nte.	2° Av. Nte.	<b>49</b>	<b>REGULAR</b>	164.85	0	0
6	2° Av. Nte.	Av. M. Gallardo	<b>53</b>	<b>REGULAR</b>	228.9	0	0
7	Av. M. Gallardo	1° Av. Nte.	<b>32</b>	<b>MALO</b>	365.62	0	3
8	1° Av. Nte.	3° Av. Nte.	<b>57</b>	<b>BUENO</b>	171.74	0	0
9	3° Av. Nte.	5° Av. Nte.	<b>44</b>	<b>REGULAR</b>	352	0	3
10	5° Av. Nte.	7° Av. Nte.	<b>48</b>	<b>REGULAR</b>	262.5	0	4

TABLA 3.41  
**ÍNDICES DE CONDICIÓN DE PAVIMENTOS DE 1° CALLE (ENTRE LA 12° AV. NTE Y 7° AV. NTE)**

<b>1° CALLE</b>							
No.	Estación Inicial	Estación Final	PCI	Descripción	Piel de cocodrilo (m <sup>2</sup> )	Parcheo (m <sup>2</sup> )	Huecos (un)
1	7° Av. Nte.	5° Av. Nte.	<b>26</b>	<b>MALO</b>	0	178.5	11
2	5° Av. Nte.	3° Av. Nte.	<b>28</b>	<b>MALO</b>	0	256.08	12
3	3° Av. Nte.	1° Av. Nte.	<b>12</b>	<b>MUY MALO</b>	67.54	230.14	7
4	1° Av. Nte.	Av. M. Gallardo	<b>37</b>	<b>MALO</b>	0	235.47	9
5	Av. M. Gallardo	2° Av. Nte.	<b>46</b>	<b>REGULAR</b>	0	215.63	5
6	2° Av. Nte.	4° Av. Nte.	<b>41</b>	<b>REGULAR</b>	0	166.32	9
7	4° Av. Nte.	6° Av. Nte.	<b>28</b>	<b>MALO</b>	312.8	4.7	6
8	6° Av. Nte.	8° Av. Nte.	<b>37</b>	<b>MALO</b>	144.69	126.79	3
9	8° Av. Nte.	10° Av. Nte.	<b>32</b>	<b>MALO</b>	38.15	227.7	13

TABLA 3.42  
**ÍNDICES DE CONDICIÓN DE PAVIMENTOS DE CALLE DANIEL HERNANDEZ Y CALLE CIRIACO LOPEZ**  
 (ENTRE LA 12° AVENIDA Y 7° AVENIDA)

<b>Calle Daniel Hernández y Calle Ciriaco López</b>							
No.	Inicio	Final	PCI	Descripción	Piel de cocodrilo (m <sup>2</sup> )	Parcheo (m <sup>2</sup> )	Huecos (un)
1	7° Av. Nte.	5° Av. Nte.	<b>40</b>	<b>MALO</b>	0	295.43	2
2	2° Av. Nte.	4° Av. Nte.	<b>93</b>	<b>EXCELENTE</b>	0	0	0
3	4° Av. Nte.	6° Av. Nte.	<b>19</b>	<b>MUY MALO</b>	69.99	293.45	17
4	6° Av. Nte.	8° Av. Nte.	<b>44</b>	<b>REGULAR</b>	82.33	50.58	3
5	8° Av. Nte.	10° Av. Nte.	<b>31</b>	<b>MALO</b>	77.14	0	11
6	10° Av. Nte.	12° Av. Nte.	<b>37</b>	<b>MALO</b>	68.75	232.16	1

TABLA 3.43  
**ÍNDICES DE CONDICIÓN DE PAVIMENTOS DE 6° CALLE (ENTRE LA 12° AV. SUR Y 7° AV. SUR)**

<b>6° CALLE</b>							
No.	Estación Inicial	Estación Final	PCI	Descripción	Piel de cocodrilo (m <sup>2</sup> )	Parcheo (m <sup>2</sup> )	Huecos (un)
1	12° Av. Sur	10° Av. Sur	<b>71</b>	<b>BUENO</b>	3.83	0	4
2	10° Av. Sur	8° Av. Sur	<b>49</b>	<b>REGULAR</b>	57.82	79.75	1
3	8° Av. Sur	6° Av. Sur	<b>39</b>	<b>MALO</b>	130.33	45.58	4
4	6° Av. Sur	4° Av. Sur	<b>34</b>	<b>MALO</b>	97.98	150.42	10
5	4° Av. Sur	2° Av. Sur	<b>37</b>	<b>MALO</b>	97.98	0	10
6	2° Av. Sur	Av. San Martin	<b>31</b>	<b>MALO</b>	101.35	95.76	6
7	Av. San Martin	1° Av. Sur	<b>51</b>	<b>REGULAR</b>	28.35	140.7	0
8	1° Av. Sur	3° Av. Sur	<b>64</b>	<b>BUENO</b>	31.5	166.32	0
9	3° Av. Sur	5° Av. Sur	<b>65</b>	<b>BUENO</b>	9.28	335.28	0
10	5° Av. Sur	7° Av. Sur	<b>70</b>	<b>BUENO</b>	18.51	0	1

TABLA 3.44  
 ÍNDICES DE CONDICIÓN DE PAVIMENTOS DE 12° AVENIDA (ENTRE LA 6° CALLE PTE. Y 3° CALLE PTE.)

12° AVENIDA							
No.	Estación Inicial	Estación Final	PCI	Descripción	Piel de cocodrilo (m <sup>2</sup> )	Parcheo (m <sup>2</sup> )	Huecos (un)
1	3° Cl. Pte.	1° Cl. Pte.	<b>80</b>	MUY BUENO	0	6.25	5
2	1° Cl. Pte.	Cl. D. Hdez.	<b>89</b>	EXCELENTE	0	0	3
3	Cl. D. Hdez.	2° Cl. Pte.	<b>84</b>	MUY BUENO	0	5.22	1
4	2° Cl. Pte.	4° Cl. Pte.	<b>84</b>	MUY BUENO	0	5.76	1
5	4° Cl. Pte.	6° Cl. Pte.	<b>94</b>	EXCELENTE	0	0	2

TABLA 3.45  
 ÍNDICES DE CONDICIÓN DE PAVIMENTOS DE 10° AVENIDA (ENTRE LA 6° CALLE PTE. Y 3° CALLE PTE.)

10° AVENIDA							
No.	Estación Inicial	Estación Final	PCI	Descripción	Piel de cocodrilo (m <sup>2</sup> )	Parcheo (m <sup>2</sup> )	Huecos (un)
1	6° Cl. Pte.	4° Cl. Pte.	<b>63</b>	BUENO	16.45	110.28	0
2	4° Cl. Pte.	2° Cl. Pte.	<b>35</b>	MALO	96.24	136.88	1
3	2° Cl. Pte.	Cl. D. Hdez.	<b>57</b>	BUENO	39	0	0
4	Cl. D. Hdez.	1° Cl. Pte.	<b>45</b>	REGULAR	73.75	44.85	0
5	1° Cl. Pte.	3° Cl. Pte.	<b>67</b>	BUENO	0	41.25	0

TABLA 3.46  
 ÍNDICES DE CONDICIÓN DE PAVIMENTOS DE 8° AVENIDA (ENTRE LA 6° CALLE PTE. Y 3° CALLE PTE.)

8° AVENIDA							
No.	Estación Inicial	Estación Final	PCI	Descripción	Piel de cocodrilo (m <sup>2</sup> )	Parcheo (m <sup>2</sup> )	Huecos (un)
1	3° Cl. Pte.	1° Cl. Pte.	<b>44</b>	REGULAR	52.75	173.25	0
2	1° Cl. Pte.	Cl. D. Hdez.	<b>48</b>	REGULAR	0	346.28	1
3	Cl. D. Hdez.	2° Cl. Pte.	<b>65</b>	BUENO	0	317.6	0

TABLA 3.47  
 ÍNDICES DE CONDICIÓN DE PAVIMENTOS DE 6° AVENIDA (ENTRE LA 6° CALLE PTE. Y 3° CALLE PTE.)

6° AVENIDA							
No.	Estación Inicial	Estación Final	PCI	Descripción	Piel de cocodrilo (m <sup>2</sup> )	Parcheo (m <sup>2</sup> )	Huecos (un)
1	6° Cl. Pte.	4° Cl. Pte.	<b>1</b>	<b>FALLADO</b>	222.8	323.74	12
2	4° Cl. Pte.	2° Cl. Pte.	<b>8</b>	<b>FALLADO</b>	496.6	0	28
3	2° Cl. Pte.	Cl. D. Hdez.	<b>8</b>	<b>FALLADO</b>	52.51	317.93	31

TABLA 3.48  
 ÍNDICES DE CONDICIÓN DE PAVIMENTOS DE 4° AVENIDA (ENTRE LA 6° CALLE PTE. Y 3° CALLE PTE.)

4° AVENIDA							
No.	Estación Inicial	Estación Final	PCI	Descripción	Piel de cocodrilo (m <sup>2</sup> )	Parcheo (m <sup>2</sup> )	Huecos (un)
1	3° Cl. Pte.	1° Cl. Pte.	<b>50</b>	<b>REGULAR</b>	0	138.81	1
2	1° Cl. Pte.	Cl. D. Hdez.	<b>68</b>	<b>BUENO</b>	0	192.86	5
3	Cl. D. Hdez.	2° Cl. Pte.	<b>65</b>	<b>BUENO</b>	0	181.45	1
4	2° Cl. Pte.	4° Cl. Pte.	<b>34</b>	<b>MALO</b>	0	197.02	13
5	4° Cl. Pte.	6° Cl. Pte.	<b>27</b>	<b>MALO</b>	0	203.74	12

TABLA 3.49  
 ÍNDICES DE CONDICIÓN DE PAVIMENTOS DE 2° AVENIDA (ENTRE LA 6° CALLE PTE. Y 3° CALLE PTE.)

2° AVENIDA							
No.	Estación Inicial	Estación Final	PCI	Descripción	Piel de cocodrilo (m <sup>2</sup> )	Parcheo (m <sup>2</sup> )	Huecos (un)
1	6° Cl. Pte.	4° Cl. Pte.	<b>26</b>	<b>MALO</b>	0	182.17	14
2	4° Cl. Pte.	2° Cl. Pte.	<b>24</b>	<b>MALO</b>	0	107.59	29
3	2° Cl. Pte.	Cl. D. Hdez.	<b>85</b>	<b>MUY BUENO</b>	0	0	0
4	Cl. D. Hdez.	1° Cl. Pte.	<b>66</b>	<b>BUENO</b>	9.93	229.16	0
5	1° Cl. Pte.	3° Cl. Pte.	<b>59</b>	<b>BUENO</b>	0	126.78	7

**TABLA 3.50**  
**ÍNDICES DE CONDICIÓN DE PAVIMENTOS DE AVENIDA MANUEL GALLARDO Y AVENIDA SAN MARTIN**  
**(ENTRE LA 6° CALLE PTE. Y 3° CALLE PTE.)**

<b>AVENIDA MANUEL GALLARDO Y AVENIDA SAN MARTIN</b>							
No.	Estación Inicial	Estación Final	PCI	Descripción	Piel de cocodrilo (m <sup>2</sup> )	Parcheo (m <sup>2</sup> )	Huecos (un)
1	3° Cl. Pte.	1° Cl. Pte.	<b>100</b>	<b>EXCELNETE</b>	0	0	0
2	1° Cl. Pte.	Cl. D. Hdez.	<b>79</b>	<b>MUY BUENO</b>	3.01	14.1	1
3	Cl. D. Hdez.	2° Cl. Pte.	<b>96</b>	<b>EXCELENTE</b>	0	0	0
4	2° Cl. Pte.	4° Cl. Pte.	<b>65</b>	<b>BUENO</b>	14.07	25.39	0
5	4° Cl. Pte.	6° Cl. Pte.	<b>74</b>	<b>MUY BUENO</b>	10.57	0	0

**TABLA 3.51**  
**ÍNDICES DE CONDICIÓN DE PAVIMENTOS DE 1° AVENIDA (ENTRE LA 6° CALLE PTE. Y 3° CALLE PTE.)**

<b>1° AVENIDA</b>							
No.	Estación Inicial	Estación Final	PCI	Descripción	Piel de cocodrilo (m <sup>2</sup> )	Parcheo (m <sup>2</sup> )	Huecos (un)
1	6° Cl. Ote.	4° Cl. Ote.	<b>55</b>	<b>REGULAR</b>	0	170.99	2
2	4° Cl. Ote.	2° Cl. Ote.	<b>89</b>	<b>EXCELENTE</b>	1.55	0	1
3	2° Cl. Ote.	Cl. C. López	<b>90</b>	<b>EXCELENTE</b>	0	0	4
4	Cl. C. López	1° Cl. Ote.	<b>77</b>	<b>MUY BUENO</b>	0	0	1
5	1° Cl. Ote.	3° Cl. Ote.	<b>77</b>	<b>MUY BUENO</b>	0	1.31	1

**TABLA 3.52**  
**ÍNDICES DE CONDICIÓN DE PAVIMENTOS DE 3° AVENIDA (ENTRE LA 6° CALLE PTE. Y 3° CALLE PTE.)**

<b>3° AVENIDA</b>							
No.	Estación Inicial	Estación Final	PCI	Descripción	Piel de cocodrilo (m <sup>2</sup> )	Parcheo (m <sup>2</sup> )	Huecos (un)
1	6° Cl. Ote.	4° Cl. Ote.	<b>74</b>	<b>MUY BUENO</b>	0	157.88	0
2	2° Cl. Ote.	Cl. C. López	<b>96</b>	<b>EXCELENTE</b>	0	0	1
3	1° Cl. Ote.	3° Cl. Ote.	<b>79</b>	<b>MUY BUENO</b>	0	0	5

TABLA 3.53  
 ÍNDICES DE CONDICIÓN DE PAVIMENTOS DE 5° AVENIDA (ENTRE LA 6° CALLE PTE. Y 3° CALLE PTE.)

<b>5° AVENIDA</b>							
No.	Estación Inicial	Estación Final	PCI	Descripción	Piel de cocodrilo (m <sup>2</sup> )	Parcheo (m <sup>2</sup> )	Huecos (un)
1	3° Cl. Ote.	1° Cl. Ote.	<b>67</b>	<b>BUENO</b>	42.46	0	2
2	Cl. C. López	2° Cl. Ote.	<b>81</b>	<b>MUY BUENO</b>	0	0	8
3	4° Cl. Ote.	6° Cl. Ote.	<b>81</b>	<b>MUY BUENO</b>	0	0	1

TABLA 3.54  
 ÍNDICES DE CONDICIÓN DE PAVIMENTOS DE 7° AVENIDA (ENTRE LA 6° CALLE PTE. Y 3° CALLE PTE.)

<b>7° AVENIDA</b>							
No.	Estación Inicial	Estación Final	PCI	Descripción	Piel de cocodrilo (m <sup>2</sup> )	Parcheo (m <sup>2</sup> )	Huecos (un)
1	3° Cl. Ote.	1° Cl. Ote.	<b>65</b>	<b>BUENO</b>	62.61	0	1
2	Cl. C. López	2° Cl. Ote.	<b>77</b>	<b>MUY BUENO</b>	9.1	5.44	4
3	4° Cl. Ote.	6° Cl. Ote.	<b>48</b>	<b>REGULAR</b>	38.83	117	2

### **3.6. EVALUACION ESTRUCTURAL**

La auscultación estructural de carreteras es una técnica que proporciona un conocimiento detallado del estado de los pavimentos lo que permite efectuar el monitoreo de su comportamiento a través del tiempo y programar el mantenimiento de un modo racional y más económico.

A continuación se nombran algunos resultados obtenidos de la auscultación estructural (Figura 3.40). Es importante destacar que los resultados que se incluyen, en su mayoría no son directos de la auscultación estructural, sino que se obtienen al procesar la información entregada por ella.

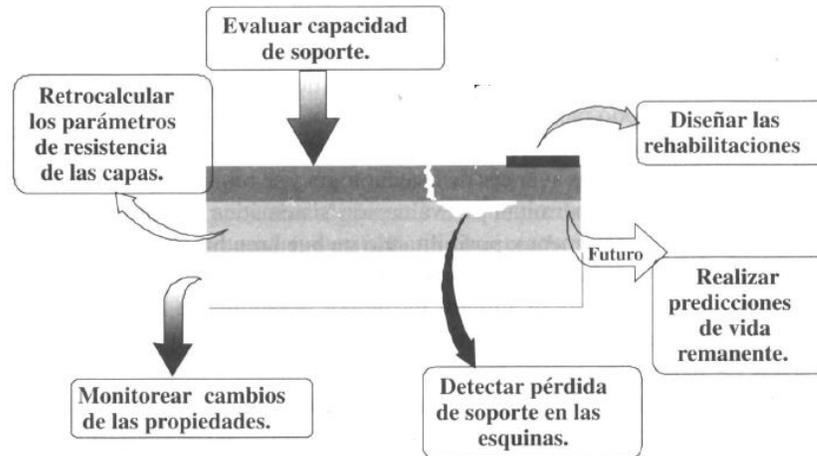
**a) Evaluar capacidad de soporte.**

**b) Parámetros de resistencia de las diversas capas.**

- Módulo elástico de las capas o curva de tensión deformación (relaciones constitutivas).
- Propiedades de fatiga.
- Propiedades de deformación.
- Tensiones residuales.

**c) Evaluar la condición de la estructura del pavimento.**

- Realizar predicciones realistas de la vida remanente de los pavimentos.
- Diseño de mantenciones v reconstrucciones.
- Monitorear cambios de las propiedades de las capas en el tiempo.



**FIGURA 3.40**  
**POSIBLES RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN ESTRUCTURAL**

La función estructural depende de la propia capacidad resistente (materiales y espesores), así como del estado de envejecimiento del pavimento, por lo que la auscultación estructural debe incluir mediciones de deflexión y una inspección visual<sup>5</sup>.

### **3.6.1. METODOS DE EVALUACION ESTRUCTURAL**

#### **3.6.1.1. ENSAYOS DESTRUCTIVOS**

Consiste en el análisis de los pavimentos mediante extracción de testigos, calicatas, ensayos de laboratorios o in situ, u otros igualmente costosos. La extracción de testigos nos sirve para conocer la estructura del pavimento en el tramo bajo estudio en un punto de las áreas más críticas. Se determina el espesor de cada capa hasta la sub-base y el total de la estructura. Así mismo los materiales componentes y si fue o no estabilizada alguna capa y con que material o producto (cal, asfalto, cemento).

<sup>5</sup> Del Pozo, J. , 1,992

Los ensayos de laboratorio tienen la finalidad de tratar de reproducir al máximo posible, lo que le ocurre al pavimento cuando se le aplican las cargas, se pueden evaluar deformaciones bajo condiciones de temperatura, humedad, esfuerzos y condiciones generales de los materiales y al final se puede obtener un dictamen en el que se puedan analizar las características y comparar con los requisitos o normas fijadas. Estos ensayos ayudan a que los pavimentos puedan ser previamente analizados antes de su colocación, o bien después de su colocación, existen unos ensayos más aproximados a la realidad que otros.

### **3.6.1.2. ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS**

La evaluación de la capacidad estructural en pavimentos utilizando predominantemente métodos no destructivos, consiste en aplicar una carga bajo condiciones dinámicas, estáticas, o por impacto, cuyos resultados ayudan a determinar en cada estructura del pavimento, las deformaciones o deflexiones asociadas a la sollicitación inducida y así poder definir su capacidad para soportar las cargas vehiculares. Además, los resultados de dichas deflexiones pueden emplearse a su vez en las siguientes características de los pavimentos.

- Módulo de elasticidad de cada capa
- Rigidez combinada de los sistemas de pavimentos
- Eficiencia en la transferencia de carga en las juntas de pavimentos de concreto hidráulico
- Módulos de reacción de la subrasante
- Espesor efectivo, número estructural o valor de soporte del suelo
- Capacidad de carga o capacidad de soporte del pavimento

Dichos parámetros pueden utilizarse en el análisis y diseño de la rehabilitación y reconstrucción de pavimentos rígidos y flexibles; valoración de la capacidad estructural, incluyendo la eficiencia de las juntas en pavimentos de concreto hidráulico; detección de oquedades en pavimentos de concreto hidráulico; y/o para fines de inventario estructural de la red.

### **3.6.2. VIGA BENKELMAN**

Llamado así en honor al Ing. A.C. Benkelman, quién la desarrollo en 1953 como parte del programa de ensayos viales de la WASHO (WASHO Road Test). Desde entonces su uso se ha difundido ampliamente en proyectos de evaluación estructural de pavimentos flexibles, tanto por su practicidad como por la naturaleza directa y objetiva de los resultados que proporciona.

Funciona según el principio de la palanca, es un instrumento completamente mecánico y de diseño simple. Según se esquematiza en la figura 3.41, la viga consta esencialmente de dos partes:

- a) Un cuerpo de sostén que se sitúa directamente sobre el terreno mediante tres apoyos (dos delanteros fijos "A" y uno trasero regulable "B")
  
- b) Un brazo móvil acoplado al cuerpo fijo mediante una articulación de giro o pivote "C", uno de cuyos extremos apoya sobre el terreno (punto "D") y el otro se encuentra en contacto sensible con el vástago de un extensómetro de movimiento vertical (punto "E").

Adicionalmente el equipo posee un vibrador incorporado que al ser accionado, durante la realización de los ensayos, evita que el indicador del dial se trabe y/o que cualquier interferencia exterior afecte las lecturas.

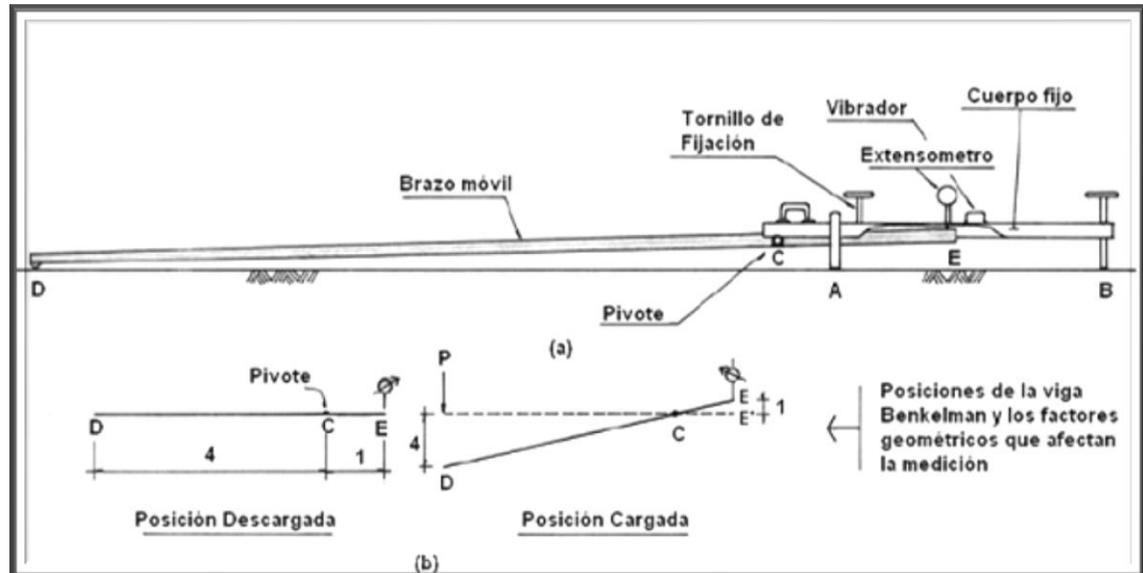


FIGURA 3.41

## ESQUEMA Y PRINCIPIO DE OPERACIÓN DE LA VIGA BENKELMAN

El extremo "D" o "punta de la viga" es de espesor tal que puede ser colocado entre una de las llantas dobles del eje trasero de un camión cargado. Por el peso aplicado se produce una deformación del pavimento, consecuencia de lo cual la punta baja una cierta cantidad, con respecto al nivel descargado de la superficie.

Como efecto de dicha acción el brazo DE gira en torno al punto fijo "C", con respecto al cuerpo AB, determinando que el extremo "E" produzca un movimiento vertical en el vástago del extensómetro apoyado en él, generando así una lectura en el dial indicador. Si se retiran luego las llantas cargadas, el punto "D" se recupera en lo que a deformación elástica se refiere y por el mismo mecanismo anterior se genera otra lectura en el dial del extensómetro.

### 3.6.2.1. PROCEDIMIENTO DE ENSAYO DE LA VIGA BENKELMAN

La carga aplicada al pavimento para la realización de ensayos de deflexiones ha sido estandarizada en 18,000 libras (80 kN) a través de la guía de diseño AASHTO en la normativa T256-01 Apartado 6 (Aparatos), proporcionando 9,000 libras por cada una de las llantas duales del eje trasero de un camión tipo C2, con una presión en las llantas de 0.48 a 0.55 Mapa (70 a 80 Psi). Previamente a la realización de los ensayos deberá verificarse que se cumplan estas condiciones (por medio de basculas fijas ó móviles), así como la presión de las llantas sea la requerida. Una vez localizado el lugar donde se realizará el ensayo (usualmente los puntos de medición se localizan en el lado exterior de un carril), se coloca la llanta a usarse sobre el punto de medición de manera tal que éste coincida aproximadamente con el eje vertical del centro de gravedad del conjunto (ver figura 3.42-a).

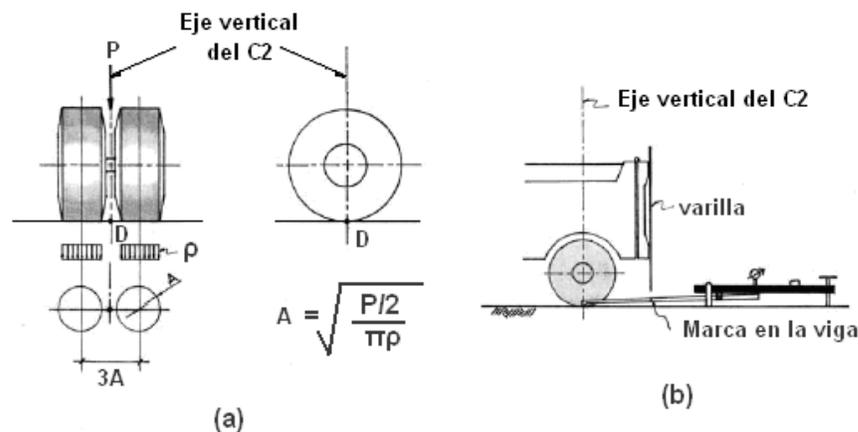


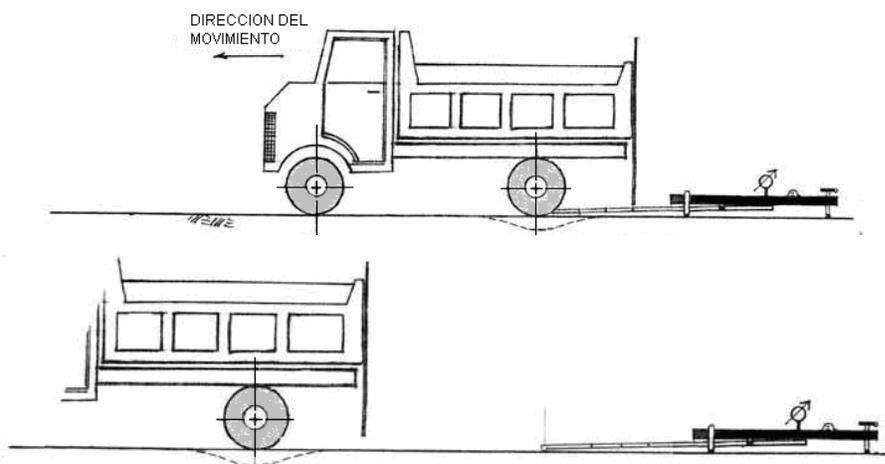
FIGURA 3.42  
CONFIGURACIÓN GEOMÉTRICA DEL SISTEMA DE CARGA EN LA VIGA BENKELMAN.

Las mediciones se realizan colocando la punta de la viga entre las dos ruedas y midiendo la deflexión cuando el vehículo se aleja. Los resultados de las deflexiones se leen en un dial indicador. (Ver figura 3.43)



**FIGURA 3.43**  
CONFIGURACIÓN GEOMÉTRICA DEL SISTEMA DE CARGA EN LA VIGA BENKELMAN.

Una vez instalada la viga en el punto de medición haciendo coincidir con la cadena vertical y la marca inicial (ver figura 3.44), se verificará que ésta se encuentre alineada longitudinalmente con la dirección del movimiento del camión. Se coloca el dial del micrómetro en cero, se activará el vibrador y mientras el camión se desplaza muy lentamente se procederá a tomar una lectura cuando el camión se haya alejado lo suficiente del punto de ensayo que el indicador del dial ya no tenga movimiento (aproximadamente 8.00 m, según norma AASHTO T256-01 Apartado 8.4.2.3.), registro que corresponde al punto de referencia con deflexión cero.



**FIGURA 3.44**  
ESQUEMATIZACIÓN DEL PROCESO DE MEDICIÓN CON LA VIGA BENKELMAN

### 3.6.2.2. EQUIPO REQUERIDO:

- **Camión.** Deberá tener un eje trasero cuyas características serán las siguientes:
  - ✓ Carga: 13 Toneladas (18000 libras)
  - ✓ Ruedas: gemelas, con una distancia mínima entre ellas de 55 mm.
  - ✓ Presión de inflado: 7 kgf/cm<sup>2</sup>.
  
- **Viga Benkelman:** Modelo Soiltest HT-350 (con relación de brazos 1:2).
  
- **Micrómetro:** Con dial indicador de divisiones cada 0.001 Plg.



**FIGURA 3.45**  
CAMIÓN DE VOLTEO  
(CARGA 18,354 LB.)



**FIGURA 3.46**  
VIGA BENKELMAN, MICRÓMETRO Y  
TERMÓMETRO

- **Varios:** Cinta métrica, pintura para marcar, termómetros, señales de seguridad herramientas para ajustar la viga.

### **3.6.2.3. NORMAS DE SEGURIDAD**

- El operador se encuentra siempre detrás del camión; a fin de evitar un accidente grave, se recomienda tener, a algunos centímetros detrás de los neumáticos una cuña de parada, de manera que evite un retroceso a destiempo del vehículo.
- Esta precaución es particularmente importante cuando se opera en rampa.
- En ningún caso esta cuña deberá servir para provocar la parada del camión: las cargas que repartiría al suelo perturbarían las medidas.
- Los operadores y peones deberán llevar obligatoriamente chalecos rojos fluorescentes para su identificación diurna.

Las variaciones en las deflexiones (supuesto que el tráfico ha sido el mismo en todas las secciones) son un reflejo de las diferencias entre las secciones: espesores, materiales y especialmente características del cimient. Las menores deflexiones corresponden a las secciones más resistentes y con mayor vida residual ya que, en general, una deflexión menor implica tensiones y deformaciones unitarias menores, por lo tanto mayor número de ciclos antes de la rotura. Las deflexiones altas pueden corresponder a zonas con poca vida residual o incluso a secciones agotadas.

### **3.6.3. RESULTADOS**

Los datos obtenidos en la evaluación por medio de la viga Benkelman de las vías que componen la Red Vial analizada se presentan en las tablas 3.55 a 3.59: Los valores de deflexión que aparecen en las tablas antes mencionadas, corresponden a valores medidos en el micrómetro multiplicados por dos, debido a la relación de brazos 1:2 de la Viga Benkelman (ELE) utilizada en la auscultación.

TABLA 3.55  
LECTURAS DE DEFLEXION CON VIGA BENKELMAN

TRAMO	SECTOR		Estación	Temperatura		DEFLEXION			
						Izquierda		Derecha	
	De	A		Pavim.	FC	Plg. (x10 <sup>-3</sup> )	mm.	Plg. (x10 <sup>-3</sup> )	mm.
<b>3° Calle</b>	7° Av. Nte.	5° Av. Nte.	0+025	26.5° C	0.94			21.0	1.003
			0+075	26.5° C	0.94	21.0	1.003		
	5° Av. Nte.	3° Av. Nte.	0+125	26.5° C	0.94			17.0	0.812
			0+175	26.5° C	0.94	16.0	0.764		
	3° Av. Nte.	1° Av. Nte.	0+225	26.5° C	0.94			16.0	0.764
			0+275	26.5° C	0.94	15.0	0.716		
	1° Av. Nte.	Av. Manuel Gallardo	0+325	26.5° C	0.94			18.0	0.860
			0+375	26.5° C	0.94	17.0	0.812		
	Av. Manuel Gallardo	2° Av. Nte.	0+425	26.5° C	0.94			18.0	0.860
			0+475	26.5° C	0.94	18.0	0.860		
	2° Av. Nte.	4° Av. Nte.	0+525	26.5° C	0.94			17.0	0.812
			0+575	26.5° C	0.94	18.0	0.860		
	4° Av. Nte.	6° Av. Nte.	0+625	26.5° C	0.94			15.0	0.716
			0+675	26.5° C	0.94	16.0	0.764		
	6° Av. Nte.	8° Av. Nte.	0+725	26.5° C	0.94			18.0	0.860
			0+775	26.5° C	0.94	21.0	1.003		
	8° Av. Nte.	10° Av. Nte.	0+825	26.5° C	0.94			17.0	0.812
			0+875	26.5° C	0.94	15.0	0.716		
10° Av. Nte.	12° Av. Nte.	0+925	26.5° C	0.94			19.0	0.907	
		0+975	26.5° C	0.94	17.0	0.812			
<b>1° Calle</b>	10° Av. Nte.	8° Av. Nte.	0+025	26.5° C	0.94			24.0	1.146
			0+075	26.5° C	0.94	47.0	2.244		
	8° Av. Nte.	6° Av. Nte.	0+125	26.5° C	0.94			21.0	1.003
			0+175	26.5° C	0.94	28.0	1.337		
	6° Av. Nte.	4° Av. Nte.	0+225	26.5° C	0.94			28.0	1.337
			0+275	26.5° C	0.94	24.0	1.146		
	4° Av. Nte.	2° Av. Nte.	0+325	26.5° C	0.94			35.0	1.671
			0+375	26.5° C	0.94	44.0	2.101		
	2° Av. Nte.	Av. Manuel Gallardo	0+425	26.5° C	0.94			28.0	1.337
			0+475	26.5° C	0.94	27.0	1.289		
	Av. Manuel Gallardo	1° Av. Nte.	0+525	26.5° C	0.94			22.0	1.051
			0+575	26.5° C	0.94	27.0	1.289		
	1° Av. Nte.	3° Av. Nte.	0+625	26.5° C	0.94			46.0	2.197
			0+675	26.5° C	0.94	28.0	1.337		
	3° Av. Nte.	5° Av. Nte.	0+725	26.5° C	0.94			22.0	1.051
			0+775	26.5° C	0.94	24.0	1.146		
	5° Av. Nte.	7° Av. Nte.	0+825	26.5° C	0.94			65.0	3.104
			0+875	26.5° C	0.94	35.0	1.671		

TABLA 3.56  
LECTURAS DE DEFLEXION CON VIGA BENKELMAN

TRAMO	SECTOR		Estación	Temperatura		DEFLEXION				
						Izquierda		Derecha		
	De	A		Pavim.	FC	Plg. (x10 <sup>-3</sup> )	mm.	Plg. (x10 <sup>-3</sup> )	mm.	
Calle D. Hdez. y Calle C. López	12° Av. Nte.	10° Av. Nte.	0+025	26.5° C	0.94			33.0	1.576	
			0+075	26.5° C	0.94	28.0	1.337			
	10° Av. Nte.	8° Av. Nte.	0+125	26.5° C	0.94			35.0	1.671	
			0+175	26.5° C	0.94	32.0	1.528			
	8° Av. Nte.	6° Av. Nte.	0+225	26.5° C	0.94			42.0	2.006	
			0+275	26.5° C	0.94	29.0	1.385			
	6° Av. Nte.	4° Av. Nte.	0+325	26.5° C	0.94			48.0	2.292	
			0+375	26.5° C	0.94	30.0	1.433			
	4° Av. Nte.	2° Av. Nte.	0+425	26.5° C	0.94			14.0	0.669	
			0+475	26.5° C	0.94	14.0	0.669			
	5° Av. Nte.	7° Av. Nte.	0+925	26.5° C	0.94			24.0	1.146	
			0+975	26.5° C	0.94	25.0	1.194			
	6° Calle	12° Av. Sur	10° Av. Sur	0+025	26.5° C	0.94			19.0	0.907
				0+075	26.5° C	0.94	18.0	0.860		
10° Av. Sur		8° Av. Sur	0+125	26.5° C	0.94			34.0	1.624	
			0+175	26.5° C	0.94	35.0	1.671			
8° Av. Sur		6° Av. Sur	0+225	26.5° C	0.94			40.0	1.910	
			0+275	26.5° C	0.94	34.0	1.624			
6° Av. Sur		4° Av. Sur	0+325	26.5° C	0.94			32.0	1.528	
			0+375	26.5° C	0.94	35.0	1.671			
4° Av. Sur		2° Av. Sur	0+425	26.5° C	0.94			34.0	1.624	
			0+475	26.5° C	0.94	35.0	1.671			
2° Av. Sur		Avenida San Martín	0+525	26.5° C	0.94			30.0	1.433	
			0+575	26.5° C	0.94	28.0	1.337			
Avenida San Martín		1° Av. Sur	0+625	26.5° C	0.94			32.0	1.528	
			0+675	26.5° C	0.94	34.0	1.624			
1° Av. Sur		3° Av. Sur	0+725	26.5° C	0.94			36.0	1.719	
			0+775	26.5° C	0.94	33.0	1.576			
3° Av. Sur		5° Av. Sur	0+825	26.5° C	0.94			24.0	1.146	
			0+875	26.5° C	0.94	24.0	1.146			
5° Av. Sur	7° Av. Sur	0+925	26.5° C	0.94			28.0	1.337		
		0+975	26.5° C	0.94	28.0	1.337				

TABLA 3.57  
LECTURAS DE DEFLEXION CON VIGA BENKELMAN

TRAMO	SECTOR		Estación	Temperatura		DEFLEXION			
						Izquierda		Derecha	
	De	A		Pavim.	FC	Plg. (x10 <sup>-3</sup> )	mm.	Plg. (x10 <sup>-3</sup> )	mm.
12° Avenida	6° Calle Pte.	4° Calle Pte.	0+025	26.5° C	0.94			18.0	0.860
			0+075	26.5° C	0.94	19.0	0.907		
	4° Calle Pte.	2° Calle Pte.	0+125	26.5° C	0.94			18.0	0.860
			0+175	26.5° C	0.94	20.0	0.955		
	2° Calle Pte.	C. D. Hdez.	0+225	26.5° C	0.94			19.0	0.907
			0+275	26.5° C	0.94	21.0	1.003		
	C. D. Hdez.	1° Calle Pte.	0+325	26.5° C	0.94			28.0	1.337
			0+375	26.5° C	0.94	32.0	1.528		
1° Calle Pte.	3° Calle Pte.	0+425	26.5° C	0.94			30.0	1.433	
		0+475	26.5° C	0.94	34.0	1.624			
10° Avenida	3° Calle Pte.	1° Calle Pte.	0+025	26.5° C	0.94			12.0	0.573
			0+075	26.5° C	0.94	14.0	0.669		
	1° Calle Pte.	C. D. Hdez.	0+125	26.5° C	0.94			18.0	0.860
			0+175	26.5° C	0.94	16.0	0.764		
	C. D. Hdez.	2° Calle Pte.	0+225	26.5° C	0.94			19.0	0.907
			0+275	26.5° C	0.94	18.0	0.860		
	2° Calle Pte.	4° Calle Pte.	0+325	26.5° C	0.94			20.0	0.955
			0+375	26.5° C	0.94	18.0	0.860		
4° Calle Pte.	6° Calle Pte.	0+425	26.5° C	0.94			21.0	1.003	
		0+475	26.5° C	0.94	19.0	0.907			
8° Avenida	6° Calle Pte.	4° Calle Pte.	0+025	26.5° C	0.94			23.0	1.098
			0+075	26.5° C	0.94	23.0	1.098		
	4° Calle Pte.	2° Calle Pte.	0+125	26.5° C	0.94			22.0	1.051
			0+175	26.5° C	0.94	23.0	1.098		
	2° Calle Pte.	C. D. Hdez.	0+225	26.5° C	0.94			15.0	0.716
			0+275	26.5° C	0.94	16.0	0.764		
	C. D. Hdez.	1° Calle Pte.	0+325	26.5° C	0.94			22.0	1.051
			0+375	26.5° C	0.94	24.0	1.146		
1° Calle Pte.	3° Calle Pte.	0+425	26.5° C	0.94			23.0	1.098	
		0+475	26.5° C	0.94	18.0	0.860			
6° Avenida	3° Calle Pte.	1° Calle Pte.	0+025	26.5° C	0.94			23.0	1.098
			0+075	26.5° C	0.94	23.0	1.098		
	1° Calle Pte.	C. D. Hdez.	0+125	26.5° C	0.94			24.0	1.146
			0+175	26.5° C	0.94	24.0	1.146		
	C. D. Hdez.	2° Calle Pte.	0+225	26.5° C	0.94			23.0	1.098
			0+275	26.5° C	0.94	23.0	1.098		
	2° Calle Pte.	4° Calle Pte.	0+325	26.5° C	0.94			35.0	1.671
			0+375	26.5° C	0.94	35.0	1.671		
4° Calle Pte.	6° Calle Pte.	0+425	26.5° C	0.94			38.0	1.815	
		0+475	26.5° C	0.94	38.0	1.815			

TABLA 3.58  
LECTURAS DE DEFLEXION CON VIGA BENKELMAN

TRAMO	SECTOR		Estación	Temperatura		DEFLEXION			
						Izquierda		Derecha	
	De	A		Pavim.	FC	Plg. (x10 <sup>-3</sup> )	mm.	Plg. (x10 <sup>-3</sup> )	mm.
4° Avenida	6° Calle Pte.	4° Calle Pte.	0+025	26.5° C	0.94			40.0	1.910
			0+075	26.5° C	0.94	40.0	1.910		
	4° Calle Pte.	2° Calle Pte.	0+125	26.5° C	0.94			42.0	2.006
			0+175	26.5° C	0.94	42.0	2.006		
	2° Calle Pte.	C. D. Hdez.	0+225	26.5° C	0.94			40.0	1.910
			0+275	26.5° C	0.94	40.0	1.910		
	C. D. Hdez.	1° Calle Pte.	0+325	26.5° C	0.94			38.0	1.815
			0+375	26.5° C	0.94	38.0	1.815		
1° Calle Pte.	3° Calle Pte.	0+425	26.5° C	0.94			38.0	1.815	
		0+475	26.5° C	0.94	38.0	1.815			
2° Avenida	3° Calle Pte.	1° Calle Pte.	0+025	26.5° C	0.94			42.0	2.006
			0+075	26.5° C	0.94	40.0	1.910		
	1° Calle Pte.	C. D. Hdez.	0+125	26.5° C	0.94			42.0	2.006
			0+175	26.5° C	0.94	40.0	1.910		
	C. D. Hdez.	2° Calle Pte.	0+225	26.5° C	0.94			28.0	1.337
			0+275	26.5° C	0.94	28.0	1.337		
	2° Calle Pte.	4° Calle Pte.	0+325	26.5° C	0.94			30.0	1.433
			0+375	26.5° C	0.94	30.0	1.433		
4° Calle Pte.	6° Calle Pte.	0+425	26.5° C	0.94			42.0	2.006	
		0+475	26.5° C	0.94	42.0	2.006			
Av. M. Gall. y Av. S. Martín	6° Calle Pte.	4° Calle Pte.	0+025	26.5° C	0.94			28.0	1.337
			0+075	26.5° C	0.94	28.0	1.337		
	4° Calle Pte.	2° Calle Pte.	0+125	26.5° C	0.94			24.0	1.146
			0+175	26.5° C	0.94	24.0	1.146		
	2° Calle Pte.	C. D. Hdez.	0+225	26.5° C	0.94			20.0	0.955
			0+275	26.5° C	0.94	20.0	0.955		
	C. D. Hdez.	1° Calle Pte.	0+325	26.5° C	0.94			16.0	0.764
			0+375	26.5° C	0.94	16.0	0.764		
1° Calle Pte.	3° Calle Pte.	0+425	26.5° C	0.94			16.0	0.764	
		0+475	26.5° C	0.94	16.0	0.764			
1° Avenida	3° Calle Ote.	1° Calle Ote.	0+025	26.5° C	0.94			28.0	1.337
			0+075	26.5° C	0.94	42.0	2.006		
	1° Calle Ote.	C. C. López	0+125	26.5° C	0.94			22.0	1.051
			0+175	26.5° C	0.94	20.0	0.955		
	C. C. López	2° Calle Ote.	0+225	26.5° C	0.94			28.0	1.337
			0+275	26.5° C	0.94	35.0	1.671		
	2° Calle Ote.	4° Calle Ote.	0+325	26.5° C	0.94			30.0	1.433
			0+375	26.5° C	0.94	28.0	1.337		
4° Calle Ote.	6° Calle Ote.	0+425	26.5° C	0.94			30.0	1.433	
		0+475	26.5° C	0.94	33.0	1.576			

TABLA 3.59  
LECTURAS DE DEFLEXION CON VIGA BENKELMAN

TRAMO	SECTOR		Estación	Temperatura		DEFLEXION			
						Izquierda		Derecha	
	De	A		Pavim.	FC	Plg. (x10 <sup>-3</sup> )	mm.	Plg. (x10 <sup>-3</sup> )	mm.
3° Avenida	6° Calle Ote.	4° Calle Ote.	0+025	26.5° C	0.94			20.0	0.955
			0+075	26.5° C	0.94	18.0	0.860		
	4° Calle Ote.	2° Calle Ote.	0+125	26.5° C	0.94			18.0	0.860
			0+175	26.5° C	0.94	20.0	0.955		
	2° Calle Ote.	C. C. López	0+225	26.5° C	0.94			18.0	0.860
			0+275	26.5° C	0.94	18.0	0.860		
	C. C. López	1° Calle Ote.	0+325	26.5° C	0.94			20.0	0.955
			0+375	26.5° C	0.94	20.0	0.955		
	1° Calle Ote.	3° Calle Ote.	0+425	26.5° C	0.94			20.0	0.955
			0+475	26.5° C	0.94	18.0	0.860		
5° Avenida	3° Calle Ote.	1° Calle Ote.	0+025	26.5° C	0.94			20.0	0.955
			0+075	26.5° C	0.94	20.0	0.955		
	1° Calle Ote.	C. C. López	0+125	26.5° C	0.94			24.0	1.146
			0+175	26.5° C	0.94	24.0	1.146		
	C. C. López	2° Calle Ote.	0+225	26.5° C	0.94			20.0	0.955
			0+275	26.5° C	0.94	24.0	1.146		
	2° Calle Ote.	4° Calle Ote.	0+325	26.5° C	0.94			24.0	1.146
			0+375	26.5° C	0.94	24.0	1.146		
	4° Calle Ote.	6° Calle Ote.	0+425	26.5° C	0.94			18.0	0.860
			0+475	26.5° C	0.94	20.0	0.955		
7° Avenida	6° Calle Ote.	4° Calle Ote.	0+025	26.5° C	0.94			30.0	1.433
			0+075	26.5° C	0.94	30.0	1.433		
	4° Calle Ote.	2° Calle Ote.	0+125	26.5° C	0.94			34.0	1.624
			0+175	26.5° C	0.94	34.0	1.624		
	2° Calle Ote.	C. C. López	0+225	26.5° C	0.94			18.0	0.860
			0+275	26.5° C	0.94	20.0	0.955		
	C. C. López	1° Calle Ote.	0+325	26.5° C	0.94			18.0	0.860
			0+375	26.5° C	0.94	20.0	0.955		
	1° Calle Ote.	3° Calle Ote.	0+425	26.5° C	0.94			18.0	0.860
			0+475	26.5° C	0.94	18.0	0.860		

### 3.6.4. RETROCALCULO

La capacidad estructural de los pavimentos flexibles utilizando la viga Benkelman, puede se obtenida a través de fórmulas, como las desarrolladas para el HDM-4 (Highway Development And Management Model); que dentro de sus aplicaciones, se puede obtener el número estructural utilizando el valor de la deflexión máxima:

$$\mathbf{SN's = 3.2 * (DEF's)^{-0.63} - dSNPK} \quad \text{(Bases no Estabilizadas)}$$

(ECUACIÓN 3.01)

$$\mathbf{SN's = 2.2 * (DEF's)^{-0.63} - dSNPK} \quad \text{(Bases Estabilizadas)}$$

(ECUACIÓN 3.02)

Donde:

- SN's:** Número Estructural ajustado en la estación "S"
- DEF's:** Deflexión de la viga Benkelman bajo una carga de 80 kN, con una presión de llanta de 520 kPa, y una temperatura promedio del asfalto de 30° C para la estación "s".
- dSNPK:** Ajuste de reducción del número estructural debido al agrietamiento.

$$\mathbf{dSNPK = 0.0000758 * \{63 * HSNEW + 40 * HSOLD\}}$$

(ECUACIÓN 3.03)

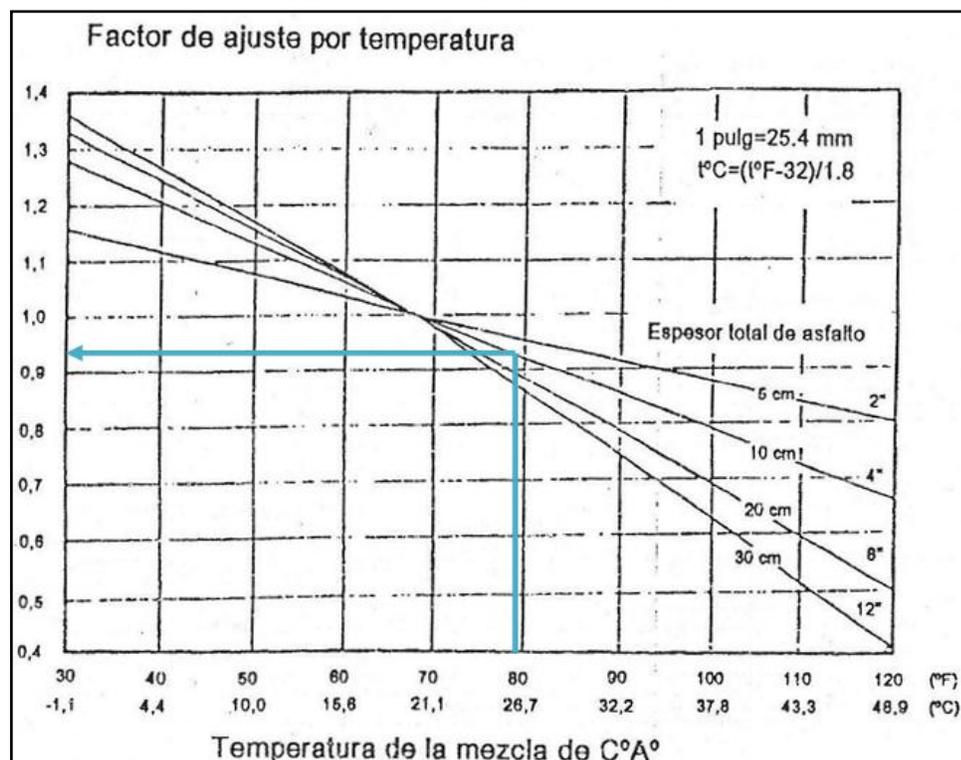
Donde:

- HSNEW:** Espesor de la carpeta más reciente (mm.)
- HSOLD:** Espesor de la carpeta o carpetas anteriores (mm.)

### 3.6.4.1. CORRECCION POR TEMPERATURA

Esta corrección se efectúa, para ajustar la deflexión obtenida en campo a la temperatura teórica de ensayo. Para esta corrección se hará uso del grafico de ajuste de Deflexion por Temperatura según la Guía de Diseño de Estructuras de Pavimentos de AASHTO (Fig. 3.47), en el cual se encontró que para las condiciones de temperatura que se presentaron durante la medición de deflexión (Temp.=26.5° C, pavimento), el coeficiente de corrección por temperatura es de “ $C_t = 0.94$ ”, el cual ya ha sido aplicado a las lecturas de deflexión de las tablas 3.55 a 3.59

FIGURA 3.47  
AJUSTE DE DEFLEXIÓN POR TEMPERATURA



FUENTE: AASHTO, GUIDE FOR DESIGN OF PAVEMENT STRUCTURES

A continuación se presentan los resultados del cálculo del Número Estructura para cada sección de la Red Vial que ha sido relevada (Tablas 3.60 a 3.64):

TABLA 3.60  
CALCULO DEL NUMERO ESTRUCTURAL (SNEF)

TRAMO	SECTOR		DEFLEXION		NUMERO ESTRUCTURAL
			Izquierda	Derecha	
	De	A	mm.	mm.	SN <sub>ef</sub>
<b>3° Calle</b>	7° Av. Nte.	5° Av. Nte.		1.003	2.20
			1.003		2.20
	5° Av. Nte.	3° Av. Nte.		0.812	2.51
			0.764		2.61
	3° Av. Nte.	1° Av. Nte.		0.764	2.61
			0.716		2.71
	1° Av. Nte.	Av. Manuel Gallardo		0.860	2.42
			0.812		2.51
	Av. Manuel Gallardo	2° Av. Nte.		0.860	2.42
			0.860		2.42
	2° Av. Nte.	4° Av. Nte.		0.812	2.51
			0.860		2.42
4° Av. Nte.	6° Av. Nte.		0.716	2.71	
		0.764		2.61	
6° Av. Nte.	8° Av. Nte.		0.860	2.42	
		1.003		2.20	
8° Av. Nte.	10° Av. Nte.		0.812	2.51	
		0.716		2.71	
10° Av. Nte.	12° Av. Nte.		0.907	2.34	
		0.812		2.51	
<b>2.48</b>					
<b>1° Calle</b>	10° Av. Nte.	8° Av. Nte.		1.146	2.02
			2.244		1.32
	8° Av. Nte.	6° Av. Nte.		1.003	2.20
			1.337		1.83
	6° Av. Nte.	4° Av. Nte.		1.337	1.83
			1.146		2.02
	4° Av. Nte.	2° Av. Nte.		1.671	1.59
			2.101		1.38
	2° Av. Nte.	Av. Manuel Gallardo		1.337	1.83
			1.289		1.87
	Av. Manuel Gallardo	1° Av. Nte.		1.051	2.13
			1.289		1.87
1° Av. Nte.	3° Av. Nte.		2.197	1.34	
		1.337		1.83	
3° Av. Nte.	5° Av. Nte.		1.051	2.13	
		1.146		2.02	
5° Av. Nte.	7° Av. Nte.		3.104	1.08	
		1.671		1.59	
<b>1.77</b>					

TABLA 3.61  
CALCULO DEL NUMERO ESTRUCTURAL (SNEF)

TRAMO	SECTOR		DEFLEXION		NUMERO ESTRUCTURAL	
			Izquierda	Derecha		
	De	A	mm.	mm.	SNEf.	
Calle D. Hdez. y Calle C. López	12° Av. Nte.	10° Av. Nte.		1.576	1.65	1.70
			1.337		1.83	
	10° Av. Nte.	8° Av. Nte.		1.671	1.59	
			1.528		1.68	
	8° Av. Nte.	6° Av. Nte.		2.006	1.42	
			1.385		1.79	
	6° Av. Nte.	4° Av. Nte.		2.292	1.30	
			1.433		1.75	
4° Av. Nte.	2° Av. Nte.		0.669	2.84		
		0.669		2.84		
5° Av. Nte.	7° Av. Nte.		1.146	2.02		
		1.194		1.97		
6° Calle	12° Av. Sur	10° Av. Sur		0.907	2.34	1.70
			0.860		2.42	
	10° Av. Sur	8° Av. Sur		1.624	1.62	
			1.671		1.59	
	8° Av. Sur	6° Av. Sur		1.910	1.46	
			1.624		1.62	
	6° Av. Sur	4° Av. Sur		1.528	1.68	
			1.671		1.59	
	4° Av. Sur	2° Av. Sur		1.624	1.62	
			1.671		1.59	
	2° Av. Sur	Avenida San Martín		1.433	1.75	
			1.337		1.83	
	Avenida San Martín	1° Av. Sur		1.528	1.68	
1.624				1.62		
1° Av. Sur	3° Av. Sur		1.719	1.56		
		1.576		1.65		
3° Av. Sur	5° Av. Sur		1.146	2.02		
		1.146		2.02		
5° Av. Sur	7° Av. Sur		1.337	1.83		
		1.337		1.83		

TABLA 3.62  
CALCULO DEL NUMERO ESTRUCTURAL (SNEF)

TRAMO	SECTOR		DEFLEXION		NUMERO ESTRUCTURAL	
			Izquierda	Derecha		
	De	A	mm.	mm.	Snef.	
<b>12° Avenida</b>	6° Calle Pte.	4° Calle Pte.		0.860	2.42	<b>2.09</b>
			0.907		2.34	
	4° Calle Pte.	2° Calle Pte.		0.860	2.42	
			0.955		2.26	
	2° Calle Pte.	C. D. Hdez.		0.907	2.34	
			1.003		2.20	
C. D. Hdez.	1° Calle Pte.		1.337	1.83		
		1.528		1.68		
1° Calle Pte.	3° Calle Pte.		1.433	1.75		
		1.624		1.62		
<b>10° Avenida</b>	3° Calle Pte.	1° Calle Pte.		0.573	3.12	<b>2.50</b>
			0.669		2.84	
	1° Calle Pte.	C. D. Hdez.		0.860	2.42	
			0.764		2.61	
	C. D. Hdez.	2° Calle Pte.		0.907	2.34	
			0.860		2.42	
2° Calle Pte.	4° Calle Pte.		0.955	2.26		
		0.860		2.42		
4° Calle Pte.	6° Calle Pte.		1.003	2.20		
		0.907		2.34		
<b>8° Avenida</b>	6° Calle Pte.	4° Calle Pte.		1.098	2.07	<b>2.23</b>
			1.098		2.07	
	4° Calle Pte.	2° Calle Pte.		1.051	2.13	
			1.098		2.07	
	2° Calle Pte.	C. D. Hdez.		0.716	2.71	
			0.764		2.61	
C. D. Hdez.	1° Calle Pte.		1.051	2.13		
		1.146		2.02		
1° Calle Pte.	3° Calle Pte.		1.098	2.07		
		0.860		2.42		
<b>6° Avenida</b>	3° Calle Pte.	1° Calle Pte.		1.098	2.07	<b>2.05</b>
			1.098		2.07	
	1° Calle Pte.	C. D. Hdez.		1.146	2.02	
			1.146		2.02	
	C. D. Hdez.	2° Calle Pte.		1.098	2.07	
			1.098		2.07	
2° Calle Pte.	4° Calle Pte.		1.671	1.59		
		1.671		1.59		
4° Calle Pte.	6° Calle Pte.		1.815	1.51		
		1.815		1.51		

TABLA 3.63  
CALCULO DEL NUMERO ESTRUCTURAL (SNEF)

TRAMO	SECTOR		DEFLEXION		NUMERO ESTRUCTURAL	
			Izquierda	Derecha		
	De	A	mm.	mm.	Snef.	
<b>4° Avenida</b>	6° Calle Pte.	4° Calle Pte.		1.910	1.46	<b>1.47</b>
			1.910		1.46	
	4° Calle Pte.	2° Calle Pte.		2.006	1.42	
			2.006		1.42	
	2° Calle Pte.	C. D. Hdez.		1.910	1.46	
			1.910		1.46	
C. D. Hdez.	1° Calle Pte.		1.815	1.51		
		1.815		1.51		
1° Calle Pte.	3° Calle Pte.		1.815	1.51		
		1.815		1.51		
<b>2° Avenida</b>	3° Calle Pte.	1° Calle Pte.		2.006	1.42	<b>1.58</b>
			1.910		1.46	
	1° Calle Pte.	C. D. Hdez.		2.006	1.42	
			1.910		1.46	
	C. D. Hdez.	2° Calle Pte.		1.337	1.83	
			1.337		1.83	
2° Calle Pte.	4° Calle Pte.		1.433	1.75		
		1.433		1.75		
4° Calle Pte.	6° Calle Pte.		2.006	1.42		
		2.006		1.42		
<b>Av. M. Gall. Y Av. S. Martin</b>	6° Calle Pte.	4° Calle Pte.		1.337	1.83	<b>2.27</b>
			1.337		1.83	
	4° Calle Pte.	2° Calle Pte.		1.146	2.02	
			1.146		2.02	
	2° Calle Pte.	C. D. Hdez.		0.955	2.26	
			0.955		2.26	
C. D. Hdez.	1° Calle Pte.		0.764	2.61		
		0.764		2.61		
1° Calle Pte.	3° Calle Pte.		0.764	2.61		
		0.764		2.61		
<b>1° Avenida</b>	3° Calle Ote.	1° Calle Ote.		1.337	1.83	<b>1.81</b>
			2.006		1.42	
	1° Calle Ote.	C. C. López		1.051	2.13	
			0.955		2.26	
	C. C. López	2° Calle Ote.		1.337	1.83	
			1.671		1.59	
2° Calle Ote.	4° Calle Ote.		1.433	1.75		
		1.337		1.83		
4° Calle Ote.	6° Calle Ote.		1.433	1.75		
		1.576		1.65		

TABLA 3.64  
CALCULO DEL NUMERO ESTRUCTURAL (SNEF)

TRAMO	SECTOR		DEFLEXION		NUMERO ESTRUCTURAL	
			Izquierda	Derecha		
	De	A	mm.	mm.	Snef.	
<b>3° Avenida</b>	6° Calle Ote.	4° Calle Ote.		0.955	2.26	<b>2.34</b>
			0.860		2.42	
	4° Calle Ote.	2° Calle Ote.		0.860	2.42	
			0.955		2.26	
	2° Calle Ote.	C. C. López		0.860	2.42	
			0.860		2.42	
C. C. López	1° Calle Ote.		0.955	2.26		
		0.955		2.26		
1° Calle Ote.	3° Calle Ote.		0.955	2.26		
		0.860		2.42		
<b>5° Avenida</b>	3° Calle Ote.	1° Calle Ote.		0.955	2.26	<b>2.16</b>
			0.955		2.26	
	1° Calle Ote.	C. C. López		1.146	2.02	
			1.146		2.02	
	C. C. López	2° Calle Ote.		0.955	2.26	
			1.146		2.02	
2° Calle Ote.	4° Calle Ote.		1.146	2.02		
		1.146		2.02		
4° Calle Ote.	6° Calle Ote.		0.860	2.42		
		0.955		2.26		
<b>7° Avenida</b>	6° Calle Ote.	4° Calle Ote.		1.433	1.75	<b>1.69</b>
			1.433		1.75	
	4° Calle Ote.	2° Calle Ote.		1.624	1.62	
			1.624		1.62	
	2° Calle Ote.	C. C. López		0.860	2.42	
			0.955		2.26	
C. C. López	1° Calle Ote.		0.860	2.42		
		0.955		2.26		
1° Calle Ote.	3° Calle Ote.		0.860	2.42		
		0.860		2.42		
<b>7° Avenida</b>	1° Calle Ote.	3° Calle Ote.		0.860	2.42	<b>2.37</b>
			0.860		2.42	

### **3.7. MODELOS DE DETERIOROS DE PAVIMENTOS**

Los modelos de deterioro son por lo general expresiones matemáticas que representan la evolución del estado del pavimento en el tiempo en base al conocimiento de sus condiciones en el momento de la puesta en servicio y de realización del análisis. Además permiten pronosticar el efecto de las actividades de mantenimiento a corto y largo plazo, con el objetivo de estimar con mayor precisión el momento de aplicación de actividades de conservación y conocer el nivel de deterioro resultante después de la misma y su progresión en el tiempo.

Los modelos de deterioro de pavimentos se aplican a diversos aspectos de la gestión de pavimentos como: en la creación de un SGP que se sirva de los modelos para: predecir el deterioro del pavimento en el tiempo, evaluar los resultados de aplicar diversas alternativas de mantenimiento, hacer el plan de conservación del pavimento y optimizar los resultados del nivel de servicio del pavimento como de los costos asociados para lograrlo, y en la generación de estándares y políticas de mantenimiento del nivel de servicio requerido del pavimento.

En el país existe la necesidad de crear sistemas formales de gestión de pavimentos aplicables a nuestras redes viales, esto crea a su vez la necesidad de contar con modelos de deterioros confiables, bien cuantificados y adecuadamente validados.

### 3.7.1. MODELOS DE DETERIORO DE PAVIMENTOS

#### ASFALTICOS (HDM-III)

Para el desarrollo de los modelos de HDM-III se adoptó un sistema que combina métodos empíricos avanzados con principios mecanicistas. La metodología utilizada fue fundamentalmente empírica, de manera que se desarrollaron modelos paramétricos utilizando técnicas de regresión estadística de la información proveniente de series de tiempo: información que había sido coleccionada en una base de datos factorialmente diseñada, a partir de pavimentos en servicio bajo diferentes condiciones de estructura y tránsito (Paterson, 1987). Por otra parte, la forma funcional y los parámetros de los modelos se basaron en teorías mecanicistas y en el conocimiento experimental del comportamiento estructural de los pavimentos y de los materiales que lo conforman.

La forma de los modelos es incremental, es decir que predicen el cambio en la condición del pavimento a lo largo de un cierto incremento de tiempo como función de la condición actual del pavimento, de sus características estructurales y de las solicitaciones externas (tránsito y condiciones climáticas), tal como se muestra en la siguiente expresión:

$$\Delta(\text{deterioro futuro tras incremento de Tiempo}) = f(\text{condición actual, cargas y volumen de tránsito, resistencia del pavimento, clima y mantenimiento aplicado})$$

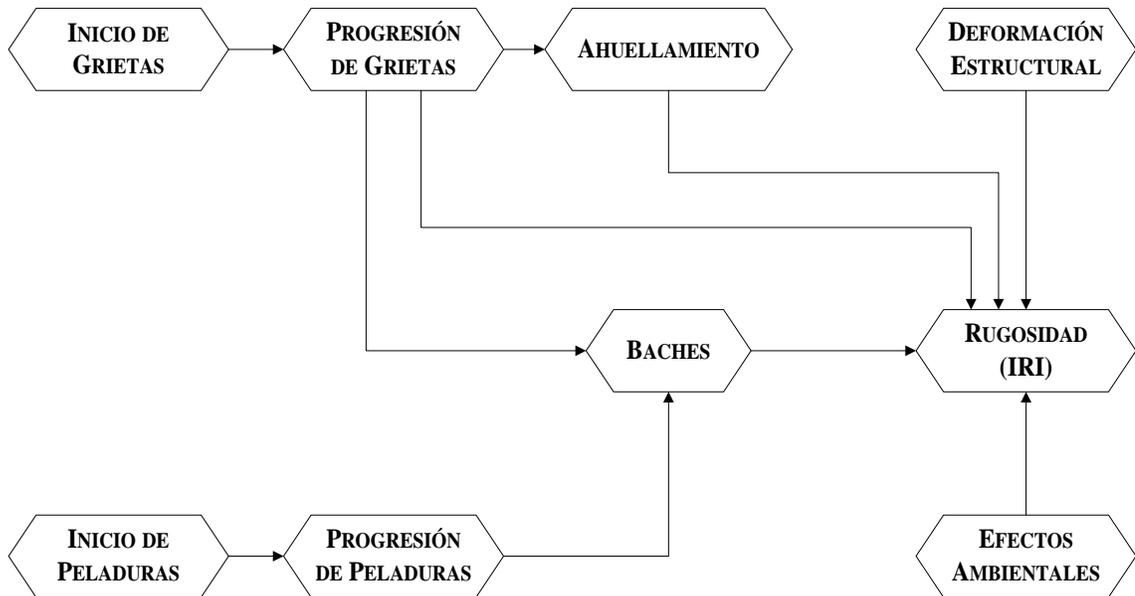
Los modelos de deterioro incrementales de pavimentos asfálticos cuyo comportamiento se modelan en el HDM-III fueron básicamente los que siguen:

- **Agrietamiento:** en función de su extensión (como el % de área superficial influenciada), severidad (de acuerdo a l ancho de las grietas) y tipo (patrón visual de las grietas existentes)
- **Pérdida de agregados:** en función de su extensión (de manera análoga a las grietas)
- **Baches:** de acuerdo a su extensión (igual que las grietas) y volumen de baches abiertos por kilómetro de pista.
- **Ahuellamiento:** en función del promedio y la desviación estándar de la profundidad de la huella de la pista.
- **Rugosidad:** en términos de un perfil superficial estadístico del camino, relacionado con la respuesta de los vehículos en movimiento.

### 3.7.2. CALIBRACION DE MODELOS DE DETERIORO

Calibrar un modelo de deterioro consiste en definir un procedimiento de cálculo de factores de calibración numéricos, que modifican la predicción del modelo ajustándolo de acuerdo a la información provista por bases de datos de pavimentos de una región o país. Esto se realiza a través de la minimización de la diferencia entre las predicciones del modelo y un conjunto de datos de deterioro medidos en terreno.

El objetivo de la calibración es obtener modelos de predicción ajustados, que ofrezcan estimaciones más realistas y confiables de los deterioros y que permitan establecer planes de conservación que tiendan a optimizar los recursos disponibles y minimizar el costo total de operación del camino (costo total = costo de operación vehicular + costo de conservación + costo exógeno). La calibración de los modelos de deterioro puede realizarse a dos niveles: para un camino o pavimento específico, o bien para un grupo de caminos, es decir calibración a nivel de proyecto y calibración a nivel de red respectivamente.



**FIGURA 3.48**  
**ESQUEMA DE EL MODELO DE DETERIOROS HDM-II**

### 3.7.2.1. CALIBRACION A NIVEL DE RED

- Método de "Ventanas"<sup>6</sup>

Para ello debe seleccionarse un conjunto de secciones de caminos que tengan características similares, pero edades lo más diferentes posible, a fin de registrar el estado de deterioro de cada uno y reconstituir curvas de deterioro representativas del conjunto. Estableciendo las condiciones de similitud, en base a la fijación de niveles en cada una de las variables explicativas del deterioro, pueden obtenerse distintos grupos de pavimentos en una red; a cada grupo de pavimentos con características similares corresponderá una serie de factores de calibración para las correspondientes curvas de evolución de los distintos tipos de deterioro. Este método permite evaluar una amplia cantidad de pavimentos agrupados en distintos conjuntos, ampliando el espacio de inferencia de la calibración. Además, los modelos calibrados según este método representan condiciones medias dentro de cada conjunto de pavimentos, por lo cual son muy útiles para evaluar políticas de mantenimiento a nivel de una red vial.

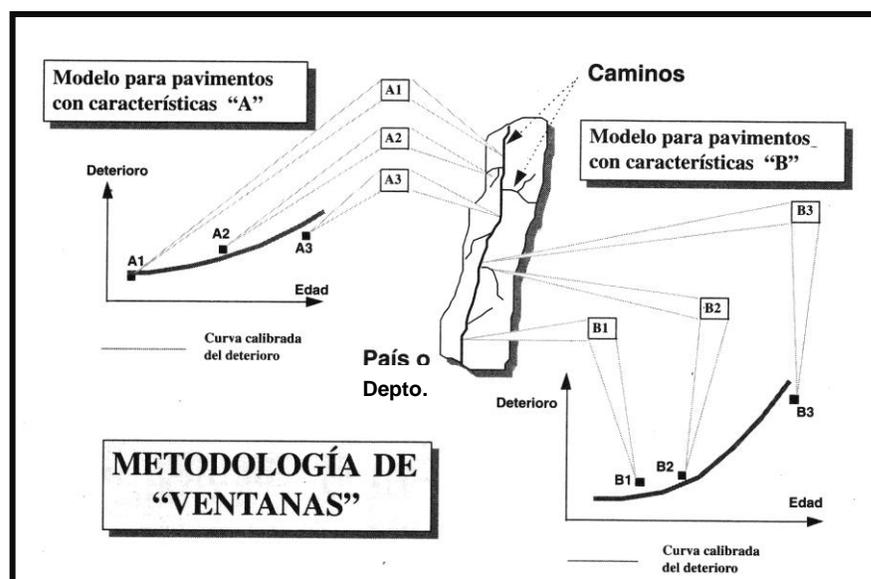


FIGURA 3.49

CALIBRACIÓN DE PAVIMENTOS POR METODO DE "VENTANAS"

<sup>6</sup> PATERSON, 1987

### **3.7.3. METODOLOGIA DE CALIBRACION DE LOS MODELOS DE DETERIORO DE HDM-III**

Para efectos de aplicación de esta metodología, el primer paso consistió en definir tramos homogéneos de caminos, en cuanto a sus variables más representativas (clima, estructura, tránsito, geometría). Cada uno de estos tramos se considera entonces, como una “ventana” en la curva de comportamiento de un sector que, junto con otras “ventanas”, puedan asimilarse al comportamiento en el tiempo de un pavimento único. A cada conjunto de tramos o “ventanas” que presentan uniformidad en sus variables representativas, se les denomina “categoría”. Cada categoría que se presente en la práctica, al aplicar esta metodología, contará con sus propios factores de calibración “ $K_i$ ”. En nuestro análisis se consideraron 2 categorías, basados en la estructura de pavimentos (Con o Sin Refuerzo), para su clasificación (Tabla 3.63):

Para llevar a cabo la calibración estadística de los modelos de comportamiento de pavimentos asfálticos, el procedimiento propuesto se basó, principalmente, en la determinación de factores que permitan lograr un mejor ajuste de las curvas de deterioro simulado a los datos de comportamiento real. Este procedimiento se ha realizado nada más para los modelos de “Inicio de Grietas”, “Progresión de Grietas” y “Ahuellamiento”, ya que, junto con el factor de calibración “Medio ambiental”, se consideran deterioros de ALTO IMPACTO. Mientras que los modelos de “Inicio de Peladuras”, “Progresión de Baches” y “Progresión de Rugosidad” son considerados deterioros de BAJO IMPACTO, y se utilizarán factores de ajuste basados en recomendaciones elaboradas por los creadores de los modelos.

TABLA 3.65  
CATEGORÍAS Y VENTANAS DE LA RED.

<b>CATEGORIA 01</b>		<b>CATEGORIA 02</b>	
<b>SIN REFUERZO (Sin Sobre-capa)</b>		<b>CON REFUERZO (Con Sobre-capa)</b>	
<b>Tramo</b>	<b>Sector</b>	<b>Tramo</b>	<b>Sector</b>
<b>CALLES</b>			
<b>1ª Calle</b>	De 12ª Av. Nte a 7ª Av. Nte	<b>3ª Calle</b>	De 12ª Av. Nte a 7ª Av. Nte
<b>Calle D. Hdez.</b> <b>Calle C. López</b>	De 4ª Avenida a 12ª Avenida De 5ª Avenida a 7ª Avenida	<b>Calle D. Hdez.</b> <b>Calle C. López</b>	De 2ª Avenida a 4ª Avenida
<b>6ª Calle</b>	De 10ª Av. Sur a 7ª Av. Sur	<b>6ª Avenida</b>	De 12ª Av. Sur a 10ª Av. Sur
<b>AVENIDAS</b>			
<b>8ª Avenida</b>	De 3ª Calle Pte a 6ª Calle Pte	<b>12ª Avenida</b>	De 3ª Calle Pte a 6ª Calle Pte
<b>4ª Avenida</b>	De 3ª Calle Pte a 6ª Calle Pte	<b>10ª Avenida</b>	De 3ª Calle Pte a 6ª Calle Pte
<b>2ª Avenida</b>	De 3ª Calle Pte a C. D. Hdez. De 2ª Calle Pte a 6ª Calle Pte	<b>6ª Avenida</b>	De 3ª Calle Pte a 6ª Calle Pte
<b>1ª Avenida</b>	De 4ª Calle Ote a 6ª Calle Ote	<b>2ª Avenida</b>	De C. D. Hdez. a 2ª Calle Pte
<b>7ª Avenida</b>	De 2ª Calle Ote a 6ª Calle Ote	<b>Avenida M. Gall.</b> <b>Ave. San Martín</b>	De 3ª Calle a 6ª Calle
		<b>1ª Avenida</b>	De 3ª Calle Ote a 4ª Calle Ote
		<b>3ª Avenida</b>	De 3ª Calle Ote a 4ª Calle Ote
		<b>5ª Avenida</b>	De 3ª Calle Ote a 6ª Calle Ote
		<b>7ª Avenida</b>	De 3ª Calle Ote a 2ª Calle Ote

### 3.7.3.1. FACTORES DE AJUSTE

#### 3.7.3.1.1. Calibración del Factor Ambiental ( $K_{eg}$ ):

Básicamente es un dato de entrada, más que un factor a ajustar, y se hace uso de las siguientes tablas para calcularlo:

**TABLA 3.66**  
VALORES RECOMENDADOS PARA EL COEFICIENTE AMBIENTAL, M

HUMEDAD	TEMPERATURA			
	Tropical	Sub-Tropical sin Heladas	Templado con Heladas	Frio
Árido	0.005	0.010	0.025	0.040
Semi-Árido	0.010	0.016	0.035	0.060
Sub-Húmedo	0.020	0.025	0.060	0.100
Húmedo	0.025	0.030	0.100	0.200

El factor “m”, que se obtuvo de la tabla anterior debe modificarse en función de la calidad de construcción y drenaje ( $K_m$ )

**TABLA 3.67**  
MODIFICACIÓN DEL FACTOR AMBIENTAL POR EFECTOS DE CONSTRUCCIÓN Y DRENAJE

Construcción y Drenaje	Ambiente sin Heladas	Ambiente Frio
Materiales y drenajes de alta calidad.	0.6	0.5
Materiales de calidad estándar, drenajes adecuados para las condiciones de humedad locales y mantenimiento moderado	1.0	1.0
Material de calidad variable en el pavimento (materiales susceptibles a la humedad), drenaje inadecuado y pobre mantenimiento.	1.3	1.5
Sub-rasante expansiva sin tratamiento	1.3 – 2.0	1.2 – 1.6

Luego, se debe calcular el factor ambiental modificado, el cual se tomará como el “**Factor de Ajuste Ambiental**”, de la siguiente forma:

$$K_{ge} = \frac{K_m * m}{0.023}$$

ECUACIÓN 3.05  
FACTOR DE AJUSTE AMBIENTAL

Para nuestras condiciones ambientales, tenemos:

Coefficiente Ambiental (m): **0.025**

Factor de Construcción y Drenaje ( $K_m$ ): **1.30**

$$K_{ge} = \frac{1.30 * 0.025}{0.023} = 1.40$$

### 3.7.3.1.2. Calibración del Modelo “Inicio de Grietas”

Para esta calibración se hará uso de la siguiente tabla, la cual nos dará un indicio para el ajuste de este modelo, el cual posteriormente se ajustará por medio de gráficos:

TABLA 3.68  
FACTOR DE AJUSTE PARA EL INICIO DE GRIETAS

CALIDAD DE CONSTRUCCION	CALIDAD DEL ASFALTO	NIVEL DE EXPOSICION A LA OXIDACION		
		Alta	Media	Baja
Alta	Alta	1.0	1.2	1.5
	Baja	0.8	1.0	1.1
Media	Alta	0.8	1.0	1.1
	Baja	0.6	0.8	0.9
Baja	Alta	0.6	0.8	0.9
	Baja	0.4	0.6	0.7

Donde para la “**CALIDAD DE CONSTRUCCION**” tenemos que:

**ALTA:** Control estricto de la temperatura del asfalto. Adecuado contenido. Bajo contenido de vacíos o buena compactación. Elevada calidad de plantas asfálticas y equipos de compactación. Uso de asfalto de dureza media o baja.

**MEDIA:** Moderada o variable aproximación a las condiciones anteriores.

**BAJA:** Sobrecalentamiento frecuente del asfalto. Bajo contenido de asfalto. Elevado contenido de vacíos o compactación pobre. Uso de asfaltos duros.

Para “**CALIDAD DEL ASFALTO**” tenemos:

**ALTA:** Refinado por compañías internacionales exclusivamente para uso vial.

**BAJA:** Refinado por compañías locales. Crudos con pobre resistencia a la oxidación.

Para “**NIVEL DE EXPOSICIÓN A LA OXIDACIÓN**” tenemos:

**ALTA:** Tiempo nublado reducido, alta incidencia de la luz solar, elevada altitud, zona con reducido ozono.

**MEDIA:** Condiciones medias de horas de sol y nubladas. Medias a bajas altitudes.

**BAJA:** Nublado frecuente. Bajas altitudes. Clima fresco sub-húmedo o de elevadas precipitaciones.

De la tabla anterior, bajo las consideraciones siguientes:

Calidad de Construcción:	<b>BAJA</b> (Se desconoce el método constructivo).
Calidad del Asfalto:	<b>BAJA</b> (Proporcionado por compañías locales).
Nivel de Exposición a la Oxidación:	<b>MEDIA</b> (Hay condiciones promedio de clima).

Se determinó que el Factor de ajuste inicial para el modelo de “Inicio de Grietas es: **0.80**

A partir de este valor se puede comenzar a intentar ajustar el modelo de “Inicio de Grietas” para que se comporte lo más cercano a las condiciones reales que presentan los pavimentos.

### **3.7.3.1.3. Calibración de los Modelos “Progresión de Grietas” y “Progresión del Ahuellamiento”**

Para estos modelos se debe seguir una metodología de prueba y error, hasta encontrar los valores de los factores que ajusten dichos modelos. Unas aproximaciones pueden ser:

- **Para el modelo “Progresión de Grietas”:**

El Factor de ajuste de la Progresión se sugiere determinarlo como la inversa del Factor de ajuste de Inicio de Fisuras.

- **Para el modelo “Progresión de Ahuellamiento”:**

Pavimentos en servicio:	<b>Entre 1.5 y 4</b>
Pavimentos nuevos:	<b>Entre 1.2 y 3</b>
Pavimentos fisurados:	<b>1.5 (1.1 a 2)</b>

Basados en lo anteriormente expuesto, se procedió a hacer la calibración de estos modelos obteniendo como resultado los siguientes factores de ajuste:

**TABLA 3.69**  
**FACTORES DE AJUSTE DE DETERIORS DE ALTO IMPACTO**

FACTORES DE AJUSTE		CATEGORIA 01	CATEGORIA 02
Inicio de Grietas	$K_{ig}$	<b>0.05</b>	<b>0.05</b>
Progresión de Grietas	$K_{pg}$	<b>0.37</b>	<b>0.60</b>
Progresión de Ahuellamiento	$K_{ah}$	<b>1.00</b>	<b>1.35</b>

A continuación se presentan los gráficos de calibración de estos factores para ambas categorías (Figura 3.50 a 3.53):

FIGURA 3.50  
CALIBRACIÓN DEL MODELO "GRIETAS" PARA LA CATEGORÍA 01

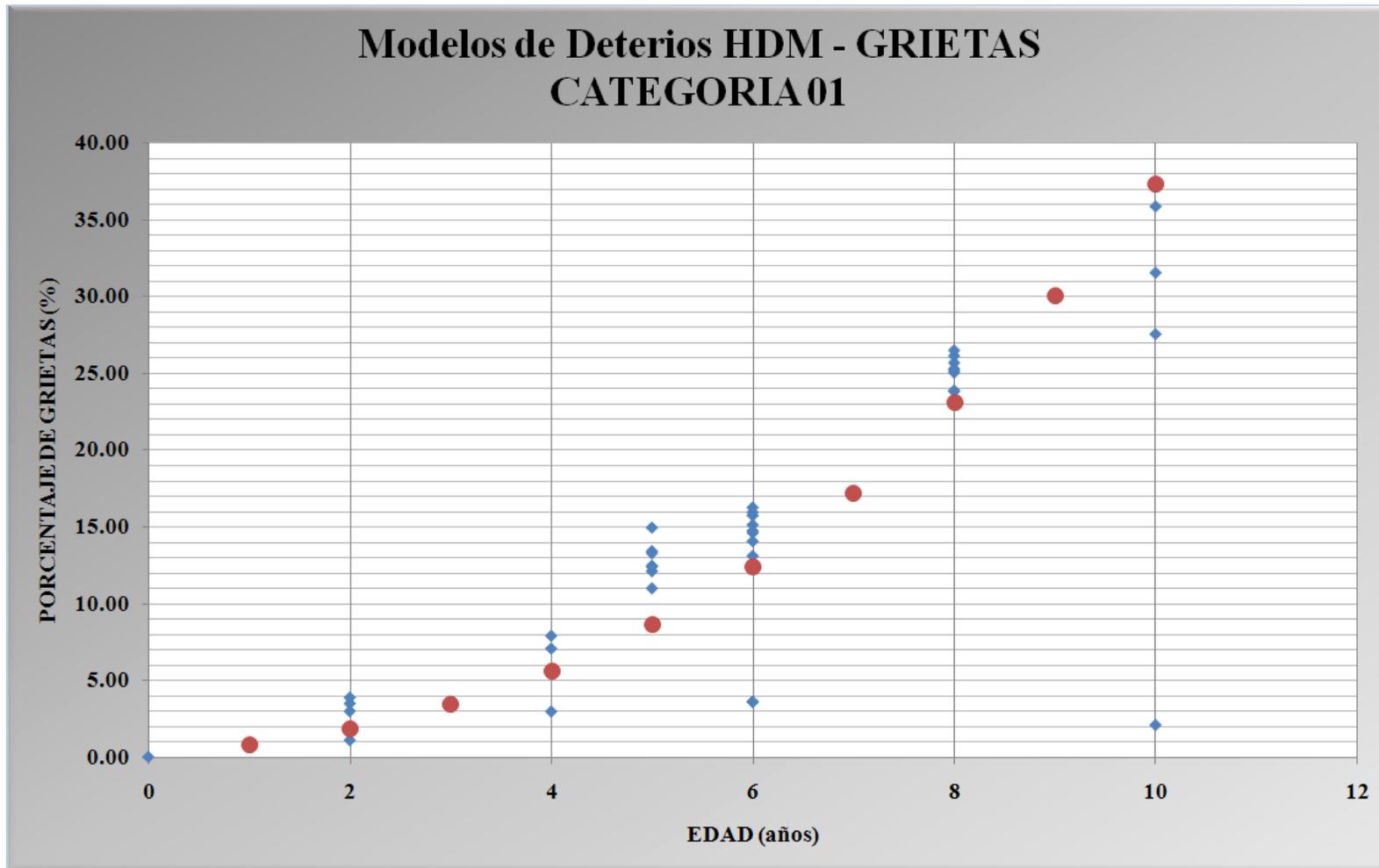


FIGURA 3.51  
CALIBRACIÓN DEL MODELO "AHUELLAMIENTO" PARA LA CATEGORÍA 01

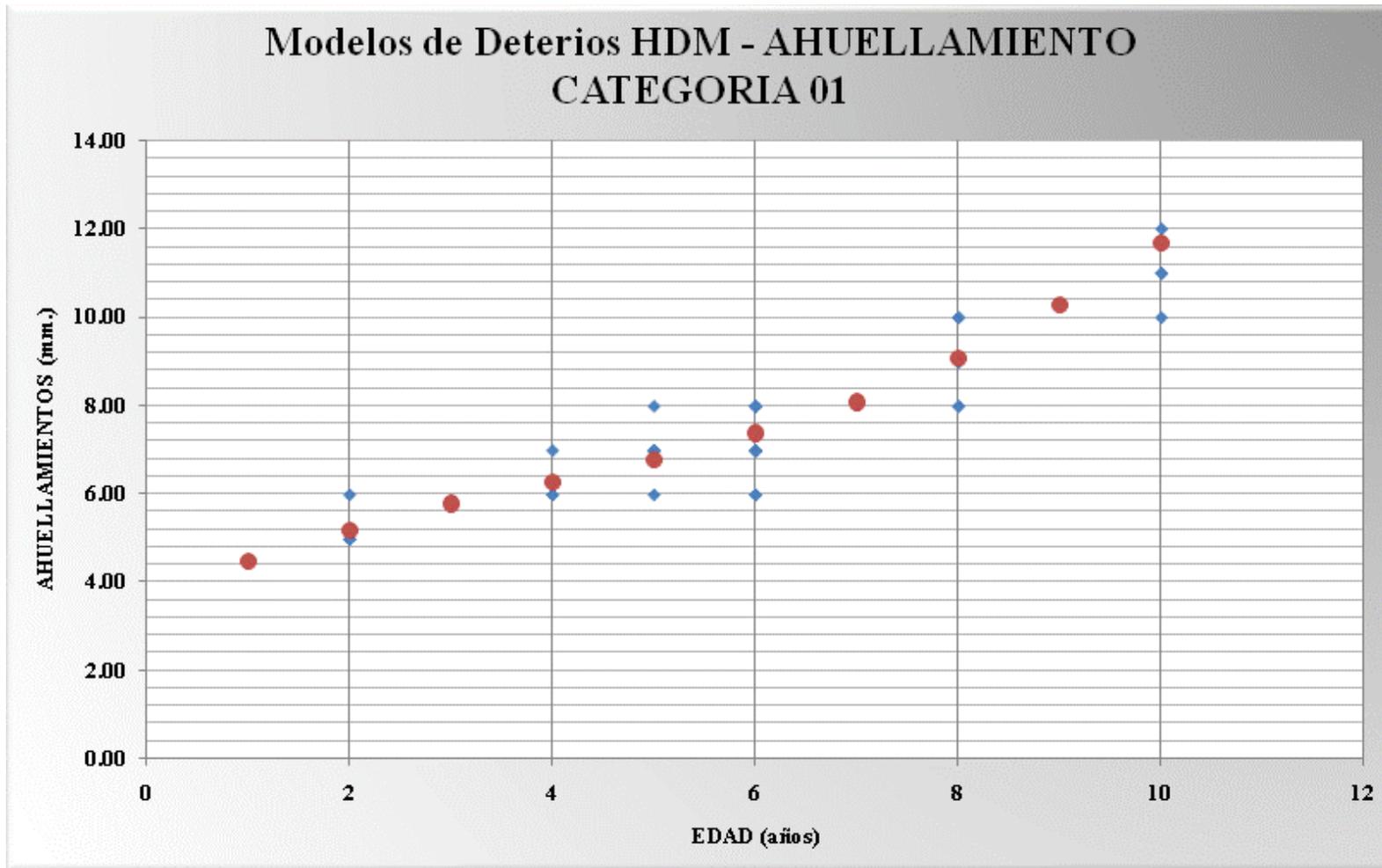


FIGURA 3.52  
CALIBRACIÓN DEL MODELO "GRIETAS" PARA LA CATEGORÍA 02

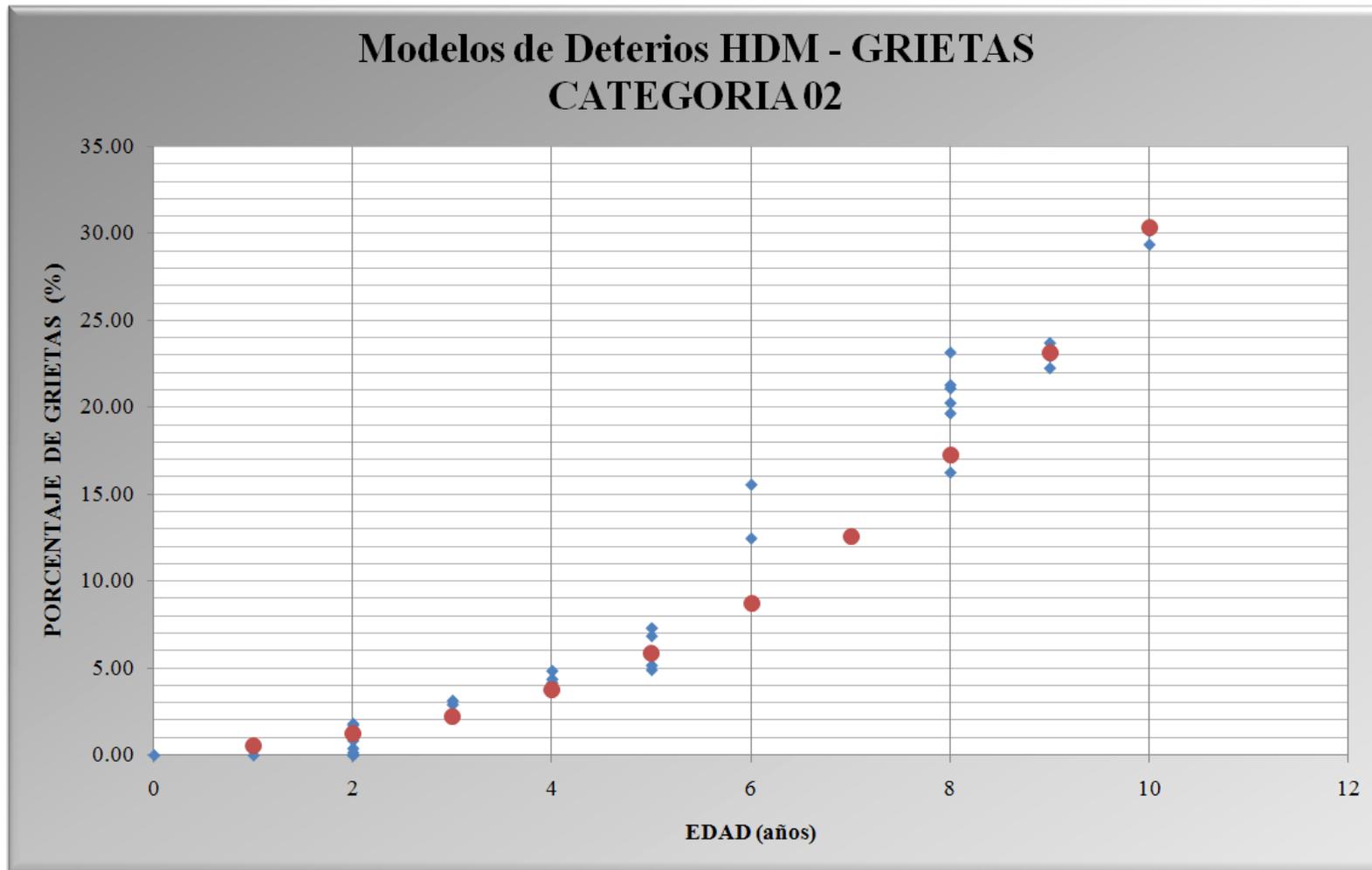
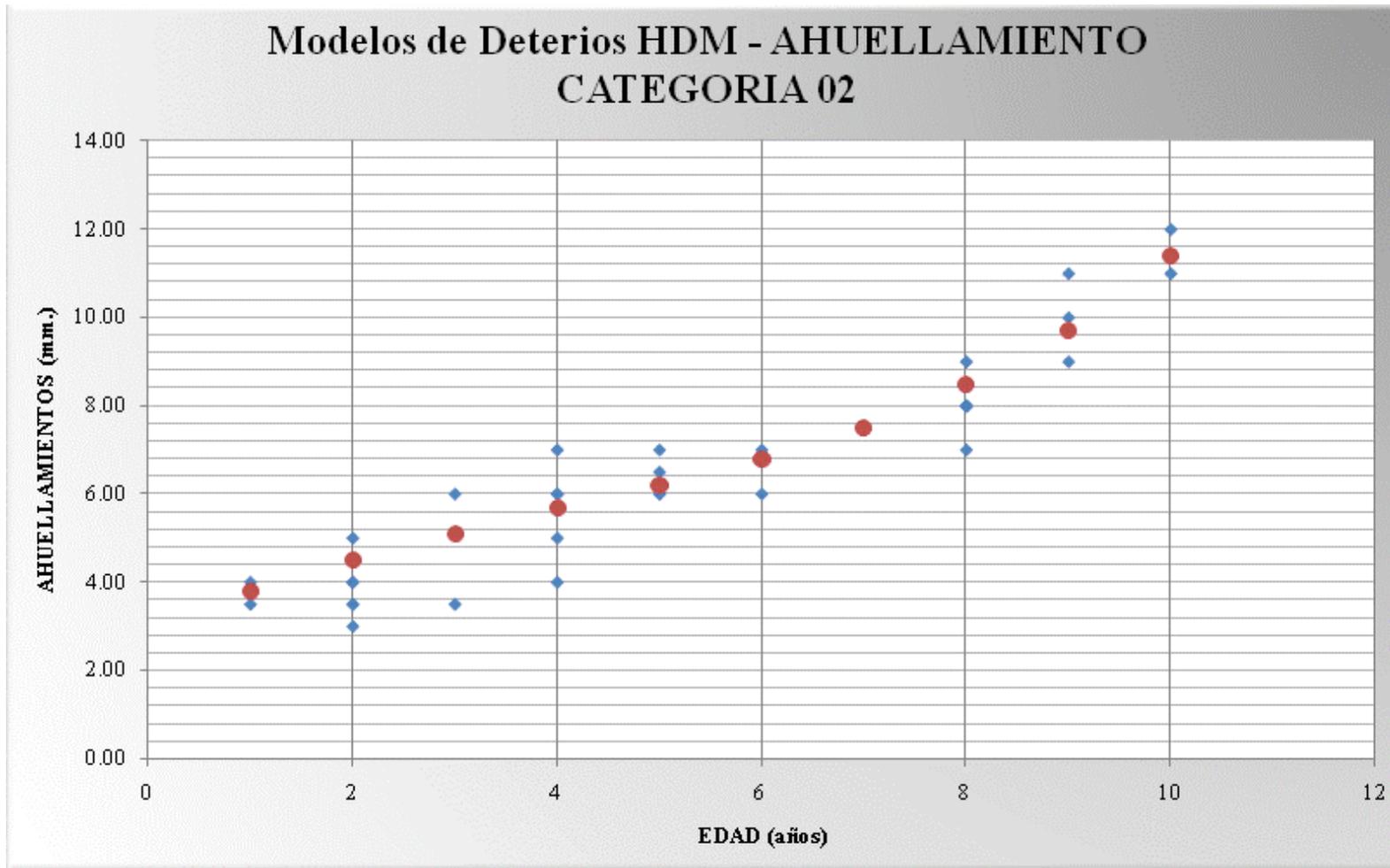


FIGURA 3.53  
CALIBRACIÓN DEL MODELO "AHUELLAMIENTO" PARA LA CATEGORÍA 02



Para los factores de ajuste de deterioros de BAJO IMPACTO tenemos:

#### **3.7.3.1.4. Calibración del Modelo “Progresión de Rugosidad”**

Se ha comprobado que tanto la estructura y los valores del coeficiente son suficientemente confiables por lo que no se considera necesario su ajuste a este nivel.

#### **3.7.3.1.5. Calibración del Modelo “Inicio de Peladura”**

Este factor afecta principalmente a pavimentos con Tratamientos superficiales, y su valor se deduce de las características:

Asfalto propenso a la oxidación o clima agresivo:	<b>Igual al “<math>K_{ig}</math>”</b>
Agregados silicios y moderada precipitación:	<b>0.1 a 0.8 (0.5)</b>
Asfaltos modificados con agentes antioxidantes:	<b>1.0 a 1.6 (1.3)</b>

#### **3.7.3.1.6. Calibración del Modelo “Progresión de Baches”**

Este factor es de incidencia baja, salvo en el bacheo. Es una variable de reducida predictibilidad y el porcentaje que alcanza usualmente es pequeño (de menos del 0.01% al 1%) en general. Tiene una fuerte influencia en la rugosidad por lo que se debe ser cuidadoso en la adopción de los valores y no exagerar sus efectos. En general puede variar entre **0.3 y 3.0**.

Tomando en consideración lo antes mencionado, se concluye que los factores de ajuste para los deterioros de BAJO IMPACTO son:

**TABLA 3.70**  
**FACTORES DE AJUSTE DE DETERIORS DE BAJO IMPACTO**

FACTORES DE AJUSTE		CATEGORIA 01	CATEGORIA 02
Progresión de Rugosidad	$K_{pr}$	<b>1.00</b>	<b>1.00</b>
Inicio de Peladura	$K_{iv}$	<b>1.10</b>	<b>1.10</b>
Progresión de Baches	$K_{pb}$	<b>0.75</b>	<b>0.75</b>

En resumen para nuestro proyecto tenemos los siguientes Factores de Ajuste:

**TABLA 3.71**  
**FACTORES DE AJUSTE**

Modelo	Factor	CATEGORIA 01	CATEGORIA 02
Medio Ambiente	$K_{eg}$	<b>1.40</b>	<b>1.40</b>
Inicio de Grietas	$K_{ig}$	<b>0.05</b>	<b>0.05</b>
Progresión de Grietas	$K_{pg}$	<b>0.37</b>	<b>0.60</b>
Progresión de Ahuellamiento	$K_{ah}$	<b>1.00</b>	<b>1.35</b>
Progresión de Rugosidad	$K_{pr}$	<b>1.00</b>	<b>1.00</b>
Inicio de Peladura	$K_{iv}$	<b>1.10</b>	<b>1.10</b>
Progresión de Baches	$K_{pb}$	<b>0.75</b>	<b>0.75</b>

### 3.8. TECNICAS DE CONSERVACION DE PAVIMENTOS

En un Sistema de Gestión de Pavimentos, es crítico que el tratamiento de mantenimiento adecuado sea aplicado en el momento preciso para que el pavimento funcione según se diseñó y que el programa de mantenimiento sea efectivo desde el punto de vista de su costo. Una limitación de todos los SAP, es su incapacidad para analizar de forma comprensiva los proyectos individuales y determinar el momento adecuado y el costo del tratamiento.

Generalmente están reconocidos dos tipos de mantenimiento de pavimentos (Fig. 3.54): Preventivo y correctivo (o reactivo). El mantenimiento preventivo se utiliza para detener deterioros menores, retardar las fallas progresivas y reducir la necesidad de mantenimiento correctivo. Se lleva a cabo antes de que el pavimento presente fatiga significativa, para proporcionar un sistema de pavimento con un comportamiento mas uniforme. El mantenimiento correctivo se ejecuta cuando ocurre una deficiencia en el pavimento; por ejemplo pérdida de fricción, ahuellamiento moderado o severo o agrietamiento generalizado.

Aunque cada tipo de mantenimiento es necesario en un extenso programa de preservación de pavimentos, el énfasis debe ponerse en prevenir que el pavimento alcance la condición en la que se requiere el mantenimiento correctivo, ya que el costo asociado a esta aproximación puede ser sustancial. Esta situación es frecuentemente representada como se muestra en la fig. 3.55, donde se comparan diferentes tratamientos en momentos diferentes. Lo que realmente se necesita es una determinación del costo/efectividad del mantenimiento preventivo comparado con la práctica estándar de reparar el pavimento cuando este se deteriora (Fig. 3.56).

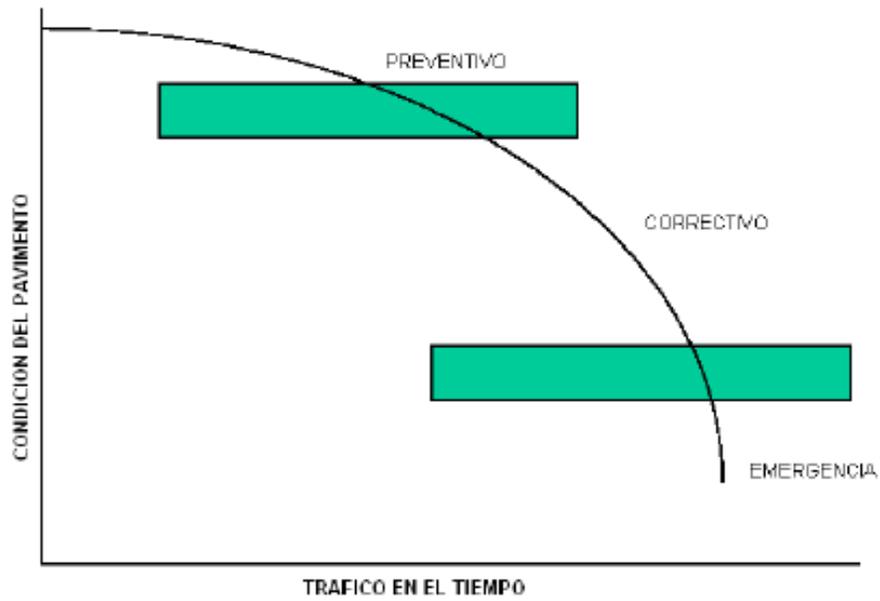


FIGURA 3.54  
CATEGORÍAS DE MANTENIMIENTO DE PAVIMENTOS.

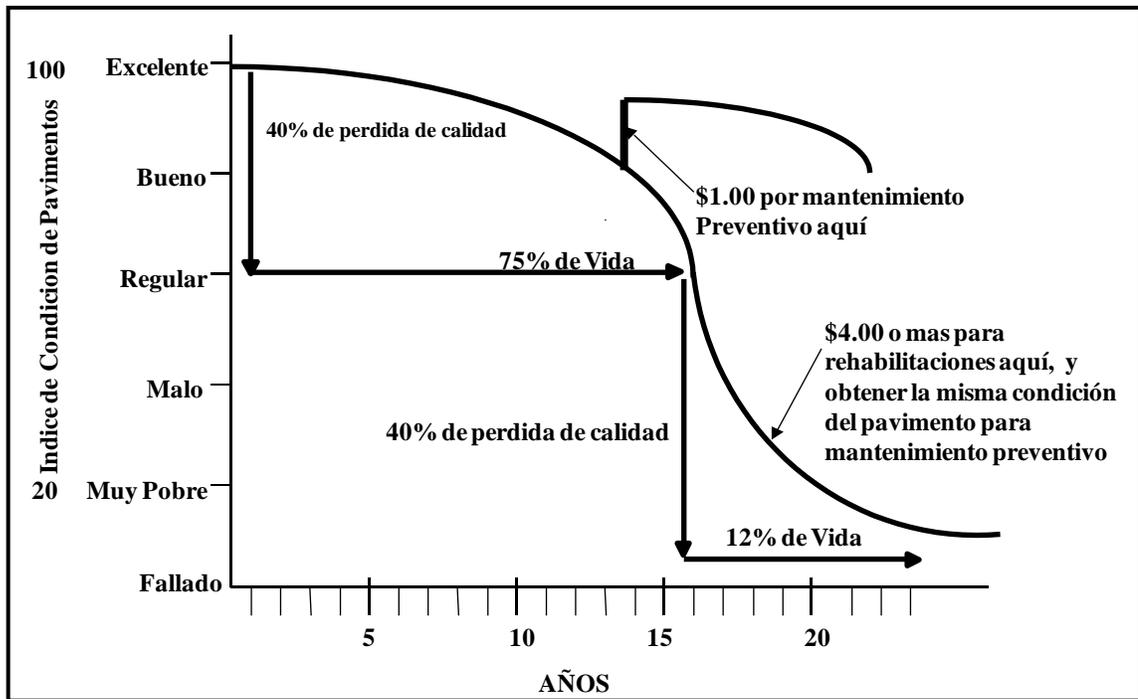


FIGURA 3.55  
VARIACIÓN TÍPICA DE LAS CONDICIONES DEL PAVIMENTO EN FUNCIÓN DEL TIEMPO

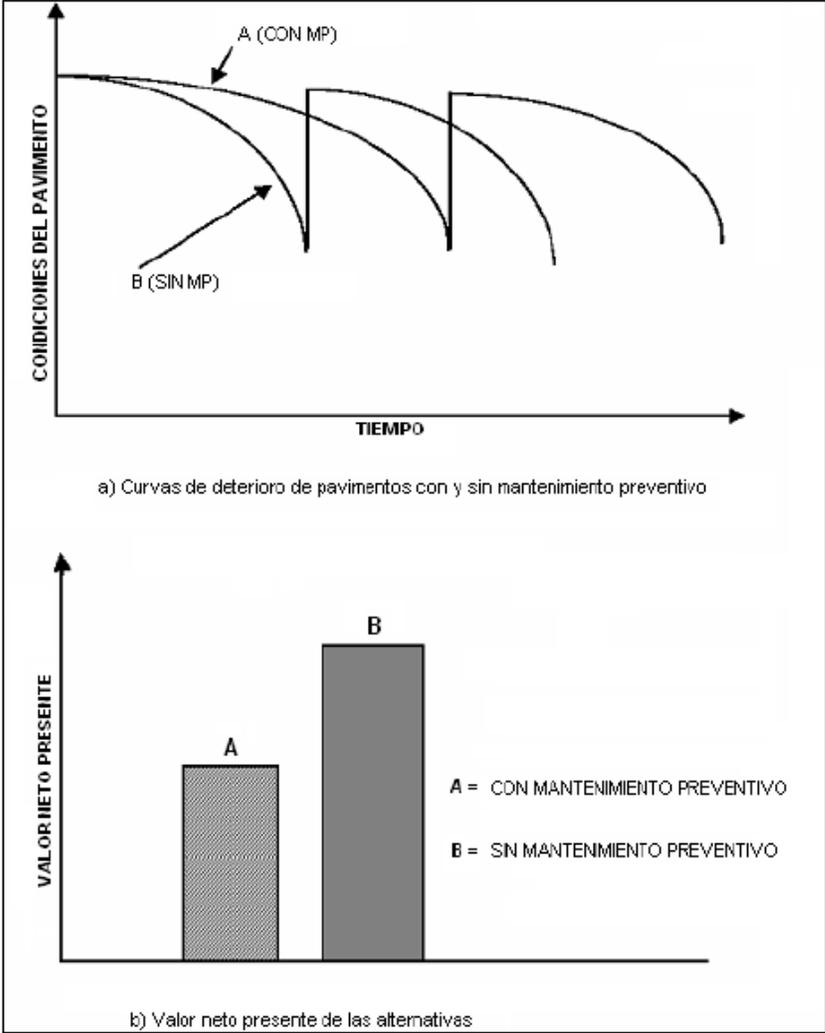


FIGURA 3.56

COSTO EFECTIVIDAD DE VARIAS ESTRATEGIAS DE MANTENIMIENTO EN UN PERIODO DE ANÁLISIS

**3.8.1. TRATAMIENTOS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO**

Existen diferentes tratamientos preventivos para el mantenimiento de los pavimentos flexibles. Una discusión comprensible de cada tratamiento se puede encontrar en el Manual básico de las emulsiones asfálticas, incluyendo las condiciones en las que cada tratamiento puede ser efectivo y los daños del pavimento a los que está dirigido. La periodicidad con la que se aplican determina si estos son preventivos o correctivos.

La tabla 3.72 muestra posibles tratamientos para determinados tipos de problemas. Si los problemas identificados en el estudio sobre la condición del pavimento están relacionados con deficiencias estructurales, el pavimento no es candidato para un tratamiento de mantenimiento preventivo y debería ser programado para rehabilitación o reconstrucción.

**TABLA 3.72**  
**POSIBLES TRATAMIENTOS PARA VARIOS TIPOS DE DETERIORO**

Deterioros en Pavimentos	Sellado Grietas	Fog Seal	Micro-Surfacing	Slurry Seal	Doble Tratamiento	Sobre-capas	Reciclado
Grietas por Fatiga		X	X	X	X		
Exudación			X		X		X
Grietas Longitudinales y Transversales	X	X		X	X		
Abultamientos y Hundimientos						X	X
Desintegración del Pavimento		X	X	X	X		
Ahuellamiento y Depresiones			X			X	X
Estabilidad Relativa						X	
Inestabilidad Relativa			X			X	X

DONDE: X = TRATAMIENTO APROPIADO

FUENTE: SELECCIÓN DE UN TRATAMIENTO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA PAVIMENTOS FLEXIBLES.

Los diferentes tipos de mantenimiento considerados en este reporte son:

a) **Sellado de Grietas:**

Este tratamiento es utilizado para prevenir que el agua y basura entren en las grietas del pavimento. El tratamiento puede incluir el rebajado para limpiar la grieta y crear un espacio para el sellante.

b) **Fog Seal (Riego de Niebla):**

Aplicación de un riego de emulsión asfáltica diluida (normalmente 1<sup>a</sup>1) para enriquecer la superficie del pavimento e impedirle desmoronamiento y la oxidación. Se considera como una aplicación temporal.

c) **Sellos con mezclas frías delgadas:**

Estos tratamientos incluyen slurry-seal y micro-surfacing que son utilizados en todo tipo de pavimentos para llenar grietas, mejorar la fricción y mejorar el confort al circular. Generalmente son de 15.00 mm de espesor.

d) **Sobre-capas delgadas:**

Estas incluyen mezclas densas, abiertas y de granulometría truncada (así como reciclado de la superficie) que son empleadas para mejorar el confort al circular, proveer drenaje y la fricción de la superficie y corregir irregularidades superficiales. Generalmente son de 30.00 mm de espesor.

La tabla 3.73 resume los costos unitarios proporcionados por ASFALCA S.A. DE C.V. y la vida esperada de los diferentes tratamientos. Estos valores pueden variar dependiendo de la ubicación, las cantidades aplicadas y las condiciones ambientales.

**TABLA 3.73**  
**COSTOS UNITARIOS Y EXPECTATIVAS DE VIDA DE UN TRATAMIENTO TÍPICO PARA MANTENIMIENTO**

TRATAMIENTO	COSTO	VIDA ESPERADA DEL TRATAMIENTO		
		Mínimo	Promedio	Máximo
Reparaciones (Parchado o Bacheo)	\$28.00/m <sup>2</sup>	2	3	5
Tratamiento de Grietas (Crack Treatment)	\$2.00/ml	2	3	5
Riego de Niebla (Fog Seal)	\$1.00/m <sup>2</sup>	2	3	4
Lechada Asfáltica (1.5 cm.) (Slurry Seal)	\$3.00/m <sup>2</sup>	3	5	7
Lechada Asfáltica Modificada (1.5 cm.) (Microsurfacing)	\$4.00/m <sup>2</sup>	3	7	9
Doble Tratamiento (2.5 cm.)	\$4.00/m <sup>2</sup>	3	5	7
Carpeta Asfáltica en Caliente (Overlay Dense Hot Mix)	\$170.0/Ton	2	7	12
<b>ENTONCES:</b>				
Sobre-capa en Caliente de 3.0 cm.	\$12.00/m <sup>2</sup>	2	7	12
Sobre-capa en Caliente de 5.0 cm.	\$20.00/m <sup>2</sup>	2	7	12

**NOTA:** LOS COSTOS PUEDEN VARIAR DE ACUERDO AL TAMAÑO Y UBICACIÓN DEL PROYECTO. LA VIDA ESPERADA TAMBIÉN VARÍA EN FUNCIÓN DEL TRÁFICO Y DE LAS CONDICIONES AMBIENTALES.

**FUENTE:** ASFALCA S.A. DE C.V.

### 3.8.2. ESTÁNDARES DE MANTENIMIENTO.

Se define “Estándar de Mantenimiento” a un determinado conjunto de actividades de mantenimiento y rehabilitación, sumado a un criterio de decisión para su aplicación. Establecer “Estándares de Mantenimiento” consiste en definir los límites a partir de los cuales se debe materializar alguna acción de conservación. Llevar a la práctica una política de conservación supone la capacidad de relacionar los objetos de ésta con un determinado número de características del estado del pavimento. Es fundamental establecer un sistema de prioridades para las decisiones de intervención. Todo esto tiende a minimizar las inversiones que hay que comprometer para mantener las características del pavimento por encima del nivel requerido. Por lo tanto, el ente encargado de la conservación de la red vial debe definir las condiciones en la cual operará el camino junto con chequear que estas condiciones se cumplan. Para ello se han establecido los siguientes indicadores como los “Estándares de Mantenimiento” de la Red Vial del municipio de Santa Tecla, estos valores son los utilizados en Chile para el mantenimiento de sus caminos urbanos:

**TABLA 3.74**  
**ESTÁNDARES DE MANTENIMIENTO**

<b>PARAMETRO</b>	<b>ESTANDAR DE MANTENIMIENTO</b>
Índice de Rugosidad Internacional (IRI) Máximo	<b>4.50 m/Km.</b>
Ahuellamiento Máximo	<b>15.00 mm.</b>
Agrietamiento Generales	<b>15.0% por Km.</b>
Baches	<b>0.15% por Km.</b>
Exudación	<b>No se aceptara</b>
Peladura de Agregados	<b>20.0% por Km.</b>

### **3.9. EVALUACION ECONOMICA**

Cada vez se hace mayor hincapié en los estudios de costos de caminos, debido a las reducidas sumas que se disponen tanto para construcción, mantención y rehabilitación. También ha sido creciente el consenso entre los administradores de caminos, economistas e ingenieros, el principio general de minimizar el costo total de transporte, como base para determinar las políticas de construcción y de mantenimiento de caminos. En un análisis económico se deben evaluar y considerar todos los costos asociados a cada alternativa propuesta. Los análisis económicos en caminos pueden realizarse en dos momentos bien definidos. Tanto para determinar factibilidades, como para elegir entre distintas alternativas de un proyecto, se deben tener en cuenta todos los costos, o flujos de dinero, involucrados a lo largo de toda su vida útil. Los análisis de evaluación económica estudian el movimiento de estos flujos de dinero, y ayudan a seleccionar el plan de inversiones más conveniente, ya sea a nivel de red o de proyecto de un camino.

#### **3.9.1. COSTOS DE OPERACIÓN VEHICULAR**

La función de un modelo de costos de operación de los vehículos es simular los efectos de las características físicas y la condición del camino sobre la velocidad de operación de los diversos tipos de vehículos, sobre sus consumos de combustible, lubricantes, requerimientos de mantención y además determinar el total de costos de operación. La cantidad de recursos consumidos, tal como los galones de combustible, número de neumáticos, horas de trabajo en mantención, etc., son determinados junto con la velocidad de los vehículos como función de la característica de cada tipo de vehículo y la geometría, tipo de superficie y condición actual de camino.

Los costos se encuentran multiplicando las cantidades de recursos consumidos por sus costos unitarios, los que son especificados por el usuario y agregando los costos correspondientes por depreciación, interés, gastos generales y además los correspondientes a los valores del tiempo de demora de pasajeros y de retención de cargas. Se presenta a continuación, los costos de operación vehicular, para los distintos tipos de vehículos que circulan por la Red Vial, esta información fue recolectada por medio de encuestas y especificaciones técnicas de concesionarios de vehículos:

**TABLA 3.75**  
**COSTOS DE OPERACIÓN VEHICULAR**

Nombre	Auto	Pick-up	Microbus Pequeño	Microbus Mediano	Autobús	Camión C2
<b>COSTOS DE OPERACIÓN VEHICULAR</b>						
<b>Vehículo Nuevo (\$)</b>	<b>12,000.00</b>	<b>22,000.00</b>	<b>18,000.00</b>	<b>35,000.00</b>	<b>55,000.00</b>	<b>25,000.00</b>
<b>Neumático de Repuesto (\$)</b>	<b>40.00</b>	<b>60.00</b>	<b>60.00</b>	<b>80.00</b>	<b>160.00</b>	<b>160.00</b>
<b>Combustible (\$/lt.)</b>	<b>1.12</b>	<b>1.12</b>	<b>1.19</b>	<b>1.19</b>	<b>1.19</b>	<b>1.19</b>
<b>Aceite Lubricante (\$/lt.)</b>	<b>2.35</b>	<b>2.35</b>	<b>2.35</b>	<b>2.35</b>	<b>2.35</b>	<b>2.35</b>
<b>Mantenimiento (\$/hr.)</b>	<b>3.00</b>	<b>3.00</b>	<b>3.00</b>	<b>3.50</b>	<b>3.50</b>	<b>3.50</b>
<b>Tripulación (\$/hr.)</b>	<b>0</b>	<b>3.40</b>	<b>2.00</b>	<b>4.80</b>	<b>2.40</b>	<b>2.84</b>
<b>Gastos Generales (\$/año)</b>	<b>45.00</b>	<b>60.00</b>	<b>60.00</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>
<b>Interés Anual (%)</b>	<b>9.00</b>	<b>9.00</b>	<b>9.00</b>	<b>9.00</b>	<b>9.00</b>	<b>9.00</b>
<b>Pasajero: Tiempo de Trabajo (\$/hr.)</b>	<b>3.70</b>	<b>0</b>	<b>1.71</b>	<b>1.71</b>	<b>1.71</b>	<b>0</b>
<b>Pasajero: Tiempo de Ocio (\$/hr.)</b>	<b>0.50</b>	<b>0</b>	<b>0.50</b>	<b>0.50</b>	<b>0.50</b>	<b>0</b>
<b>Retraso de carga (\$/hr.)</b>	<b>0</b>	<b>3.00</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>3.00</b>

### **3.9.2. PARAMETRO DE LA EVALUACION ECONOMICA**

#### **3.9.2.1. PERIODO DE DISEÑO**

La evaluación requiere que el análisis se realice para los mismos periodos de tiempo. Para nuestro análisis utilizaremos un periodo de diseño de **5AÑOS**, con motivo de que no se cuenta con suficiente información para poder hacer un análisis más extenso.

#### **3.9.2.2. TASA DE CRECIMIENTO**

Es la tasa usada para calcular los gastos futuros en términos de dinero actual. Esta sirve para comparar distintas alternativas de uso de dinero. El valor de la tasa de crecimiento a aplicar para nuestro proyecto será de **4.0%** basado en el informe de crecimiento económico proporcionado por el Ministerio de Economía de El Salvador para el año 2,007.

#### **3.9.2.3. RESTRICCIONES PRESUPUESTARIAS**

Como toda organización ejecutora de proyectos, la alcaldía municipal de Santa Tecla, deben enfrentar, además de las dificultades técnicas y de planificación que imponen sus actividades, la siempre presente escasez de recursos. En tal sentido, el análisis de las técnicas de conservación a ejecutar se hará tomando en cuenta dichas restricciones, por lo cual se utilizará una base presupuestaria de **\$150,000.00**, la cual es la tercera parte de los fondos destinados en 2,007 para las actividades de mantenimiento de la Red Vial, ya que el área analizada es el 30% del área total que fue intervenida en dicho año.

# CAPITULO IV

---

SISTEMA DE GESTION DE PAVIMENTOS

“SGP-ST”

## **4.1. SISTEMAS DE GESTION DE PAVIMENTOS**

La selección de alternativas de conservación en la gestión de pavimentos es el paso que corona el estudio y los análisis realizados. Los programas de conservación corresponden a la planificación ordenada, resumida y justificada de todas las actividades necesarias para gestionar en forma adecuada la infraestructura en todo el periodo de análisis.

### **4.1.1. GENERACION DEL SISTEMA DE GESTION DE PAVIMENTOS.**

Para la elaboración del Sistema de Gestión de Pavimentos se deben de seguir las siguientes etapas:

#### **4.1.1.1. DEFINICION DE OBJETIVOS**

Esta etapa es una de las importantes, ya que su buena ejecución significa considerables reducciones de tiempo y dinero. Para ello, se deben definir los “Estándares de Mantenimiento” (Tabla 3.74), para los caminos, además de los Alcances que se pretenden conseguir con el Sistema (Apartado 1.4.1).

#### **4.1.1.2. RECOLECCION DE DATOS**

La base de todo Sistema de Gestión de Pavimentos son los datos con los cuales se modelará el comportamiento de la infraestructura bajo las condiciones de sollicitación proyectadas. Dentro de los Datos que se deben de recolectar tenemos:

- Cantidad y Severidad de Deterioros (Tablas 3.22 a 3.39)
- Capacidad Estructural (Tablas 3.55 a 3.59)
- Sollicitaciones de Tránsito (Tablas 3.15 a 3.18)
- Sollicitaciones de Medio Ambiente (Tabla 3.20)

### **4.1.1.3. ANALISIS DE DATOS**

El análisis consiste en determinar la condición actual y comportamiento futuro de la infraestructura. Este análisis es representado por diversos indicadores que representan a las distintas secciones del pavimento, entre estos indicadores tenemos:

- Índice de Condición de Pavimento (PCI) (Tablas 3.40 a 3.54)
- Numero Estructural (SN) (Tablas 3.60 a 3.64)

### **4.1.1.4. CATEGORIZACIÓN DEL PROYECTO**

Dado que a lo largo de la generación de los Sistemas de Gestión de Pavimentos, se encuentran un sin número de estructuras diferentes, ya sea por características del terreno, diseño estructural, etc., se debe lograr que la Red se divida en sectores homogéneos, que pueden ser modelados bajo las mismas condiciones (Tabla 3.65), cuyo fin es utilizar modelos de deterioros en forma mas ordenada y eficiente.

### **4.1.1.5. EVALUACION DE ESTRATEGIAS**

La preparación de un Sistema de Gestión de Pavimentos para varios años de una red urbana de caminos en la cual las opciones de conservación candidatas están identificadas y seleccionadas (Tabla 3.73), están sujetas a condiciones presupuestales. Por tanto, las redes se analizaron tramo a tramo, y las estimaciones se produjeron a partir de los trabajos y los requisitos de inversión para cada tramo, por año de duración del programa.

Las alternativas que se generarán en el presente trabajo se realizaron usando exclusivamente el análisis a nivel de RED, pues se pretende abordar con detalle las características reales de la red de caminos incluyendo sus restricciones presupuestales.

## 4.2.SISTEMA DE GESTION DE PAVIMENTOS DE SANTA TECLA “SGP-ST”

El Sistema de Gestión de Pavimentos “SAP-ST”, es presentado con la siguiente subdivisión, que básicamente representa una forma de diferenciar la modelación de los elementos del pavimento en si.

### 4.2.1. PROGRAMACIÓN DE ACTIVIDADES RUTINARIAS.

La programación de obras rutinarias para los tramos en estudio del municipio de Santa Tecla se presenta en la tabla 4.01:

TABLA 4.01  
ACTIVIDADES ANUALES A REALIZAR PARA EL MANTENIMIENTO RUTINARIO

ACTIVIDAD	COSTO
LIMPIEZA DE CORDON CUNETA y TAPA DERA DE POZOS	\$800. <sup>00</sup> /Km
FOG SEAL	\$1. <sup>00</sup> /m <sup>2</sup>

Estas actividades destinadas (la actividad de FOG SEAL queda como sugerida, por lo cual se podrá o NO ejecutar) al sector de análisis de la red de caminos del municipio de Santa Tecla tendrán un costo de:

**\$38,000.<sup>00</sup>/año**

## 4.2.2. PROGRAMACIÓN DE ACTIVIDADES PERIODICAS Y

### REHABILITACIONES

La programación de actividades por tramo que requieren mantenimiento periódico o rehabilitación, se han elaborado en dos etapas:

- a) Cálculo del espesor de refuerzo
- b) Modelación de las Actividades de Conservación utilizando HDM-III

#### 4.2.2.1. CALCULO DEL ESPESOR DE REFUERZO

Para cada tramo de la Red Vial, el espesor de refuerzo con Mezcla Asfáltica con Estabilidad Marshall = **817.0 Kg. (1,797 lb.)** (Fuente: Departamento de Red Vial, Alcaldía Municipal de Santa Tecla), se calculó de acuerdo al aporte estructural que proporciona la Mezcla y las solicitaciones de Tránsito a las que se ve sometido cada tramo. El espesor de refuerzo se calculará por medio del Método AASHTO 1,993:

$$D_o = \frac{(SN - SN_{ef})}{a_1} \quad \text{(ECUACIÓN 4.01)}$$

Donde:

**D<sub>o</sub>:** Espesor de la capa de Refuerzo.

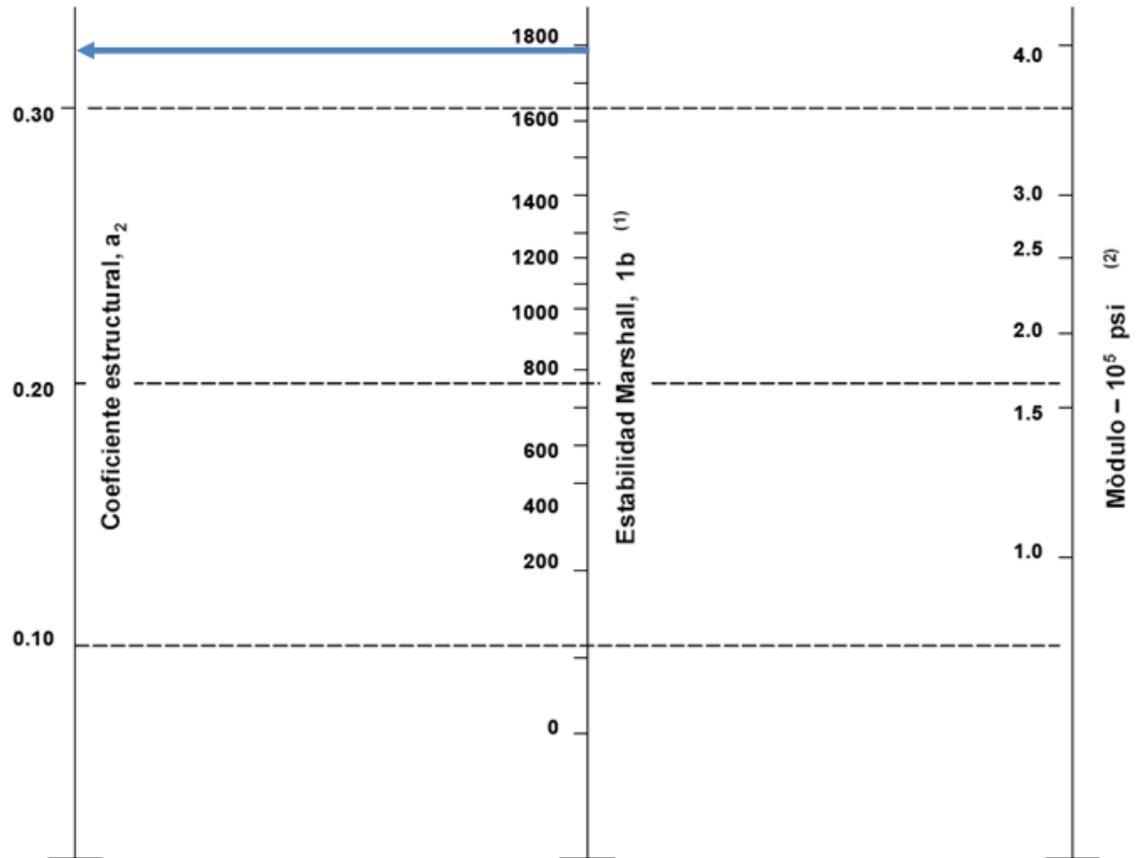
**SN<sub>ef</sub>:** Número Estructural actual, el cual fue calculado por medio de las deflexiones de Viga Benkelman.

**a<sub>1</sub>:** Coeficiente Estructural de la Mezcla Asfáltica que conformara el refuerzo;

**a<sub>1</sub> = 0.32.** (Figura 4.01)

**SN:** Número Estructural Esperado, el cual es capaz de soportar las solicitaciones de tránsito (ESAL's) y medio ambiente.

FIGURA 4.01  
VARIACIÓN EN EL COEFICIENTE ESTRUCTURAL DE LA CAPA DE CONCRETO ASFÁLTICA



Para este último se utilizará el método AASHTO 1,993 para el cálculo del Número Estructural de Pavimentos Flexibles (AASHTO, 1,993), en el cual se harán las siguientes consideraciones:

$$\text{Log}_{10} W_{18} = Z_r S_o + 9.36 \text{Log}_{10} (\text{SN} + 1) - 0.20 + \frac{\text{Log}_{10} \left[ \frac{\Delta \text{PSI}}{4.2 - 1.5} \right]}{\frac{0.40 + 1094}{(\text{SN} + 1)^{5.19}}} + 2.32 \text{Log}_{10} M_r - 8.07$$

ECUACIÓN 4.02

FORMULA DE DISEÑO DE ESPESORES DEL METODO AASHTO 1,993

**CONSIDERACIONES:**

- **Confiabilidad:**  $R = 50\%$  (Se desconocen los procesos constructivos utilizados)
- **Desviación Estándar:**  $S_o = 0.45$  (Para Pavimentos Flexibles)
- **Serviciabilidad Inicial:**  $P_o = 4.20$  (Para Pavimentos Flexibles)
- **Serviciabilidad Final:**  $P_t = 2.50$  (Para caminos Principales)
- **CBR de la Sub-rasante:**  $CBR = 12\%$  (Valor mínimo recomendado por AASHTO)

A continuación se presentan los resultados del cálculo del refuerzo, para los tramos que conforman la Red Vial Analizada:

TABLA 4.02  
CALCULO DEL ESPESOR DE REFUERZO

Tramo	ESAL's por Carril	SN	SN <sub>ef</sub>	a <sub>1</sub>	D <sub>o</sub> (Plg.)	Espesor de Constr.		Observaciones
						Plg.	cm.	
3ª Calle	1,365,170	2.42	2.48	0.32	0.00	-x-		
1ª Calle	262,324	1.83	1.77	0.32	0.18	1.00"	2.50	Entre 10ª y 7ª Av. Nte.
Calle D. Hdez. Calle C. López	729,734	2.02	1.70	0.32	0.94	1.00"	2.50	Entre 12ª y 4ª Av. Nte. Entre 5ª y 7ª Av. Nte
6ª Calle	727,257	2.02	1.70	0.32	0.94	1.00"	2.50	Entre 10ª y 7ª Av. Sur
12ª Avenida	455,543	2.01	2.09	0.32	0.00	-x-		
10ª Avenida	915,739	2.26	2.50	0.32	0.00	-x-		
8ª Avenida	213,850	1.77	2.23	0.32	0.00	-x-		
6ª Avenida	364,978	1.94	2.05	0.32	0.00	-x-		
4ª Avenida	294,042	1.89	1.47	0.32	1.18	1.20"	3.00	Entre 6ª y 3ª Calle Pte.
2ª Avenida	262,740	1.87	1.58	0.32	1.14	1.20"	3.00	Entre 6ª y 3ª Calle Pte.
Av. M. Gall. Av. S. Martin	233,747	1.80	2.27	0.32	0.00	-x-		
1ª Avenida	229,853	1.79	1.81	0.32	0.00	-x-		
3ª Avenida	576,061	2.09	2.34	0.32	0.00	-x-		
5ª Avenida	619,160	2.12	2.16	0.32	0.00	-x-		
7ª Avenida	980,613	2.29	1.69	0.32	1.83	2.00"	5.00	Entre 2º y 6ª Calle Ote.
			2.37	0.32	0.00	-x-		

#### 4.2.2.2. MODELAJE DE LAS ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO

En esta etapa se ha realizado el modelaje y el análisis económico de las diferentes alternativas de conservación utilizando HDM-III, dicho software, desarrollado por el Banco Mundial, es de distribución libre y puede ser encontrado en la página WEB: <http://www.worldbank.org>

Al finalizar el modelaje se ha llegado a los siguientes montos de inversión por año:

TABLA 4.03  
COSTOS TOTALES POR AÑO

<b>COSTOS TOTALES POR AÑO</b>					
<b>AÑO</b>	<b>2,009</b>	<b>2,010</b>	<b>2,011</b>	<b>2,012</b>	<b>2,013</b>
<b>COSTO</b>	<b>\$104,758.61</b>	<b>\$118,651.13</b>	<b>\$129,554.52</b>	<b>\$96,589.62</b>	<b>\$120,844.65</b>

A continuación se muestra los resultados obtenidos por medio de HDM-III, además del Sistema de Gestión de Pavimentos diseñado para un periodo de 5 años para cada tramo de la Red analizada:

TABLA 4.04  
RESULTADOS DE HDM-III PARA LA 3ª CALLE

### 3ª CALLE

Fecha de la Corrida: 15/09/08

#### Administrador HDM - Deterioro

AÑO		IRI (mts/Km)	Grietas Totales (%)	Grietas Anchas (%)	Peladura (%)	Baches (%)	Ahuellamiento (mm)
2,009	Sin Proyecto	2.3	13.2	5.1	2.5	0.1	13.3
	Con Proyecto	<b>2.2</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>13.3</b>
2,010	Sin Proyecto	2.5	18.5	9.6	2.5	0.1	14.9
	Con Proyecto	<b>2.4</b>	<b>0.6</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>13.8</b>
2,011	Sin Proyecto	2.8	24.7	15.2	2.5	0.1	17.1
	Con Proyecto	<b>2.6</b>	<b>1.2</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>14.4</b>
2,012	Sin Proyecto	3.2	31.9	21.8	2.5	0.1	20.0
	Con Proyecto	<b>2.8</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>2.2</b>
2,013	Sin Proyecto	3.6	40.1	29.4	2.5	0.2	23.8
	Con Proyecto	<b>2.9</b>	<b>1.9</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>3.1</b>

#### Administrador HDM - Flujo de Costos

Moneda: Millones de Dolares

Año	Financiero Agencia Capital	Economico Agencia Recurrente	Economico Operación Vehicular	Economico Tiempo de Viaje	Economico Cst-Bnf Exogenos	Economico Sociedad Total	Beneficio Economico Netos
2009	0.015	0.001	0.815	1.006	0.000	1.837	0.000
2010	0.000	0.000	0.849	1.050	0.000	1.899	0.000
2011	0.000	0.000	0.884	1.097	0.000	1.981	0.000
2012	0.030	0.000	0.921	1.146	0.000	2.097	0.000
2013	0.000	0.000	0.959	1.198	0.000	2.158	0.000

#### Administrador HDM - Analisis Economico Valores Presentes y Tasa Interna de Retorno

Valores Presentes al 4.0% de Descuento (Millones de Dolares)

COSTOS	Con Proyecto	Sin Proyecto
Sociedad	18.64	19.22
Agencia	0.04	0.00
Capital	0.04	0.00
Recurrente	0.00	0.00
Usuarios	18.60	19.22
Operación Vehicular	8.29	8.64
Tiempo de Viaje	10.31	10.58
Cst-Bnf Exogenos	0.00	0.00
Valor Presente Neto	0.00	-0.58
Tasa Int. Ret. (%)	NA	73.70



TABLA 4.06  
RESULTADOS DE HDM-III PARA LA 1ª CALLE

## 1ª CALLE

Fecha de la Corrida: 15/09/08

### Administrador HDM - Deterioro

AÑO		IRI (mts/Km)	Grietas Totales (%)	Grietas Anchas (%)	Peladura (%)	Baches (%)	Ahuellamiento (mm)
2,009	Sin Proyecto	2.2	15.6	3.3	0.7	0.1	10.4
	Con Proyecto	<b>2.1</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>10.4</b>
2,010	Sin Proyecto	2.4	19.1	5.7	0.7	0.2	10.8
	Con Proyecto	<b>2.2</b>	<b>0.3</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>10.6</b>
2,011	Sin Proyecto	2.7	23.0	8.6	0.7	0.2	11.3
	Con Proyecto	<b>2.5</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>
2,012	Sin Proyecto	2.9	27.3	11.9	0.7	0.2	11.9
	Con Proyecto	<b>2.7</b>	<b>0.3</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>2.0</b>
2,013	Sin Proyecto	3.0	32.0	15.6	0.7	0.3	12.5
	Con Proyecto	<b>2.9</b>	<b>1.1</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>2.3</b>

### Administrador HDM - Flujo de Costos

Moneda: Millones de Dolares

Año	Financiero Agencia Capital	Economico Agencia Recurrente	Economico Operación Vehicular	Economico Tiempo de Viaje	Economico Cst-Bnf Exogenos	Economico Sociedad Total	Beneficio Economico Netos
2009	0.015	0.001	0.317	0.222	0.000	0.554	0.000
2010	0.000	0.000	0.329	0.231	0.000	0.560	0.000
2011	0.030	0.000	0.343	0.240	0.000	0.613	0.000
2012	0.000	0.000	0.358	2.510	0.000	0.610	0.000
2013	0.000	0.000	0.373	0.262	0.000	0.635	0.000

### Administrador HDM - Analisis Economico

#### Valores Presentes y Tasa Interna de Retorno

Valores Presentes al 4.0% de Descuento (Millones de Dolares)

COSTOS	Con Proyecto	Sin Proyecto
Sociedad	5.47	5.49
Agencia	0.04	0.00
Capital	0.04	0.00
Recurrente	0.00	0.00
Usuarios	5.44	5.47
Operación Vehicular	3.20	3.22
Tiempo de Viaje	2.24	2.25
Cst-Bnf Exogenos	0.00	0.00
Valor Presente Neto	0.00	-0.02
Tasa Int. Ret. (%)	NA	2.50



TABLA 4.08  
RESULTADOS DE HDM-III PARA LA CALLE DANIEL HERNÁNDEZ Y CALLE CIRIACO LOPEZ

## CALLE D. HDEZ. y CALLE C. LOPEZ

Fecha de la Corrida: 15/09/08

### Administrador HDM - Deterioro

AÑO		IRI (mts/Km)	Grietas Totales (%)	Grietas Anchas (%)	Peladura (%)	Baches (%)	Ahuellamiento (mm)
2,009	Sin Proyecto	2.3	22.1	4.0	3.6	0.1	6.4
	Con Proyecto	<b>2.2</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>6.4</b>
2,010	Sin Proyecto	2.6	26.4	6.6	3.6	0.2	6.8
	Con Proyecto	<b>2.4</b>	<b>0.3</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>6.5</b>
2,011	Sin Proyecto	3.0	31.0	9.6	3.6	0.2	7.3
	Con Proyecto	<b>2.7</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>
2,012	Sin Proyecto	3.4	35.9	13.1	3.6	0.2	7.8
	Con Proyecto	<b>2.9</b>	<b>0.5</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>2.2</b>
2,013	Sin Proyecto	3.8	41.3	16.9	3.6	0.3	8.5
	Con Proyecto	<b>3.0</b>	<b>1.3</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>2.6</b>

### Administrador HDM - Flujo de Costos

Moneda: Millones de Dolares

Año	Financiero Agencia Capital	Economico Agencia Recurrente	Economico Operación Vehicular	Economico Tiempo de Viaje	Economico Cst-Bnf Exogenos	Economico Sociedad Total	Beneficio Economico Netos
2009	0.015	0.001	0.464	0.318	0.000	0.798	0.000
2010	0.000	0.000	0.483	0.331	0.000	0.815	0.000
2011	0.030	0.000	0.504	0.346	0.000	0.880	0.000
2012	0.000	0.000	0.525	0.361	0.000	0.886	0.000
2013	0.000	0.000	0.546	0.377	0.000	0.924	0.000

### Administrador HDM - Analisis Economico

#### Valores Presentes y Tasa Interna de Retorno

Valores Presentes al 4.0% de Descuento (Millones de Dolares)

COSTOS	Con Proyecto	Sin Proyecto
Sociedad	7.98	8.21
Agencia	0.04	0.00
Capital	0.04	0.00
Recurrente	0.00	0.00
Usuarios	7.93	8.21
Operación Vehicular	4.70	4.88
Tiempo de Viaje	3.23	3.33
Cst-Bnf Exogenos	0.00	0.00
Valor Presente Neto	0.00	-0.24
Tasa Int. Ret. (%)	NA	44.80



TABLA 4.10  
RESULTADOS DE HDM-III PARA LA 6ª CALLE

## 6ª CALLE

Fecha de la Corrida: 15/09/08

### Administrador HDM - Deterioro

AÑO		IRI (mts/Km)	Grietas Totales (%)	Grietas Anchas (%)	Peladura (%)	Baches (%)	Ahuellamiento (mm)
2,009	Sin Proyecto	2.3	14.0	1.5	1.4	0.1	6.3
	Con Proyecto	<b>2.2</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>6.3</b>
2,010	Sin Proyecto	2.6	17.4	3.4	1.4	0.1	6.4
	Con Proyecto	<b>2.4</b>	<b>0.3</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>6.6</b>
2,011	Sin Proyecto	2.9	21.1	5.8	1.4	0.2	7.0
	Con Proyecto	<b>2.7</b>	<b>0.7</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>6.5</b>
2,012	Sin Proyecto	3.3	25.2	8.8	1.4	0.3	7.5
	Con Proyecto	<b>2.7</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>
2,013	Sin Proyecto	3.7	29.7	12.1	1.4	0.5	8.0
	Con Proyecto	<b>2.9</b>	<b>0.5</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>2.2</b>

### Administrador HDM - Flujo de Costos

Moneda: Millones de Dolares

Año	Financiero Agencia Capital	Economico Agencia Recurrente	Economico Operación Vehicular	Economico Tiempo de Viaje	Economico Cst-Bnf Exogenos	Economico Sociedad Total	Beneficio Economico Netos
2009	0.015	0.001	0.747	0.684	0.000	1.446	0.000
2010	0.000	0.000	0.778	0.714	0.000	1.492	0.000
2011	0.000	0.000	0.811	0.746	0.000	1.557	0.000
2012	0.030	0.000	0.845	0.780	0.000	1.656	0.000
2013	0.000	0.000	0.880	0.814	0.000	1.694	0.000

### Administrador HDM - Analisis Economico

#### Valores Presentes y Tasa Interna de Retorno

Valores Presentes al 4.0% de Descuento (Millones de Dolares)

COSTOS	Con Proyecto	Sin Proyecto
Sociedad	14.59	15.25
Agencia	0.04	0.00
Capital	0.04	0.00
Recurrente	0.00	0.00
Usuarios	14.55	15.25
Operación Vehicular	7.56	7.99
Tiempo de Viaje	6.98	7.26
Cst-Bnf Exogenos	0.00	0.00
Valor Presente Neto	0.00	-0.66
Tasa Int. Ret. (%)	NA	74.00

TABLA 4.11  
MANTENIMIENTO PERIÓDICO Y REHABILITACIONES PARA LA 6ª CALLE

AÑO	BACHEO		SELLO DE GRIETAS		SLURRY SEAL		MICROSURFACING		TRATAMIENTO DOBLE		SOBRE-CAPA EN CALIENTE	
	Cantidad (m2)	Costo	Cantidad (ml.)	Costo	Cantidad (m2)	Costo	Cantidad (m2)	Costo	Cantidad (m2)	Costo	Cantidad (m2)	Costo
<b>6ª CALLE</b>												
<b>de 12ª AVENIDA SUR a 10ª AVENIDA SUR</b>												
2,009	0.49	\$13.85										
2,010												
2,011												
2,012												
2,013			45.01	\$90.02			930.00	\$3,720.00				
<b>6ª CALLE</b>												
<b>de 10ª AVENIDA SUR a 7ª AVENIDA SUR</b>												
2,009			233.82	\$467.63								
2,010			233.82	\$467.63								
2,011			233.82	\$467.63								
2,012			233.82	\$467.63								
2,013	193.30	\$5,412.40					8,408.75	\$33,635.00	8,408.75	\$33,635.00		

TABLA 4.12  
RESULTADOS DE HDM-III PARA LA 12ª AVENIDA

## 12ª AVENIDA

Fecha de la Corrida: 15/09/08

### Administrador HDM - Deterioro

AÑO		IRI (mts/Km)	Grietas Totales (%)	Grietas Anchas (%)	Peladura (%)	Baches (%)	Ahuellamiento (mm)
2,009	Sin Proyecto	2.1	2.7	0.1	0.2	0.0	8.3
	Con Proyecto	<b>2.1</b>	<b>2.7</b>	<b>0.1</b>	<b>0.2</b>	<b>0.0</b>	<b>8.3</b>
2,010	Sin Proyecto	2.2	5.2	0.1	0.2	0.1	8.7
	Con Proyecto	<b>2.2</b>	<b>5.2</b>	<b>0.1</b>	<b>0.2</b>	<b>0.1</b>	<b>8.7</b>
2,011	Sin Proyecto	2.4	8.7	2.5	0.2	0.1	9.3
	Con Proyecto	<b>2.4</b>	<b>8.7</b>	<b>2.5</b>	<b>0.2</b>	<b>0.1</b>	<b>9.3</b>
2,012	Sin Proyecto	2.5	13.0	6.1	0.2	0.1	10.0
	Con Proyecto	<b>2.5</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>1.5</b>
2,013	Sin Proyecto	2.7	18.2	10.9	0.2	0.1	11.0
	Con Proyecto	<b>2.6</b>	<b>1.7</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>2.1</b>

### Administrador HDM - Flujo de Costos

Moneda: Millones de Dolares

Año	Financiero Agencia Capital	Economico Agencia Recurrente	Economico Operación Vehicular	Economico Tiempo de Viaje	Economico Cst-Bnf Exogenos	Economico Sociedad Total	Beneficio Economico Netos
2009	0.000	0.000	0.288	0.290	0.000	0.579	0.000
2010	0.000	0.000	0.300	0.302	0.000	0.602	0.000
2011	0.000	0.000	0.312	0.314	0.000	0.627	0.000
2012	0.023	0.000	0.325	0.327	0.000	0.676	0.000
2013	0.000	0.000	0.339	0.341	0.000	0.680	0.000

### Administrador HDM - Analisis Economico

#### Valores Presentes y Tasa Interna de Retorno

Valores Presentes al 4.0% de Descuento (Millones de Dolares)

COSTOS	Con Proyecto	Sin Proyecto
Sociedad	5.84	5.86
Agencia	0.04	0.00
Capital	0.04	0.00
Recurrente	0.00	0.00
Usuarios	5.82	5.83
Operación Vehicular	2.90	2.91
Tiempo de Viaje	2.92	2.93
Cst-Bnf Exogenos	0.00	0.00
Valor Presente Neto	0.00	-0.02
Tasa Int. Ret. (%)	NA	32.00



TABLA 4.14  
RESULTADOS DE HDM-III PARA LA 10ª AVENIDA

## 10ª AVENIDA

Fecha de la Corrida: 15/09/08

### Administrador HDM - Deterioro

AÑO		IRI (mts/Km)	Grietas Totales (%)	Grietas Anchas (%)	Peladura (%)	Baches (%)	Ahuellamiento (mm)
2,009	Sin Proyecto	2.2	18.5	6.2	1.5	0.0	9.8
	Con Proyecto	<b>2.1</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>9.8</b>
2,010	Sin Proyecto	2.4	24.8	11.0	1.5	0.0	10.8
	Con Proyecto	<b>2.2</b>	<b>0.5</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>10.1</b>
2,011	Sin Proyecto	2.6	32.0	16.9	1.5	0.0	12.1
	Con Proyecto	<b>2.4</b>	<b>1.1</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>10.4</b>
2,012	Sin Proyecto	2.8	40.2	23.9	1.5	0.0	13.8
	Con Proyecto	<b>2.5</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>1.6</b>
2,013	Sin Proyecto	3.1	49.4	31.7	1.5	0.0	15.9
	Con Proyecto	<b>2.6</b>	<b>1.5</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>2.2</b>

### Administrador HDM - Flujo de Costos

Moneda: Millones de Dolares

Año	Financiero Agencia Capital	Economico Agencia Recurrente	Economico Operación Vehicular	Economico Tiempo de Viaje	Economico Cst-Bnf Exogenos	Economico Sociedad Total	Beneficio Economico Netos
2009	0.015	0.000	0.289	0.290	0.000	0.594	0.000
2010	0.000	0.000	0.300	0.302	0.000	0.602	0.000
2011	0.000	0.000	0.312	0.314	0.000	0.627	0.000
2012	0.030	0.000	0.325	0.327	0.000	0.683	0.000
2013	0.000	0.000	0.338	0.341	0.000	0.680	0.000

### Administrador HDM - Analisis Economico

#### Valores Presentes y Tasa Interna de Retorno

Valores Presentes al 4.0% de Descuento (Millones de Dolares)

COSTOS	Con Proyecto	Sin Proyecto
Sociedad	5.87	5.91
Agencia	0.04	0.00
Capital	0.04	0.00
Recurrente	0.00	0.00
Usuarios	5.82	5.90
Operación Vehicular	2.90	2.95
Tiempo de Viaje	2.92	2.95
Cst-Bnf Exogenos	0.00	0.00
Valor Presente Neto	0.00	-0.04
Tasa Int. Ret. (%)	NA	16.70



TABLA 4.16  
RESULTADOS DE HDM-III PARA LA 8ª AVENIDA

## 8ª AVENIDA

Fecha de la Corrida: 15/09/08

### Administrador HDM - Deterioro

AÑO		IRI (mts/Km)	Grietas Totales (%)	Grietas Anchas (%)	Peladura (%)	Baches (%)	Ahuellamiento (mm)
2,009	Sin Proyecto	2.1	9.5	1.5	1.5	0.0	4.1
	Con Proyecto	<b>2.1</b>	<b>9.5</b>	<b>1.5</b>	<b>1.5</b>	<b>0.0</b>	<b>4.1</b>
2,010	Sin Proyecto	2.2	12.3	3.4	1.5	0.0	4.3
	Con Proyecto	<b>2.2</b>	<b>12.3</b>	<b>3.4</b>	<b>1.5</b>	<b>0.0</b>	<b>4.3</b>
2,011	Sin Proyecto	2.4	15.5	5.8	1.5	0.0	4.4
	Con Proyecto	<b>2.3</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>4.4</b>
2,012	Sin Proyecto	2.5	19.0	8.8	1.5	0.0	4.6
	Con Proyecto	<b>2.4</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.7</b>
2,013	Sin Proyecto	2.6	22.9	12.1	1.5	0.0	4.8
	Con Proyecto	<b>2.5</b>	<b>0.7</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.9</b>

### Administrador HDM - Flujo de Costos

Moneda: Millones de Dolares

Año	Financiero Agencia Capital	Economico Agencia Recurrente	Economico Operación Vehicular	Economico Tiempo de Viaje	Economico Cst-Bnf Exogenos	Economico Sociedad Total	Beneficio Economico Netos
2009	0.000	0.000	0.434	0.248	0.000	0.682	0.000
2010	0.000	0.000	0.452	0.259	0.000	0.711	0.000
2011	0.015	0.000	0.470	0.270	0.000	0.755	0.000
2012	0.023	0.000	0.489	0.281	0.000	0.793	0.000
2013	0.000	0.000	0.509	0.293	0.000	0.803	0.000

### Administrador HDM - Analisis Economico

#### Valores Presentes y Tasa Interna de Retorno

Valores Presentes al 4.0% de Descuento (Millones de Dolares)

COSTOS	Con Proyecto	Sin Proyecto
Sociedad	6.89	6.91
Agencia	0.03	0.00
Capital	0.03	0.00
Recurrente	0.00	0.00
Usuarios	6.87	6.89
Operación Vehicular	4.35	4.37
Tiempo de Viaje	2.51	2.52
Cst-Bnf Exogenos	0.00	0.00
Valor Presente Neto	0.00	-0.01
Tasa Int. Ret. (%)	NA	6.20



TABLA 4.18  
RESULTADOS DE HDM-III PARA LA 6ª AVENIDA

## 6ª AVENIDA

Fecha de la Corrida: 15/09/08

### Administrador HDM - Deterioro

AÑO		IRI (mts/Km)	Grietas Totales (%)	Grietas Anchas (%)	Peladura (%)	Baches (%)	Ahuellamiento (mm)
2,009	Sin Proyecto	2.2	0.8	0.0	0.0	0.0	2.9
	Con Proyecto	<b>2.2</b>	<b>0.8</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>2.9</b>
2,010	Sin Proyecto	2.4	1.8	0.0	0.0	0.0	3.2
	Con Proyecto	<b>2.4</b>	<b>1.8</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>3.2</b>
2,011	Sin Proyecto	2.5	3.1	0.0	0.0	0.0	3.4
	Con Proyecto	<b>2.5</b>	<b>3.1</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>3.4</b>
2,012	Sin Proyecto	2.6	4.7	0.0	0.0	0.0	3.6
	Con Proyecto	<b>2.6</b>	<b>4.7</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>3.6</b>
2,013	Sin Proyecto	2.8	6.8	0.0	0.0	0.0	3.8
	Con Proyecto	<b>2.2</b>	<b>0.8</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.7</b>

### Administrador HDM - Flujo de Costos

Moneda: Millones de Dolares

Año	Financiero Agencia Capital	Economico Agencia Recurrente	Economico Operación Vehicular	Economico Tiempo de Viaje	Economico Cst-Bnf Exogenos	Economico Sociedad Total	Beneficio Economico Netos
2009	0.000	0.000	0.535	0.362	0.000	0.898	0.000
2010	0.000	0.000	0.558	0.378	0.000	0.936	0.000
2011	0.000	0.000	0.581	0.394	0.000	0.975	0.000
2012	0.000	0.000	0.604	0.411	0.000	1.016	0.000
2013	0.000	0.000	0.629	0.429	0.000	1.059	0.000

### Administrador HDM - Analisis Economico

#### Valores Presentes y Tasa Interna de Retorno

Valores Presentes al 4.0% de Descuento (Millones de Dolares)

COSTOS	Con Proyecto	Sin Proyecto
Sociedad	9.10	9.09
Agencia	0.02	0.00
Capital	0.02	0.00
Recurrente	0.00	0.00
Usuarios	9.07	9.09
Operación Vehicular	5.40	5.40
Tiempo de Viaje	3.68	3.68
Cst-Bnf Exogenos	0.00	0.00
Valor Presente Neto	0.00	0.01
Tasa Int. Ret. (%)	NA	-23.90

TABLA 4.19

MANTENIMIENTO PERIÓDICO Y REHABILITACIONES PARA LA 5ª AVENIDA

AÑO	BACHEO		SELLO DE GRIETAS		SLURRY SEAL		MICROSURFACING		TRATAMIENTO DOBLE		SOBRE-CAPA EN CALIENTE	
	Cantidad (m2)	Costo	Cantidad (ml.)	Costo	Cantidad (m2)	Costo	Cantidad (m2)	Costo	Cantidad (m2)	Costo	Cantidad (m2)	Costo
<b>6ª AVENIDA</b>												
<b>de 6ª CALLE PONIENTE a 3ª CALLE PONIENTE</b>												
2,009												
2,010												
2,011												
2,012												
2,013					4,688.75	\$14,066.25						

TABLA 4.20  
RESULTADOS DE HDM-III PARA LA 4ª AVENIDA

## 4ª AVENIDA

Fecha de la Corrida: 15/09/08

### Administrador HDM - Deterioro

AÑO		IRI (mts/Km)	Grietas Totales (%)	Grietas Anchas (%)	Peladura (%)	Baches (%)	Ahuellamiento (mm)
2,009	Sin Proyecto	2.7	18.7	3.6	1.3	0.1	6.3
	Con Proyecto	<b>2.2</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>
2,010	Sin Proyecto	2.9	22.6	6.1	1.3	0.2	6.6
	Con Proyecto	<b>2.5</b>	<b>0.3</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>2.0</b>
2,011	Sin Proyecto	3.0	26.8	9.1	1.3	0.2	6.9
	Con Proyecto	<b>2.7</b>	<b>1.1</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>2.3</b>
2,012	Sin Proyecto	3.1	31.5	12.5	1.3	0.3	7.3
	Con Proyecto	<b>3.0</b>	<b>2.3</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>2.5</b>
2,013	Sin Proyecto	3.3	36.5	16.3	1.3	0.3	7.7
	Con Proyecto	<b>3.2</b>	<b>4.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>2.7</b>

### Administrador HDM - Flujo de Costos

Moneda: Millones de Dolares

Año	Financiero Agencia Capital	Economico Agencia Recurrente	Economico Operación Vehicular	Economico Tiempo de Viaje	Economico Cst-Bnf Exogenos	Economico Sociedad Total	Beneficio Economico Netos
2009	0.090	0.000	0.401	0.110	0.000	0.601	0.000
2010	0.000	0.000	0.420	0.115	0.000	0.535	0.000
2011	0.000	0.000	0.437	0.120	0.000	0.557	0.000
2012	0.000	0.000	0.456	0.125	0.000	0.581	0.000
2013	0.000	0.000	0.476	0.130	0.000	0.607	0.000

### Administrador HDM - Analisis Economico

#### Valores Presentes y Tasa Interna de Retorno

Valores Presentes al 4.0% de Descuento (Millones de Dolares)

COSTOS	Con Proyecto	Sin Proyecto
Sociedad	5.29	5.27
Agencia	0.09	0.00
Capital	0.09	0.00
Recurrente	0.00	0.00
Usuarios	5.20	5.27
Operación Vehicular	4.08	4.14
Tiempo de Viaje	1.12	1.13
Cst-Bnf Exogenos	0.00	0.00
Valor Presente Neto	0.00	-0.02
Tasa Int. Ret. (%)	NA	0.70



TABLA 4.22  
RESULTADOS DE HDM-III PARA LA 2ª AVENIDA

## 2ª AVENIDA

Fecha de la Corrida: 15/09/08

### Administrador HDM - Deterioro

AÑO		IRI (mts/Km)	Grietas Totales (%)	Grietas Anchas (%)	Peladura (%)	Baches (%)	Ahuellamiento (mm)
2,009	Sin Proyecto	2.2	20.9	4.1	16.7	0.2	3.3
	Con Proyecto	<b>2.3</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>3.3</b>
2,010	Sin Proyecto	2.7	25.0	6.7	16.7	0.3	3.4
	Con Proyecto	<b>2.6</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>
2,011	Sin Proyecto	2.9	29.5	9.7	16.7	0.4	3.6
	Con Proyecto	<b>2.8</b>	<b>0.3</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>2.0</b>
2,012	Sin Proyecto	3.1	34.4	13.2	16.7	0.5	3.8
	Con Proyecto	<b>3.0</b>	<b>1.1</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>2.3</b>
2,013	Sin Proyecto	3.5	39.6	17.1	16.7	0.7	4.0
	Con Proyecto	<b>3.1</b>	<b>2.3</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>2.5</b>

### Administrador HDM - Flujo de Costos

Moneda: Millones de Dolares

Año	Financiero Agencia Capital	Economico Agencia Recurrente	Economico Operación Vehicular	Economico Tiempo de Viaje	Economico Cst-Bnf Exogenos	Economico Sociedad Total	Beneficio Economico Netos
2009	0.015	0.001	0.518	0.213	0.000	0.747	0.000
2010	0.090	0.000	0.539	0.222	0.000	0.852	0.000
2011	0.000	0.000	0.563	0.232	0.000	0.796	0.000
2012	0.000	0.000	0.587	0.242	0.000	0.829	0.000
2013	0.000	0.000	0.611	0.253	0.000	0.865	0.000

### Administrador HDM - Analisis Economico

#### Valores Presentes y Tasa Interna de Retorno

Valores Presentes al 4.0% de Descuento (Millones de Dolares)

COSTOS	Con Proyecto	Sin Proyecto
Sociedad	7.52	7.59
Agencia	0.10	0.00
Capital	0.10	0.00
Recurrente	0.00	0.00
Usuarios	7.41	7.58
Operación Vehicular	5.24	5.38
Tiempo de Viaje	2.17	2.21
Cst-Bnf Exogenos	0.00	0.00
Valor Presente Neto	0.00	-0.07
Tasa Int. Ret. (%)	NA	12.20



TABLA 4.24

RESULTADOS DE HDM-III PARA LA AVENIDA MANUEL GALLARDO Y AVENIDA SAN MARTIN

**AVENIDA MANUEL GALLARDO Y AVENIDA SAN MARTIN**Fecha de la Corrida: **15/09/08****Administrador HDM - Deterioro**

AÑO		IRI (mts/Km)	Grietas Totales (%)	Grietas Anchas (%)	Peladura (%)	Baches (%)	Ahuellamiento (mm)
2,009	Sin Proyecto	2.1	3.9	0.1	6.3	0.0	4.3
	Con Proyecto	<b>2.1</b>	<b>3.9</b>	<b>0.1</b>	<b>6.3</b>	<b>0.0</b>	<b>4.3</b>
2,010	Sin Proyecto	2.2	7.0	0.1	6.3	0.0	4.6
	Con Proyecto	<b>2.2</b>	<b>7.0</b>	<b>0.1</b>	<b>6.3</b>	<b>0.0</b>	<b>4.6</b>
2,011	Sin Proyecto	2.4	10.9	2.5	6.3	0.0	4.9
	Con Proyecto	<b>2.3</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>4.9</b>
2,012	Sin Proyecto	2.5	15.7	6.1	6.3	0.0	5.3
	Con Proyecto	<b>2.4</b>	<b>0.4</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>5.2</b>
2,013	Sin Proyecto	2.6	21.4	10.9	6.3	0.0	5.7
	Con Proyecto	<b>2.5</b>	<b>1.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>5.4</b>

**Administrador HDM - Flujo de Costos**Moneda: **Millones de Dolares**

Año	Financiero Agencia Capital	Economico Agencia Recurrente	Economico Operación Vehicular	Economico Tiempo de Viaje	Economico Cst-Bnf Exogenos	Economico Sociedad Total	Beneficio Economico Netos
2009	0.000	0.000	0.444	0.131	0.000	0.576	0.000
2010	0.000	0.000	0.462	0.137	0.000	0.599	0.000
2011	0.015	0.000	0.481	0.143	0.000	0.639	0.000
2012	0.000	0.000	0.501	0.149	0.000	0.650	0.000
2013	0.000	0.000	0.521	0.155	0.000	0.677	0.000

**Administrador HDM - Analisis Economico****Valores Presentes y Tasa Interna de Retorno**

Valores Presentes al 4.0% de Descuento (Millones de Dolares)

COSTOS	Con Proyecto	Sin Proyecto
Sociedad	5.81	5.82
Agencia	0.03	0.00
Capital	0.03	0.00
Recurrente	0.00	0.00
Usuarios	5.79	5.81
Operación Vehicular	4.46	4.48
Tiempo de Viaje	1.33	1.33
Cst-Bnf Exogenos	0.00	0.00
Valor Presente Neto	0.00	-0.01
Tasa Int. Ret. (%)	NA	7.10

**TABLA 4.25**

**MANTENIMIENTO PERIÓDICO Y REHABILITACIONES PARA LA AVENIDA MANUEL GALLARDO Y AVENIDA SAN MARTIN**

AÑO	BACHEO		SELLO DE GRIETAS		SLURRY SEAL		MICROSURFACING		TRATAMIENTO DOBLE		SOBRE-CAPA EN CALIENTE	
	Cantidad (m2)	Costo	Cantidad (ml.)	Costo	Cantidad (m2)	Costo	Cantidad (m2)	Costo	Cantidad (m2)	Costo	Cantidad (m2)	Costo
<b>AVENIDA MANUEL GALLARDO Y AVENIDA SAN MARTIN</b>												
<b>de 6ª CALLE a 3ª CALLE</b>												
<b>2,009</b>	<b>0.20</b>	<b>\$5.47</b>										
<b>2,010</b>												
<b>2,011</b>												
<b>2,012</b>			<b>226.91</b>	<b>\$453.83</b>								
<b>2,013</b>	<b>31.65</b>	<b>\$886.20</b>	<b>2.00</b>	<b>\$4.00</b>	<b>4,688.75</b>	<b>\$14,066.25</b>						

TABLA 4.26  
RESULTADOS DE HDM-III PARA LA 1ª AVENIDA

## 1ª AVENIDA

Fecha de la Corrida: 15/09/08

### Administrador HDM - Deterioro

AÑO		IRI (mts/Km)	Grietas Totales (%)	Grietas Anchas (%)	Peladura (%)	Baches (%)	Ahuellamiento (mm)
2,009	Sin Proyecto	2.3	7.6	5.7	0.2	0.0	3.8
	Con Proyecto	<b>2.3</b>	<b>7.6</b>	<b>5.7</b>	<b>0.2</b>	<b>0.0</b>	<b>3.8</b>
2,010	Sin Proyecto	2.5	11.6	10.3	0.2	0.0	4.1
	Con Proyecto	<b>2.5</b>	<b>11.6</b>	<b>10.3</b>	<b>0.2</b>	<b>0.0</b>	<b>4.1</b>
2,011	Sin Proyecto	2.6	16.6	16.6	0.2	0.0	4.4
	Con Proyecto	<b>2.4</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.8</b>
2,012	Sin Proyecto	2.8	22.5	22.5	0.2	0.0	4.8
	Con Proyecto	<b>2.7</b>	<b>1.9</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>1.2</b>
2,013	Sin Proyecto	3.1	29.4	29.4	0.2	0.1	5.2
	Con Proyecto	<b>3.0</b>	<b>5.8</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>1.4</b>

### Administrador HDM - Flujo de Costos

Moneda: Millones de Dolares

Año	Financiero Agencia Capital	Economico Agencia Recurrente	Economico Operación Vehicular	Economico Tiempo de Viaje	Economico Cst-Bnf Exogenos	Economico Sociedad Total	Beneficio Economico Netos
2009	0.000	0.000	0.444	0.131	0.000	0.576	0.000
2010	0.023	0.000	0.463	0.137	0.000	0.600	0.000
2011	0.000	0.000	0.482	0.143	0.000	0.626	0.000
2012	0.000	0.000	0.502	0.149	0.000	0.652	0.000
2013	0.000	0.000	0.523	0.156	0.000	0.680	0.000

### Administrador HDM - Analisis Economico

#### Valores Presentes y Tasa Interna de Retorno

Valores Presentes al 4.0% de Descuento (Millones de Dolares)

COSTOS	Con Proyecto	Sin Proyecto
Sociedad	5.85	5.88
Agencia	0.02	0.00
Capital	0.02	0.00
Recurrente	0.00	0.00
Usuarios	5.83	5.88
Operación Vehicular	4.49	4.54
Tiempo de Viaje	1.33	1.34
Cst-Bnf Exogenos	0.00	0.00
Valor Presente Neto	0.00	-0.03
Tasa Int. Ret. (%)	NA	46.00



TABLA 4.28  
RESULTADOS DE HDM-III PARA LA 3ª AVENIDA

### 3ª AVENIDA

Fecha de la Corrida: 15/09/08

#### Administrador HDM - Deterioro

AÑO		IRI (mts/Km)	Grietas Totales (%)	Grietas Anchas (%)	Peladura (%)	Baches (%)	Ahuellamiento (mm)
2,009	Sin Proyecto	2.3	6.6	0.0	0.5	0.0	3.5
	Con Proyecto	<b>2.3</b>	<b>6.6</b>	<b>0.0</b>	<b>0.5</b>	<b>0.0</b>	<b>3.5</b>
2,010	Sin Proyecto	2.5	10.4	2.4	0.5	0.1	3.8
	Con Proyecto	<b>2.5</b>	<b>10.4</b>	<b>2.4</b>	<b>0.5</b>	<b>0.1</b>	<b>3.8</b>
2,011	Sin Proyecto	2.6	15.2	6.0	0.5	0.1	4.2
	Con Proyecto	<b>2.6</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.8</b>
2,012	Sin Proyecto	2.9	20.8	10.7	0.5	0.1	4.6
	Con Proyecto	<b>2.7</b>	<b>1.9</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>1.1</b>
2,013	Sin Proyecto	3.1	27.5	16.6	0.5	0.1	5.1
	Con Proyecto	<b>2.9</b>	<b>5.8</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>1.3</b>

#### Administrador HDM - Flujo de Costos

Moneda: Millones de Dolares

Año	Financiero Agencia Capital	Economico Agencia Recurrente	Economico Operación Vehicular	Economico Tiempo de Viaje	Economico Cst-Bnf Exogenos	Economico Sociedad Total	Beneficio Economico Netos
2009	0.000	0.000	0.781	0.464	0.000	1.246	0.000
2010	0.000	0.000	0.814	0.485	0.000	1.299	0.000
2011	0.030	0.000	0.848	0.506	0.000	1.355	0.000
2012	0.000	0.000	0.884	0.529	0.000	1.414	0.000
2013	0.000	0.000	0.921	0.554	0.000	1.501	0.000

#### Administrador HDM - Analisis Economico

##### Valores Presentes y Tasa Interna de Retorno

Valores Presentes al 4.0% de Descuento (Millones de Dolares)

COSTOS	Con Proyecto	Sin Proyecto
Sociedad	12.73	12.80
Agencia	0.03	0.00
Capital	0.03	0.00
Recurrente	0.00	0.00
Usuarios	12.70	12.80
Operación Vehicular	7.94	8.02
Tiempo de Viaje	4.75	4.78
Cst-Bnf Exogenos	0.00	0.00
Valor Presente Neto	0.00	-0.08
Tasa Int. Ret. (%)	NA	50.30



TABLA 4.30  
RESULTADOS DE HDM-III PARA LA 5ª AVENIDA

## 5ª AVENIDA

Fecha de la Corrida: 15/09/08

### Administrador HDM - Deterioro

AÑO		IRI (mts/Km)	Grietas Totales (%)	Grietas Anchas (%)	Peladura (%)	Baches (%)	Ahuellamiento (mm)
2,009	Sin Proyecto	2.3	5.0	0.1	0.1	0.1	3.7
	Con Proyecto	<b>2.3</b>	<b>5.0</b>	<b>0.1</b>	<b>0.1</b>	<b>0.1</b>	<b>3.7</b>
2,010	Sin Proyecto	2.5	8.3	0.1	0.1	0.1	4.0
	Con Proyecto	<b>2.5</b>	<b>8.3</b>	<b>0.1</b>	<b>0.1</b>	<b>0.1</b>	<b>4.0</b>
2,011	Sin Proyecto	2.7	12.5	2.5	0.1	0.1	4.4
	Con Proyecto	<b>2.7</b>	<b>12.5</b>	<b>2.5</b>	<b>0.1</b>	<b>0.1</b>	<b>4.4</b>
2,012	Sin Proyecto	2.9	17.7	6.1	0.1	0.2	4.8
	Con Proyecto	<b>2.8</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>4.8</b>
2,013	Sin Proyecto	3.2	23.8	10.9	0.1	0.2	5.3
	Con Proyecto	<b>2.9</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.8</b>

### Administrador HDM - Flujo de Costos

Moneda: Millones de Dolares

Año	Financiero Agencia Capital	Economico Agencia Recurrente	Economico Operación Vehicular	Economico Tiempo de Viaje	Economico Cst-Bnf Exogenos	Economico Sociedad Total	Beneficio Economico Netos
2009	0.000	0.000	0.907	0.612	0.000	1.519	0.000
2010	0.000	0.000	0.945	0.640	0.000	1.586	0.000
2011	0.000	0.000	0.985	0.669	0.000	1.655	0.000
2012	0.015	0.001	1.027	0.700	0.000	1.743	0.000
2013	0.030	0.000	1.069	0.731	0.000	1.831	0.000

### Administrador HDM - Analisis Economico

#### Valores Presentes y Tasa Interna de Retorno

Valores Presentes al 4.0% de Descuento (Millones de Dolares)

COSTOS	Con Proyecto	Sin Proyecto
Sociedad	15.54	15.71
Agencia	0.04	0.00
Capital	0.04	0.00
Recurrente	0.00	0.00
Usuarios	15.49	15.70
Operación Vehicular	9.21	9.36
Tiempo de Viaje	6.29	6.34
Cst-Bnf Exogenos	0.00	0.00
Valor Presente Neto	0.00	-0.17
Tasa Int. Ret. (%)	NA	64.70

**TABLA 4.31**

**MANTENIMIENTO PERIÓDICO Y REHABILITACIONES PARA LA 5ª AVENIDA**

AÑO	BACHEO		SELLO DE GRIETAS		SLURRY SEAL		MICROSURFACING		TRATAMIENTO DOBLE		SOBRE-CAPA EN CALIENTE	
	Cantidad (m2)	Costo	Cantidad (ml.)	Costo	Cantidad (m2)	Costo	Cantidad (m2)	Costo	Cantidad (m2)	Costo	Cantidad (m2)	Costo
<b>5ª AVENIDA</b>												
<b>de 6ª CALLE ORIENTE a 3ª CALLE ORIENTE</b>												
<b>2,009</b>			<b>283.00</b>	<b>\$566.01</b>								
<b>2,010</b>												
<b>2,011</b>			<b>263.51</b>	<b>\$527.02</b>								
<b>2,012</b>												
<b>2,013</b>	<b>73.74</b>	<b>\$2,064.72</b>					<b>473.74</b>	<b>\$13,264.81</b>				

TABLA 4.32  
RESULTADOS DE HDM-III PARA LA 7ª AVENIDA

## 7ª AVENIDA

Fecha de la Corrida: 15/09/08

### Administrador HDM - Deterioro

AÑO		IRI (mts/Km)	Grietas Totales (%)	Grietas Anchas (%)	Peladura (%)	Baches (%)	Ahuellamiento (mm)
2,009	Sin Proyecto	2.3	20.5	5.7	4.1	0.0	13.3
	Con Proyecto	<b>2.2</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>13.3</b>
2,010	Sin Proyecto	2.6	27.1	10.4	4.1	0.1	14.9
	Con Proyecto	<b>2.4</b>	<b>0.5</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>14.1</b>
2,011	Sin Proyecto	2.9	34.7	16.1	4.1	0.1	16.8
	Con Proyecto	<b>2.6</b>	<b>1.2</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>14.8</b>
2,012	Sin Proyecto	3.3	43.2	22.9	4.1	0.1	19.1
	Con Proyecto	<b>2.8</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>2.3</b>
2,013	Sin Proyecto	3.7	52.2	30.6	4.1	0.2	22.1
	Con Proyecto	<b>3.0</b>	<b>1.8</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>3.2</b>

### Administrador HDM - Flujo de Costos

Moneda: Millones de Dolares

Año	Financiero Agencia Capital	Economico Agencia Recurrente	Economico Operación Vehicular	Economico Tiempo de Viaje	Economico Cst-Bnf Exogenos	Economico Sociedad Total	Beneficio Economico Netos
2009	0.015	0.000	0.907	0.612	0.000	1.535	0.000
2010	0.000	0.000	0.945	0.640	0.000	1.585	0.000
2011	0.000	0.000	0.984	0.669	0.000	1.653	0.000
2012	0.300	0.000	1.026	0.699	0.000	1.756	0.000
2013	0.000	0.000	1.069	0.732	0.000	1.802	0.000

### Administrador HDM - Analisis Economico

#### Valores Presentes y Tasa Interna de Retorno

Valores Presentes al 4.0% de Descuento (Millones de Dolares)

COSTOS	Con Proyecto	Sin Proyecto
Sociedad	15.58	16.16
Agencia	0.04	0.00
Capital	0.04	0.00
Recurrente	0.00	0.00
Usuarios	15.53	16.16
Operación Vehicular	9.23	9.66
Tiempo de Viaje	6.29	6.50
Cst-Bnf Exogenos	0.00	0.00
Valor Presente Neto	0.00	-0.59
Tasa Int. Ret. (%)	NA	73.20



# CAPITULO V



## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

## 5.1. CONCLUSIONES

- El Sistema de Gestión de Pavimentos “SGP-ST” es una herramienta que permite:
  - ✓ Optimizar recursos disponibles, ejecutando en primer lugar las obras cuya postergación demandaría una inversión sustancialmente mayor.
  - ✓ Proveer información confiable del estado de la infraestructura.
  - ✓ Proveer herramientas para evaluar diferentes escenarios de presupuesto.
- Basados en los resultados obtenidos por medio del Índice de Condición de Pavimentos (PCI), de las calles y avenidas que componen el centro histórico de la ciudad de Santa Tecla, en su mayoría se encuentran en un estado aceptable (entre excelente y bueno), salvo algunos sectores de la red vial que presentan una condición entre regular y mala, las cuales deberán ser sometidas a mantenimientos correctivos o a rehabilitaciones; las demás solo requieren un mantenimiento preventivo y rutinario.
- De acuerdo a la evaluación estructural elaborada por medio de la Viga Benkelman, se obtuvieron “**Números Estructurales Efectivos ( $SN_{ef}$ )**” que sobrepasan al “**Número Estructural Requerido (SN)**”, lo cual aumenta el costo de la reparación.
- Los resultados obtenidos de la auscultación estructural por medio de Viga Benkelman, son confiables, basándose en el hecho de que al evaluar un pavimento nuevo, se produjo el resultado teórico esperado.

- Haciendo una comparación entre los resultados del Índice de Condición de Pavimento (PCI) y los obtenidos de la Auscultación Estructural, se puede concluir que, una condición estructural del pavimento “buena”, NO indica que el pavimento sea poseedor de un PCI bueno, y viceversa.
- La calibración de los modelos de deterioro de “**HDM-III**”, ha sido realizado exclusivamente para vías urbanas, de la cual se obtuvieron los “**factores de ajuste**” para ambas categorías, dicha categorización se realizó en base a la característica del camino: “**SI POSEE o NO POSEE REFUERZO**”, siendo ésta la única consideración tomada para la calibración.
- Basado en el Sistema de Gestión de Pavimentos obtenido, “**SGP-ST**”, se concluye que al utilizar mantenimientos preventivos como “**Slurry Seal**” o “**Microsurfacing**”, se espera que los pavimentos no requerirán mantenimientos correctivos durante un periodo de tiempo significativo, lo cual refleja un ahorro en reparaciones futuras.
- De los resultados obtenidos utilizando HDM-III, se puede observar que la “VAN” y la “TIR” para la condición “Con Proyecto”, es decir llevando acabo el Sistema de Gestión de Pavimentos “SGP-ST”, en comparación con estos indicadores en la condición “Sin Proyecto”, reportan al final del periodo de diseño un beneficio neto, que se puede interpretar como un ahorro a los usuarios del camino.

## 5.2. RECOMENDACIONES

- Se sugiere capacitar al personal encargado de la ejecución de los trabajos de mantenimiento dentro de la Red Vial del Municipio, en materia de procesos constructivos de los diferentes métodos de conservación de pavimentos, tanto en mantenimientos correctivos y preventivos como en rehabilitaciones o reconstrucciones.
- En la Alcaldía del Municipio de Santa Tecla, debería crearse una entidad que llevase el historial, de todas las calles desde su año de construcción, su comportamiento y las actividades de mantenimiento realizados, con el fin de conocer y tener parámetros reales del comportamiento de los tratamientos realizados a dichas vías y así hacer una mejor programación de actividades que conlleve a ahorros en reparación.
- Se sugiere a la Alcaldía Municipal de Santa Tecla, adquirir el equipo mínimo necesario, tales como odómetros, equipo de medición de rugosidad, equipos de auscultación estructural, etc., con el fin de llevar a cabo la recolección de información de deterioros, rugosidades y capacidades estructurales en los pavimentos, las cuales servirán para darle seguimiento al Sistema de Gestión de Pavimentos propuesto.
- El conteo de vehículos debería de realizarse, por parte de la alcaldía, para la toda la Red Vial del Municipio, como mínimo una vez al año, para desarrollar un registro de Tránsito, el cual permitiría determinar la tasa de crecimiento vehicular para futuras predicciones.

- Se debería elaborar un “Relevamiento de Deterioros” de los pavimentos, por lo menos una vez cada año, para llevar un registro cronológico de los daños, con el fin de utilizar esta información para el posterior modelaje del comportamiento de los pavimentos.
- Aquellas arterias que presentan una sobre-capa y estén por encima del nivel de diseño original de la vía, en un futuro se recomienda perfilar el camino, reciclando el material de la carpeta y estabilizándolo con una emulsión para luego colocarle una capa de mezcla asfáltica, la cual deberá de ser diseñada para las solicitaciones a las que se verá sometida, con el propósito de llevar a su nivel de cota original al pavimento.
- En aquellos sectores en los que no se tenga conocimiento de las características físicas y mecánicas de las capas que conforman la estructura del pavimento, se recomienda hacer exploraciones por medio de pozos a cielo abierto (calicatas) y extracciones de núcleo, para su posterior análisis en laboratorio.
- El mantenimiento rutinario, FOG SEAL, se debe de realizar para proteger la integridad de la estructura del pavimento y procurar la seguridad del conductor.
- En el mejor de los casos, se aconseja llevar a cabo los mantenimientos preventivos en el menor tiempo posible.
- Para realizar una calibración de mayor precisión se deben de tomar en cuenta todos los aspectos que contribuyen en la generación de deterioros (tránsito, clima, estructura, etc.) en los pavimentos, para llevar a cabo una mejor categorización.

## BIBLIOGRAFIA

- **AASHTO, GUIDE FOR DESIGN OF PAVEMENT STRUCTURES**  
AASHTO, 1993
  
- **AASHTO, GUIDELINES FOR PAVEMENT MANAGEMENT SYSTEM**  
AASHTO, 1993
  
- **GESTIÓN DE INFRAESTRUCTURA VIAL**  
Hernán de Solminihaq T.  
Ediciones Universidad Católica de Chile, Tercera Edición
  
- **INGENIERÍA DE TRÁNSITO: FUNDAMENTOS Y APLICACIONES**  
Rafael Cal y Mayor R., James Cárdenas G.  
Editorial ALFAOMEGA, Tercera Edición
  
- **MANUAL CENTROAMERICANO PARA DISEÑO DE PAVIMENTOS**  
Secretaría de Integración Económica Centroamericana (SIECA)  
Noviembre, 2002
  
- **CATALOGO CENTROAMERICANO DE DAÑOS A PAVIMENTOS VIALES**  
Secretaría de Integración Económica Centroamericana (SIECA)

## **LIBROS ELECTRÓNICOS:**

- **PAVEMENT CONDITION INDEX (PCI), PARA PAVIMENTOS ASFÁLTICOS Y DE CONCRETO EN CARRETERAS**

Publicado por el Ing. Luis Ricardo Vásquez Varela

Universidad Nacional de Colombia

- **THE HIGHWAY DESIGN AND MAINTENANCE STANDARDS MODEL**

(Volumen 1, Descripción del Modelo HDM-III)

Publicado por el Banco Mundial

- **ESTUDIOS DE EVALUACION ESTRUCTURAL DE PAVIMENTOS BASADOS EN LA INTERPRETACION DE CURVAS DE DEFLEXIONES (ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS)**

Publicado por Mario S. Hoffman, Ph.D. & Pablo m. del Águila, B.Sc.

## **PAGINAS WEB**

- **PARA DESCARGAR “HDM-III”**

<http://web.worldbank.org/WBSITE/EXTERNAL/TOPICS/EXTTRANSPORT/EXTROADSHIGHWAYS/0,,contentMDK:20483189~isCURL:Y~menuPK:1097394~pagePK:148956~piPK:216618~theSitePK:338661,00.html>

- **PARA DESCARGAR “UNAIPCIA”**

<http://www.camineros.com/software.htm>

# ANEXOS



# ANEXO “A”

---

CATALOGO CENTRO AMERICANO DE  
DAÑOS A PAVIMENTOS VIALES  
(PAVIMENTOS FLEXIBLES)

# DAÑOS A PAVIMENTOS ASFÁLTICOS

## A. FISURAS Y GRIETAS

### A.1 Fisura Piel de Cocodrilo

**1. DESCRIPCIÓN:** Serie de fisuras interconectadas formando pequeños polígonos irregulares de ángulos agudos, generalmente con un diámetro promedio menor a 30 cm. El fisuramiento empieza en la parte inferior de las capas asfálticas, donde las tensiones y deformaciones por tracción alcanza su valor máximo, cuando el pavimento es solicitado por una carga. Las fisuras se propagan a la superficie, inicialmente, como una serie de fisuras longitudinales paralelas; luego por efecto de la repetición de, evolucionan interconectándose y formando una malla cerrada, que asemeja el cuero de un cocodrilo. Ocurren necesariamente en áreas sometidas al tránsito, como las huellas de canalización del tránsito. Si la base y la sub-base son débiles, el fisuramiento será acompañado por ahuellamientos. Cuando el drenaje es inadecuado, el fisuramiento se presentará en primera estancia, en las huellas de canalización exteriores. En su etapa final, el agrietamiento se transforma en bache. La misma sección del pavimento presentara fisuras y grietas de cocodrilo, ahuellamiento y baches.

**2. POSIBLES CAUSAS:** Son causadas por la fatiga que sufren las capas asfálticas al ser sometidas a las cargas repetidas del tránsito. Por lo general, el fisuramiento indica que el pavimento ya no tiene capacidad estructural de sostener las cargas de tránsito y ha llegado al fin de su vida útil. El ligante por lo general ha envejecido y por ende ha perdido la flexibilidad de sostener cargas repetidas al tránsito sin agrietarse.

**3. NIVELES DE SEVERIDAD:** Se definen tres niveles de severidad (Bajo, Mediano y Alto) de acuerdo con la siguiente guía:

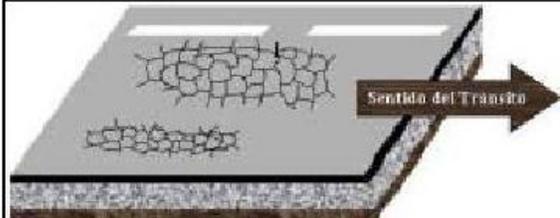
**B (Bajo)** Fisuras muy finas, menores de 2 mm de ancho, paralelas con escasa interconexión, dando origen a polígonos de cierta longitud; los bordes de las fisuras no presentan despostillamiento.

**M (Mediano)** Fisuras finas a moderadas, de ancho menor a 5 mm, interconectadas formando polígonos pequeños y angulosos, que pueden presentar un moderado despostillamiento en correspondencia con las intersecciones.

**A (Alto)** La red de fisuras ha progresado de manera de constituir una malla cerrada de pequeños polígonos bien definidos, con despostillamientos de severidad moderada a alta, a lo largo de sus bordes; algunas de estas piezas pueden tener movimientos al ser sometidas al tránsito y/o pueden haber sido removidas por el mismo formando baches.

**4. MEDICIÓN:** Las fisuras Piel de Cocodrilo se miden en metros cuadrados de superficie afectada. La mayor dificultad en la medición radica en que dos o hasta tres niveles de severidad pueden existir dentro de una misma área fallada. Si estas porciones pueden ser distinguidas fácilmente, una de otra, se miden y registran separadamente. Si los distintos niveles de severidad no pueden ser divididos fácilmente, la totalidad del área se califica con la mayor severidad observada.

### 5. ESQUEMA



### 6. FOTOS



Piel de Cocodrilo

# DAÑOS A PAVIMENTOS ASFÁLTICOS

## A. FISURAS Y GRIETAS

### A.2 FISURAS EN BLOQUE

**1. DESCRIPCIÓN:** Serie de fisuras interconectadas formando piezas aproximadamente rectangulares, de diámetro promedio mayor de 30 cm, con un área variable de 0.10 a 9.0 m<sup>2</sup>. La fisura en bloque se presenta normalmente en un gran área del pavimento y algunas veces ocurren solamente en las áreas no afectadas por el tráfico.

**2. POSIBLES CAUSAS:** Son causadas principalmente por la contracción de las mezclas asfálticas debido a las variaciones diarias de temperatura. También suelen ocurrir en pavimentos bituminosos colocados sobre bases granulares estabilizadas o mejoradas con cemento portland, que se producen a raíz de la contracción eventual de la capa estabilizada, que se reflejan en la superficie del pavimento. A menudo es difícil constatar si las fisuras y grietas son debido a contracciones producidas en la capa de rodadura o en la base y sub-base. La ausencia de tráfico tiende a acelerar la formación de estas grietas de contracción. También se debe a cambios de volumen del agregado fino de las mezclas asfálticas con un ligante de penetración baja. Por lo general, el origen de estas fisuras no está asociado a las cargas de tráfico; sin embargo, dichas cargas incrementan la severidad de las fisuras. La presencia de fisuras en bloques generalmente es indicativa de que el asfalto se ha endurecido significativamente.

**3. NIVELES DE SEVERIDAD:** Se definen tres niveles de severidad (Bajo, Mediano y Alto) de acuerdo con la siguiente guía:

**B (Bajo)** Existen algunas de las siguientes condiciones

- Fisuras sin sellar, de ancho promedio a 2 mm con presencia de despostillamiento menor.
- Fisuras selladas de cualquier ancho, con material de sello en condiciones satisfactorias que no permiten la filtración de agua

**M (Mediano)** Existen algunas de las siguientes condiciones

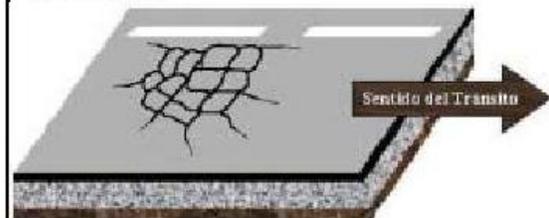
- Fisuras sin sellar, de ancho promedio entre 2 y 5 mm.
- Fisuras sin sellar de ancho promedio menor de 5 mm con presencia de despostillamiento menor.
- Fisura sellada de cualquier ancho, sin despostillamiento o cuando éste es breve, pero el material de sello esta en condiciones insatisfactorias.

**A (Alto)** Existen algunas de las siguientes condiciones:

- Fisuras sin sellar, de ancho promedio a 5 mm.
- Fisuras con presencia de despostillamientos severos.

**4. MEDICIÓN:** Las fisuras en bloque se miden en metros cuadrados de superficie afectada. Normalmente ocurre a un nivel de severidad en una sección del pavimento, pero cuando se observe diferentes niveles de severidad se miden y registran separadamente, en caso que no se puedan diferenciar, la totalidad del área se califica con la mayor severidad observada.

### 5. ESQUEMA



### 6. FOTOS



Nivel de severidad variado

# DAÑOS A PAVIMENTOS ASFÁLTICOS

## A. FISURAS Y GRIETAS

### A.3 FISURAS EN ARCO

**1. DESCRIPCIÓN:** Son fisuras en forma de media luna (o más precisamente de cuarto creciente) que apuntan en la dirección de las fuerzas de tracción de las ruedas sobre el pavimento. Las fisuras en arco no necesariamente apuntan en el sentido del tránsito. Por ejemplo, si se frena el vehículo cuesta abajo, la dirección de la fisuras está cuesta arriba.

**2. POSIBLES CAUSAS:** Se producen cuando los efectos de frenado o giro de las ruedas de los vehículos provocan un resbalamiento y deformación de la superficie de pavimento. Esto ocurre generalmente cuando se combinan una mezcla asfáltica de baja estabilidad y una deficiente adherencia entre la superficie y la siguiente capa de la estructura del pavimento. La falta de riego de liga, un exceso de ligante o la presencia de polvo durante la ejecución de los riegos, son factores que con frecuencia conducen a tales fallas. Asimismo, espesores de carpeta muy reducidos sobre superficies pulidas, especialmente sobre pavimentos de concreto, suelen ser causas primarias en muchos casos. La causa también puede ser un contenido alto de arena en la mezcla, sea arena de río o finos triturados.

**3. NIVELES DE SEVERIDAD:** Se definen tres niveles de severidad (bajo, mediano, alto) según las características de la fisura y el estado del pavimento que las rodea, de acuerdo con la siguiente guía:

**B (Bajo)** Las fisuras son de ancho promedio inferior a 3 mm.

**M (Mediano)** Existen algunas de las condiciones siguientes:

- Las fisuras son de ancho promedio entre 3 y 6 mm.
- El área alrededor de las fisuras se encuentran fracturadas por las piezas que se encuentran bien ligadas y firmes aún.

**A (Alto)** Existen algunas de las condiciones siguientes:

- Fisuras de ancho promedio mayor de 6 mm.
- El área alrededor de las fisuras se encuentran fracturadas en trozos fácilmente removibles o que han desaparecido casi completamente.

**4. MEDICIÓN:** El área asociada con una determinada "fisura de arco" se mide en metros cuadrados, calificándolo de acuerdo con el máximo nivel de severidad observado en dicha área. Se totalizan los metros cuadrados afectados en la sección o muestra, separadamente según el nivel de severidad.

#### 5. ESQUEMA



#### 6. FOTOS



Fisuras en Arco

# DAÑOS A PAVIMENTOS ASFÁLTICOS

## A. FISURAS Y GRIETAS

### A.4 FISURA TRANSVERSAL

**1. DESCRIPCIÓN:** Fracturación de longitud variable que se extiende a través de la superficie del pavimento, formando un ángulo aproximadamente recto con el eje de la carretera. Puede afectar todo el ancho del carril como limitarse a los 0.60 m próximos al borde del pavimento.

**2. POSIBLES CAUSAS:** Las posibles causas incluyen

- Contracción de la mezcla asfáltica por pérdida de flexibilidad, debido a un exceso de filler, envejecimiento asfáltico, etc. Particularmente ante la baja temperatura y gradientes térmicos importantes.
- Reflexión de grietas en la capa subyacente, incluyendo pavimentos de concreto, con excepción de la reflexión de sus juntas.
- Defectuosa ejecución de las juntas transversales de construcción de las capas asfálticas de superficie.

**3. NIVELES DE SEVERIDAD:** Se definen tres niveles de severidad (bajo, mediano, alto) de acuerdo con la siguiente guía:

**B (Bajo)** Existen algunas de las condiciones siguientes:

- Fisuras sin sellar, de ancho promedio inferior a 3 mm sin ramificaciones.
- Fisuras selladas de cualquier ancho, con material de sello en condición satisfactoria.

**M (Mediano)** Existen algunas de las condiciones siguientes:

- Fisuras sin sellar, de ancho promedio entre 3 y 6 mm.
- Fisuras sin sellar, de ancho promedio menor de 6 mm que evidencian ramificaciones, es decir rodeadas de fisuras finas erráticas.
- Fisuras selladas, de cualquier tipo, rodeadas de fisuras erráticas.

**A (Alto)** Existen algunas de las condiciones siguientes:

- Fisuras sin sellar de ancho promedio mayor de 6 mm.
- Cualquier fisura, sellada o no, con ramificaciones constituidas por fisuras erráticas, moderadas a severas, próximas a la misma, con tendencia a formar una malla, o bien, que evidencien un despostillamiento severo.

**4. MEDICIÓN:** Las fisuras transversales se miden en metros lineales. La longitud y severidad de cada fisura debe registrarse después de su identificación. Si la fisura no tiene el mismo nivel de severidad en toda su extensión, cada porción evidenciando un diferente nivel de severidad, debe ser registrada separadamente. Se totaliza el número de metros lineales observados en la sección o muestra.

### 5. ESQUEMA



### 6. FOTOS



Fisura Transversal, atraviesa toda la sección de la carretera

# DAÑOS A PAVIMENTOS ASFÁLTICOS

## A. FISURAS Y GRIETAS

### A.5 FISURA LONGITUDINAL

**1. DESCRIPCIÓN:** Fracturación que se extiende a través de la superficie del pavimento, paralelamente al eje de la carretera, pudiendo localizarse en las huellas de canalización de tránsito, en el eje o en los bordes del pavimento. La ubicación de la fisura es indicativa de la causa más probable.

**2. POSIBLES CAUSAS:** Las posibles causas incluyen

- Instancias iniciales del fenómeno de fatiga por debilidad estructural, ocurren en las huellas de canalización del tránsito.
- Defectuosa ejecución de las juntas longitudinales de construcción, al distribuir las mezclas asfálticas durante la construcción; ocurren en el eje y coincidencia con los carriles de distribución y ensanches.
- Contracción de la mezcla asfáltica por pérdida de flexibilidad, particularmente ante gradientes térmicos importantes.
- Reflexión de fisuras causadas por grietas existentes por debajo de la superficie de rodamiento; incluyendo fisuras en pavimentos conformadas por capas estabilizadas químicamente o de concreto, usualmente se presentan combinadas con fisuras transversales.
- Deficiente confinamiento lateral, por falta de hombros y cordones o bordillos, que provocan un debilitamiento del pavimento en correspondencia con el borde. Estas, asociadas a las cargas del tránsito, ocurren a una distancia de 0.30 a 0.60 m del borde.

**3. NIVELES DE SEVERIDAD:** Se definen tres niveles de severidad (bajo, mediano, alto) de acuerdo a las características de las fisuras, según la siguiente guía:

**B (Bajo)** Existen algunas de las condiciones siguientes:

- Fisuras sin sellar, de ancho promedio inferior a 3 mm sin ramificaciones.
- Fisuras selladas de cualquier ancho, con material de sello en condición satisfactoria.

**M (Mediano)** Existen algunas de las condiciones siguientes:

- Fisuras sin sellar, de ancho promedio entre 3 y 6 mm.
- Fisuras sin sellar, de ancho promedio menor de 6 mm que evidencian ramificaciones, es decir rodeadas de fisuras finas erráticas.
- Fisuras selladas, de cualquier tipo, rodeadas de fisuras erráticas.

**A (Alto)** Existen algunas de las condiciones siguientes:

- Fisuras sin sellar de ancho promedio mayor de 6 mm.
- Cualquier fisura, sellada o no, con ramificaciones constituidas por fisuras erráticas, moderadas a severas, próximas a la misma, con tendencia a formar una malla, o bien, que evidencien un despostillamiento severo.

**4. MEDICIÓN:** Las fisuras longitudinales se miden en metros lineales. La longitud y severidad de cada fisura debe registrarse después de su identificación. Si la fisura no tiene el mismo nivel de severidad en toda su extensión, cada porción evidenciando un diferente nivel de severidad, debe ser observada en la sección o muestra.

### 5. ESQUEMA



### 6. FOTOS



Fisura longitudinal, a lo largo de la huella del tránsito

# DAÑOS A PAVIMENTOS ASFÁLTICOS

## A. FISURAS Y GRIETAS

### A.6 FISURA POR REFLEXIÓN DE JUNTA

**1. DESCRIPCIÓN:** Se presentan sólo en pavimentos mixtos constituidos por una superficie asfáltica sobre un pavimento de concreto con juntas. Consiste en la propagación ascendente hacia la superficie asfáltica, de las juntas del pavimento de concreto. Como consecuencia, por efecto de la reflexión, se observan en la superficie fisuras longitudinales y/o transversales que tienden a reproducir las juntas longitudinales y transversales de las losas inferiores.

**2. POSIBLES CAUSAS:** Son causadas principalmente por el movimiento de las losas de concreto, como resultado de cambios de temperaturas o cambios en los contenidos de humedad. Las grietas por reflexión se propagan dentro de la capa asfáltica, como consecuencia directa de una concentración de tensiones; asimismo, si por la aplicación de las cargas de tránsito las losas experimentan deflexiones verticales importantes en las juntas, la reflexión se produce con mayor rapidez. El tránsito puede producir la rotura de la capa asfáltica en la proximidad de las fisuras reflejadas, resultando en peladuras y eventualmente baches.

**3. NIVELES DE SEVERIDAD:** Se definen tres niveles de severidad (bajo, mediano, alto) de acuerdo a las características de las fisuras, según la siguiente guía:

**B (Bajo)** Existen algunas de las condiciones siguientes:

- Fisuras sin sellar, de ancho promedio inferior a 5 mm sin descascaramiento o despostillamiento de sus bordes.
- Fisuras selladas de cualquier ancho, con el material de sello en condición satisfactoria; no provocan golpeteo cuando se circula en vehículo sobre el pavimento.

**M (Mediano)** Existen algunas de las condiciones siguientes:

- Fisuras sin sellar, de ancho promedio entre 5 y 15 mm.
- Fisuras sin sellar, hasta 5 mm de ancho y/o selladas de cualquier ancho, que evidencien leve despostillamiento de sus bordes y/o están rodeadas por fisuras erráticas leves muy próximas.
- La fisura provoca un significativo golpeteo al vehículo cuando se circula sobre el pavimento.

**A (Alto)** Existen algunas de las condiciones siguientes:

- Cualquier fisura, sellada o no, rodeada por un moderado o severo agrietamiento de la superficie, o que evidencie rotura y desprendimiento de parte del material asfáltico en la proximidad de la misma.
- Fisuras sin sellar de ancho promedio mayor a 15 mm.
- La fisura provoca un severo golpeteo en el vehículo cuando se circula sobre el pavimento.

**4. MEDICIÓN:** Las fisuras por reflexión de juntas se miden en metros lineales. La longitud y nivel de severidad de cada fisura se registra separadamente; se totalizan los metros lineales registrados para cada nivel de severidad en la sección.

### 5. ESQUEMA



### 6. FOTOS



FISURA POR REFLEXIÓN DE JUNTAS

# DAÑOS A PAVIMENTOS ASFÁLTICOS

## B. DEFORMACIONES SUPERFICIALES DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS

### B.1 AHUELLAMIENTO

**1. DESCRIPCIÓN:** Depresión longitudinal continua a lo largo del rodamiento del tránsito, de longitud mínima de 6 m.

**2. POSIBLES CAUSAS:** Las repeticiones de las cargas de tránsito conducen a deformaciones permanentes en cualquiera de las capas del pavimento o en la subrasante. Cuando el radio de influencia de la zona ahuellada es pequeño, las deformaciones ocurren en las capas superiores del pavimento; cuando el radio de influencia es amplio, las deformaciones ocurren en la subrasante. Las deformaciones resultan de una compactación o movimiento lateral de los materiales (fluencia plástica o punzonamiento por corte), ambos por efecto de tránsito. El ahuellamiento indica una insuficiencia estructural del pavimento o una deficiente estabilidad del sistema subrasante-pavimento. En algunos casos se hace más evidente cuando la mezcla asfáltica se desplaza formando un cordón a cada lado del área deprimida. Las causas posibles incluyen:

- i. Las capas estructurales pobremente compactadas.
- ii. Inestabilidad en bases y sub-bases granulares, creada por la presión del agua o saturación de la misma.
- iii. Mezcla asfáltica inestable
- iv. Falta de apoyo lateral por erosión del hombro.
- v. Capacidad estructural del pavimento con espesores deficientes de las capas que lo integran.
- vi. Técnica de construcción pobre y un bajo control de calidad.
- vii. Utilización de materiales no apropiados o de mala calidad.
- viii. La acción del tránsito (sobrecargas y altos volúmenes de tránsito no previstos en el diseño original).
- ix. El acompañamiento por levantamiento adyacentes a los ahuellamientos, que indica que hay fallas en las capas superiores del pavimento.
- x. Estacionamiento prolongado de vehículos pesados.
- xi. Exceso de ligantes de riegos.

**3. NIVELES DE SEVERIDAD:** La severidad del ahuellamiento se determina en función de la profundidad de la huella, midiendo ésta con una regla de 1.20 m de longitud colocada transversalmente al eje de la carretera; la medición se efectúa donde la profundidad es mayor, promediando los resultados obtenidos a intervalos de 3 m a lo largo de la huella. Se identifican tres niveles de severidad:

**B (Bajo)** La profundidad promedio es menor de 10 mm.

**M (Mediano)** La profundidad promedio es entre 10 y 25 mm.

**A (Alto)** La profundidad promedio es mayor de 25 mm.

**4. MEDICIÓN:** Las fisuras por reflexión de juntas se miden en metros lineales. La longitud y nivel de severidad de cada fisura se registra separadamente; se totalizan los metros lineales registrados para cada nivel de severidad en la sección.

### 5. ESQUEMA



### 6. FOTOS



AHUELLAMIENTO



AGUA EMPOZADA EN LAS HUELLAS

# DAÑOS A PAVIMENTOS ASFÁLTICOS

## B. DEFORMACIONES SUPERFICIALES DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS

### B.2 CORRIMIENTO

**1. DESCRIPCIÓN:** Distorsiones de la superficie del pavimento por desplazamiento de la mezcla asfáltica, a veces acompañados por levantamientos de material formando "cordones", principalmente laterales, o bien por desplazamiento de la capa asfáltica sobre la superficie subyacente, generalmente acompañada de un levantamiento hacia el eje de la carretera. Típicamente puede identificarse a través de la señalización horizontal del pavimento, observando demarcación de los carriles, por efecto de corrimiento.

**2. POSIBLES CAUSAS:** Los desplazamientos son ocasionados por las cargas del tránsito, actuando sobre mezclas asfálticas poco estables, ya sea por exceso de asfalto, falta de vacíos, o bien, por falta de confinamiento lateral. La inadecuada ejecución del riego de liga o imprimación no permite una adecuada adherencia entre la capa asfáltica de rodadura y la subyacente, originando mayor posibilidad de corrimiento.

**3. NIVELES DE SEVERIDAD:** Se definen tres niveles de severidad (Bajo, Mediano, Alto) según la siguiente guía:

**B (Bajo)** El corrimiento es perceptible, causa cierta vibración o balanceo en el vehículo, sin generar incomodidad.

**M (Mediano)** El corrimiento causa una significativa vibración o balanceo al vehículo, que genera cierta incomodidad.

**A (Alto)** El corrimiento causa a los vehículos un excesivo balanceo que genera una sustancial incomodidad y/o riesgo para la seguridad de circulación, siendo necesaria una sustancial reducción de la velocidad.

**4. MEDICIÓN:** Los corrimientos se miden en metros cuadrados, registrando separadamente, de acuerdo a su severidad, el área total afectada en la muestra o sección.

#### 5. ESQUEMA



#### 6. FOTOS



CORRIMIENTO

## DAÑOS A PAVIMENTOS ASFÁLTICOS

### B. DEFORMACIONES SUPERFICIALES DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS

#### B.3 CORRUGACIÓN

**1. DESCRIPCIÓN:** Serie de ondulaciones, constituidas por crestas y depresiones, perpendiculares a la dirección del tránsito, las cuales se suceden muy próximas unas de otras, a intervalos aproximadamente regulares, en general menor de 1 m entre ellas, a lo largo del pavimento.

**2. POSIBLES CAUSAS:** Este tipo de falla es ocasionado por la acción del tránsito sobre las capas superficiales (carpeta o base del pavimento).

**3. NIVELES DE SEVERIDAD:** Se definen tres niveles de severidad (Bajo, Mediano, Alto) según la siguiente guía:

**B (Bajo)** La corrugación causa cierta vibración en el vehículo, sin llegar a generar incomodidad.

**M (Mediano)** La corrugación causa una significativa vibración en el vehículo, que genera cierta incomodidad.

**A (Alto)** La corrugación causa una vibración excesiva y continua en el vehículo, que genera una sustancial incomodidad y/o riesgo para la circulación de vehículos, siendo necesaria una reducción en la velocidad por seguridad.

**4. MEDICIÓN:** La corrugación se mide en metros cuadrados, registrando, de acuerdo a su severidad, el área total afectada en la muestra o sección.

#### 5. ESQUEMA



#### 6. FOTOS



CORRUGACIÓN

## DAÑOS A PAVIMENTOS ASFÁLTICOS

### B. DEFORMACIONES SUPERFICIALES DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS

#### B.4 HINCHAMIENTO

**1. DESCRIPCIÓN:** Abultamiento o levantamiento localizado en la superficie del pavimento, generalmente en la forma de una onda que distorsiona el perfil de la carretera.

**2. POSIBLES CAUSAS:** Son causadas fundamentalmente por la expansión de los suelos de subrasante del tipo expansivo. En muchos casos pueden estar acompañadas por el fisuramiento de la superficie.

**3. NIVELES DE SEVERIDAD:** Según su incidencia en la comodidad de manejo, se definen tres niveles de severidad (Bajo, Mediano, Alto) de acuerdo a la siguiente guía:

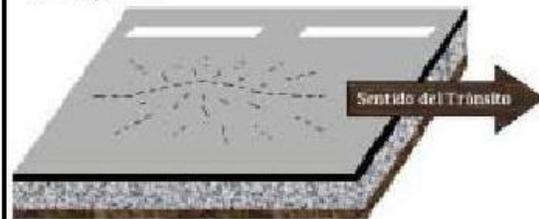
**B (Bajo)** Baja incidencia en la comodidad de manejo, apenas perceptible a la velocidad de operación promedio.

**M (Mediano)** Moderada incidencia en la comodidad de manejo, genera incomodidad y obliga a disminuir la velocidad de circulación.

**A (Alto)** Alta incidencia en la comodidad de manejo, condiciona la velocidad de circulación y produce una severa incomodidad con peligro para la circulación (el vehículo es proyectado por efecto del hinchamiento).

**4. MEDICIÓN:** Los hinchamientos se miden en metros cuadrados de la superficie afectada, registrando separadamente, según su severidad, el área afectada en la muestra o sección.

#### 5. ESQUEMA



#### 6. FOTOS



Hinchamiento

# DAÑOS A PAVIMENTOS ASFÁLTICOS

## B. DEFORMACIONES SUPERFICIALES DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS

### B.5 HUNDIMIENTO

**1. DESCRIPCIÓN:** Depresión o descenso de la superficie del pavimento en un área localizada del mismo.

**2. POSIBLES CAUSAS:** Los hundimientos son causados por asentamientos de la fundación, deficiencias durante la construcción o falta de un continuo mantenimiento a los drenes. La heterogeneidad constructiva puede provocar, desde simples descensos de nivel, hasta insuficiencia de espesor o estabilidad de los materiales.

**3. NIVELES DE SEVERIDAD:** Se definen tres niveles de severidad (Bajo, Mediano, Alto) de acuerdo a la siguiente guía:

**B (Bajo)** Baja incidencia en la comodidad de manejo, apenas perceptible a la velocidad de operación promedio.

**M (Mediano)** Moderada incidencia en la comodidad de manejo, genera incomodidad y obliga a disminuir la velocidad de circulación.

**A (Alto)** Alta incidencia en la comodidad de manejo, produce una severa incomodidad requiriéndose reducir la velocidad por razones de seguridad.

**4. MEDICIÓN:** El hundimiento se mide en metros cuadrados, registrando separadamente, según su severidad, el área afectada en la muestra o sección.

#### 5. ESQUEMA



#### 6. FOTOS



HUNDIMIENTO

# DAÑOS A PAVIMENTOS ASFÁLTICOS

## C. DESINTEGRACIÓN EN LOS PAVIMENTOS ASFÁLTICOS

### C.1 BACHE

**1. DESCRIPCIÓN:** Desintegración total de la superficie de rodadura que puede extenderse a otras capas del pavimento, formando una cavidad de bordes y profundidades irregulares.

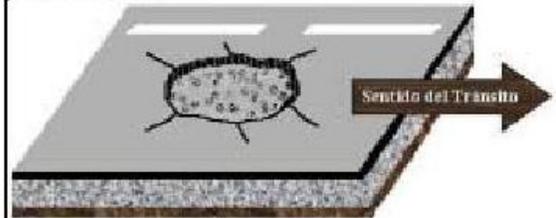
**2. POSIBLES CAUSAS:** Los baches se producen por conjunción de varias causas: fundaciones y capas inferiores inestables; espesores insuficientes; defectos constructivos; retención de agua en zonas hundidas y/o fisuradas. La acción abrasiva del tránsito sobre sectores localizados de mayor debilidad del pavimento y/o fundación, o sobre áreas en las que se han desarrollado fisuras tipo cuero de cocodrilo, que han alcanzado un alto nivel de severidad, provoca la desintegración y posterior remoción de parte de la superficie del pavimento, originando un bache.

**3. NIVELES DE SEVERIDAD:** Se definen tres niveles de severidad (Bajo, Mediano, Alto) en función del área afectada y de la profundidad del bache, de acuerdo a la siguiente tabla:

Profundidad máxima (cm)	Diámetro Promedio del Bache (cm)		
	Menor a 70	70 - 100	Mayor a 100
Menor de 2.5	B	B	M
De 2.5 - 5.0	B	M	A
Mayor de 5.0	M	M	A

**4. MEDICIÓN:** Los baches descubiertos pueden medirse alternativamente: a) Contando el número de baches con niveles de severidad baja, moderada y alta, registrando estos separadamente, y b) Computando éstos en metros cuadrados de superficie afectada, registrando separadamente las áreas, según su nivel de severidad.

#### 5. ESQUEMA



#### 6. FOTOS



Bache, con pérdida de material de base

# DAÑOS A PAVIMENTOS ASFÁLTICOS

## C. DESINTEGRACIÓN EN LOS PAVIMENTOS ASFÁLTICOS

### C.2 PELADURA

**1. DESCRIPCIÓN:** Desintegración superficial de la carpeta asfáltica como consecuencia de la pérdida de ligante bituminoso y del desprendimiento del agregado pétreo, aumentando la textura del pavimento y exponiendo cada vez más los agregados a la acción del tránsito y clima.

**2. POSIBLES CAUSAS:** Esta anomalía es indicativa que el ligante se ha endurecido apreciablemente, perdiendo sus propiedades ligantes, o bien que la mezcla asfáltica existente es de deficiente calidad, ya sea por un contenido de ligante insuficiente, empleo de agregados sucios o muy absorbentes, como también por deficiencias durante la construcción, especialmente en tratamientos superficiales bituminosos; frecuentemente se presenta como un desprendimiento de agregados en forma de estrias longitudinales, paralelas a la dirección del riego. El desprendimiento puede ser originado también en un proceso de descubrimiento por pérdida de adherencia entre el agregado y el asfalto, cuando actúan agentes agresivos tales como solventes y otros derivados del petróleo, e inclusive, la acción del agua (pluvial).

**3. NIVELES DE SEVERIDAD:** Se definen tres niveles de severidad (Bajo, Mediano y Alto) de acuerdo con la siguiente guía:

**B (Bajo)** Pequeñas peladuras u oquedades superficiales, distribuidas erráticamente en la superficie del pavimento. El agregado y/o el ligante han comenzado a desprenderse en algunos sectores. En el caso de ataque por aceites, la superficie se ha ablandado y no puede penetrarse con una moneda.

**M (Mediano)** Extensivos desprendimientos de agregados pétreos finos y/o de ligante, confieren a la superficie una textura abierta y rugosa. En el caso de ataque por aceites, la superficie se ha ablandado y puede penetrarse con una moneda.

**A (Alto)** Extensivo desprendimiento de agregados pétreos gruesos y finos, confiere a la superficie una textura muy rugosa, con presencia de oquedades de máximo 10 y 15 mm de diámetro y profundidad respectivamente. En el caso de ataque por aceites, el asfalto ha perdido sus propiedades ligantes y el agregado ha quedado suelto.

**4. MEDICIÓN:** Las peladuras se miden en metros cuadrados de superficie afectada, registrando éstas separadamente según el nivel de severidad identificado para cada caso.

### 5. ESQUEMA



### 6. FOTOS



Peladura

# DAÑOS A PAVIMENTOS ASFÁLTICOS

## C. DESINTEGRACIÓN EN LOS PAVIMENTOS ASFÁLTICOS

### C.3 DESINTEGRACIÓN DE BORDES

**1. DESCRIPCIÓN:** Consiste en la progresiva destrucción de los bordes del pavimento por la acción del tránsito. Se hace particularmente manifiesto en pistas con hombros no pavimentados, en las que existe una significativa porción de vehículos que acceden del hombro al pavimento o en el sentido contrario.

**2. POSIBLES CAUSAS:** La causa primaria es la acción localizada del tránsito, tanto por su efecto abrasivo como por el poder destructivo de las cargas, sobre el extremo del pavimento donde la debilidad de la estructura es mayor debido al menor confinamiento lateral, deficiente compactación del borde, etc.

La presencia de arenas angulosas sueltas, muy próximas a la pista, hace que aumente la abrasión de las llantas que ascienden y descienden del pavimento, provocando peladuras severas que pueden conducir a la desintegración.

**3. NIVELES DE SEVERIDAD:** Se definen tres niveles de severidad (Bajo, Mediano y Alto) de acuerdo con el estado del pavimento en los 0.50 m contiguos al mismo, según la siguiente guía:

**B (Bajo)** Se observan fisuras paralelas al borde, de severidad baja o moderada, sin signos de peladuras, desintegración y canales de erosión.

**M (Mediano)** Se observan fisuras paralelas al borde, de severidad alta,\* y/o peladuras de cualquier tipo, sin llegar a la rotura o desintegración total de los mismos.

**A (Alto)** Se observa una considerable desintegración total de los bordes, con importantes sectores removidos por el tránsito; el borde resulta serpenteante, reduciendo el ancho de la calzada.

\* Ver "A.5 Fisuras Longitudinales"

**4. MEDICIÓN:** Las desintegraciones de bordes se miden en metros cuadrados, totalizados separadamente, de acuerdo a su severidad, las longitudes dañadas en la muestra o sección.

#### 5. ESQUEMA



#### 6. FOTOS



DESINTEGRACIÓN DE BORDES CON ACUMULACIÓN DE AGUA

# DAÑOS A PAVIMENTOS ASFÁLTICOS

## D. OTROS DETERIOROS EN LOS PAVIMENTOS ASFÁLTICOS

### D.1 EXUDACIÓN DE ASFALTO

**1. DESCRIPCIÓN:** Consiste en el afloramiento de un material bituminoso de la mezcla asfáltica a la superficie del pavimento, formando una película continua de ligante, creando una superficie brillante, reflectante, resbaladiza y pegajosa durante el tiempo cálido.

**2. POSIBLES CAUSAS:** La exudación es causada por un excesivo contenido de asfalto en las mezclas asfálticas y/o sellos bituminosos. Ocurre en mezclas con un porcentaje de vacíos deficientes, durante épocas calurosas. El ligante dilata, llena los vacíos y aflora a la superficie, dejando una película de bitumen en la superficie. Dado que el proceso de exudación no es reversible durante el tiempo frío, el asfalto se acumula en la superficie.

**3. NIVELES DE SEVERIDAD:** Se definen tres niveles de severidad (Bajo, Mediano y Alto) de acuerdo con la siguiente guía:

**B (Bajo)** Se hace visible la coloración algo brillante de la superficie, por efecto de pequeñas migraciones de asfalto, aún aisladas.

**M (Mediano)** Apariencia característica, con exceso de asfalto libre que forma una película continua en las huellas de canalización del tránsito; la superficie se torna pegajosa a los zapatos y neumáticos de los vehículos en días cálidos.

**A (Alto)** Presencia de una cantidad significativa de asfalto libre, le da a la superficie un aspecto "húmedo", de intensa coloración negra; superficie pegajosa o adhesiva a los zapatos y neumáticos de los vehículos en días cálidos.

**4. MEDICIÓN:** La exudación del asfalto se mide en metros cuadrados de superficie afectada, registrando separadamente ésta según su severidad. Cuando se computa como "Exudación de Asfalto", dicha área no debe ser considerada como pulimento de superficie.

#### 5. ESQUEMA



#### 6. FOTOS



Exudación de Asfalto

# DAÑOS A PAVIMENTOS ASFÁLTICOS

## D. OTROS DETERIOROS EN LOS PAVIMENTOS ASFÁLTICOS

### D.2 PARCHADOS Y REPARACIONES DE SERVICIOS PÚBLICOS

**1. DESCRIPCIÓN:** Un parche es un área donde el pavimento original ha sido removido y reemplazado, ya sea con material similar o diferente, para reparar el pavimento existente. También un parchado por reparación de servicios públicos es un parche que se ha ejecutado para permitir la instalación o mantenimiento de algún tipo de servicio público subterráneo.

Los parchados disminuyen el nivel de servicio de la carretera, al tiempo que puede constituir un indicador tanto de la intensidad de mantenimiento demandado por una carretera, como de la necesidad de reforzar la estructura de la misma. En general las áreas parchadas tienen un comportamiento inferior al pavimento original y en muchos casos son el origen de una mayor rugosidad del pavimento o de nuevas fallas en el mismo o en el área adyacente, particularmente cuando su ejecución es defectuosa.

**2. POSIBLES CAUSAS:** Si bien los parches por reparaciones de servicios públicos se deben a causas diferentes, los niveles de severidad se definen en forma idéntica.

**3. NIVELES DE SEVERIDAD:** Se definen tres niveles de severidad (Bajo, Mediano y Alto) de acuerdo con la siguiente guía:

**B (Bajo)** El parche se comporta satisfactoriamente, con muy poco o ningún deterioro.

**M (Mediano)** El parche se encuentra moderadamente deteriorado; se evidencia un moderado deterioro alrededor de sus bordes.

**A (Alto)** El parche está severamente dañado. La extensión o severidad de estos daños indican una condición de falla, siendo necesario el reemplazo del parche.

**4. MEDICIÓN:** Los parchados se miden en metros cuadrados de área afectada, registrando separadamente éstas de acuerdo con su nivel de severidad. En un mismo parche (particularmente cuando éste alcanza cierta extensión) pueden diferenciarse áreas con distinto nivel de severidad. Si una gran extensión del pavimento ha sido reemplazada en forma continua (por ejemplo reconstruyendo toda una intersección), esta área no debe registrarse como parchado.

#### 5. ESQUEMA



#### 6. FOTOS



# DAÑOS A PAVIMENTOS ASFÁLTICOS

## OTROS DETERIOROS

### DEPRESION

1. **DESCRIPCION:** 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" (bird bath). En el pavimento seco las *depresiones* pueden ubicarse gracias a las manchas causadas por el agua almacenada.
2. **POSIBLES CAUSAS:** Las depresiones son formadas por el asentamiento de la subrasante o por una construcción incorrecta. Originan alguna rugosidad y cuando son suficientemente profundas o están llenas de agua pueden causar hidroplaneo.
3. **NIVELES DE SEVERIDAD:** La severidad de la depresión se determina en función de la profundidad de la huella, se identifican tres niveles de severidad:  
**B (Bajo):** La profundidad promedio es menor de 10 mm.  
**M (Mediano):** La profundidad promedio es entre 10 y 25 mm.  
**A (Alto):** La profundidad promedio es mayor de 25 mm.
4. **MEDICION:** La depresión se mide con una regla de 1.20 m de longitud colocada longitudinalmente al eje de la carretera; la medición se efectúa donde la profundidad es mayor, promediando los resultados obtenidos a intervalos de 3 m a lo largo de la huella.



Depresión de baja severidad



Depresión de alta severidad

## DAÑOS A PAVIMENTOS ASFÁLTICOS

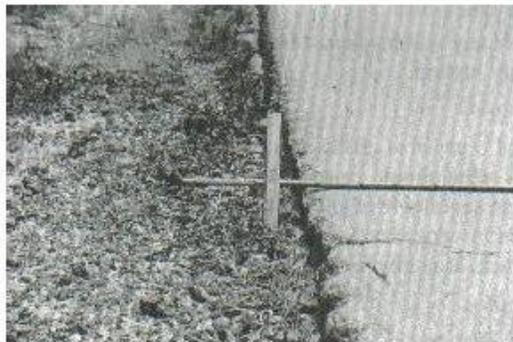
### OTROS DETERIOROS

## DESNIVEL CARRIL / HOMBRO

1. **DESCRIPCION:** El desnivel carril / hombro es una diferencia de niveles entre el borde del pavimento y el hombro de la carretera.
2. **POSIBLES CAUSAS:** Este daño se debe a la erosión del hombro, el asentamiento del hombro o la colocación de sobre-carpetas en la calzada sin ajustar el nivel del hombro.
3. **NIVELES DE SEVERIDAD:** Se definen tres niveles de severidad (Bajo, Mediano, Alto) según la siguiente guía:  
**B (Bajo):** La diferencia en elevación entre el borde del pavimento y el hombro está entre 25.0 y 51.0 mm.  
**M (Mediano):** La diferencia está entre 51.0 mm y 102.0 mm.  
**A (Alto):** La diferencia en elevación es mayor que 102.00 mm.
4. **MEDICION:** El desnivel carril / hombro se miden en pies lineales (ó metros lineales).



Desnivel Carril / Hombro de Baja Severidad



Desnivel Carril / Hombro de Alta Severidad

## DAÑOS A PAVIMENTOS ASFÁLTICOS

### OTROS DETERIOROS

## CRUCE DE VÍA FÉRREA.

1. **DESCRIPCION:** Los defectos asociados al cruce de vía férrea son depresiones o abultamientos alrededor o entre los rieles.
2. **POSIBLES CAUSAS:** Cruce de Líneas Férreas
3. **NIVELES DE SEVERIDAD:** Se definen tres niveles de severidad (Bajo, Mediano, Alto) según la siguiente guía:  
**B (Bajo):** El cruce de vía férrea produce calidad de tránsito de baja severidad.  
**M (Mediano):** El cruce de vía férrea produce calidad de tránsito de severidad media.  
**A (Alto):** El cruce de vía férrea produce calidad de tránsito de severidad alta.
4. **MEDICION:** El área del cruce se mide en pies cuadrados (ó metros cuadrados) de área afectada. Si el cruce no afecta la calidad de tránsito, entonces no debe registrarse. Cualquier abultamiento considerable causado por los rieles debe registrarse como parte del cruce.



Cruce de Líneas Férreas

# DAÑOS A PAVIMENTOS ASFÁLTICOS

## OTROS DETERIOROS

### METEORIZACION Y DESPRENDIMIENTO DE AGREGADOS

1. **DESCRIPCION:** La meteorización y el desprendimiento son 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.
2. **POSIBLES CAUSAS:** El desprendimiento puede ser causado por ciertos tipos de tránsito, por ejemplo, vehículos de orugas. El ablandamiento de la superficie y la pérdida de los agregados debidos al derramamiento de aceites también se consideran como desprendimiento.
3. **NIVELES DE SEVERIDAD:** Se definen tres niveles de severidad (Bajo, Mediano, Alto) según la siguiente guía:  
**B (Bajo):** Han comenzado a perderse los agregados o el ligante. En algunas áreas la superficie ha comenzado a deprimirse. En el caso de derramamiento de aceite, puede verse la mancha del mismo, pero la superficie es dura y no puede penetrarse con una moneda.  
**M (Mediano):** Se han perdido los agregados o el ligante. La textura superficial es moderadamente rugosa y ahuecada. En el caso de derramamiento de aceite, la superficie es suave y puede penetrarse con una moneda.  
**A (Alto):** 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. En el caso de derramamiento de aceite, el ligante asfáltico ha perdido su efecto ligante y el agregado está suelto.
4. **MEDICION:** La meteorización y el desprendimiento se miden en pies cuadrados (ó metros cuadrados) de área afectada.



Desprendimiento de agregados de baja severidad



Desprendimiento de agregados de alta severidad.

# ANEXO “B”

## SIMBOLOGIA DEL “UNAIPCIA”

Para el uso del “UnaiPCIA” se deben diligenciar los siguientes campos:

- **COD:** Código de la vía.
- **DATE:** Fecha del inventario.
- **ABS I y ABS F:** Abscisa inicial y final de la unidad inventariada.
- **UNIT:** Unidad inventariada.
- **ÁREA:** Área de la unidad inventariada en pavimentos asfálticos.
- **FL1 – FH19:** Medida del daño para las 19 patologías de pavimento en los tres niveles de severidad.

**DONDE:**

- **L, M y H:** Son las severidades correspondientes a cada deterioro  
(**L: Baja, M: Media y H: Alta**)
- Los Números del “1” al “19” indican los distintos tipos de deterioro:

<b>1</b>	Piel de Cocodrilo	<b>8</b>	Grietas por Reflexión	<b>15</b>	Ahuellamiento
<b>2</b>	Exudación	<b>9</b>	Desnivel Carril/Hombro	<b>16</b>	Desplazamiento
<b>3</b>	Fisura en Bloque	<b>10</b>	Grietas Long. y Transv.	<b>17</b>	Grietas Parabólicas
<b>4</b>	Hundimientos	<b>11</b>	Bacheo o Parchado	<b>18</b>	Hinchamiento
<b>5</b>	Corrugaciones	<b>12</b>	Pulimiento de Agregados	<b>19</b>	Desprendimiento de Agregados
<b>6</b>	Depresiones	<b>13</b>	Baches o Huecos		
<b>7</b>	Grieta de Borde	<b>14</b>	Cruce de Vías Férreas		

**NOTA:** La medición en campo del Ahuellamiento se hará por medio de su profundidad (mm.), y para el cálculo del PCI, se considerara un área de 6.00m. x 1.20m. de superficie.