

**UNIVERSIDAD DE CHILE  
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS  
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA CIVIL**

**“FORMULACIÓN DE UNA METODOLOGÍA GENERAL PARA LA  
ELECCIÓN DE PROGRAMAS DE CONSERVACIÓN DE PAVIMENTOS  
VIALES Y SU APLICACIÓN A LA REGIÓN DE MAGALLANES”**

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

**CRISTIAN FRANCISCO CASTILLO CONTRERAS**

**PROFESOR GUÍA:  
JULIO TORREJÓN OLMOS**

**MIEMBROS DE LA COMISIÓN:  
CARLOS AGUILERA GUTIÉRREZ  
FEDERICO DELFÍN ARIZTÍA**

**SANTIAGO DE CHILE  
ABRIL 2008**

## RESUMEN

Es un hecho conocido que, por falta de conservación oportuna, el estado en que se encuentra una buena parte de los pavimentos no concesionados de nuestro país es regular o deficiente, con una tendencia que apunta más bien hacia un deterioro acelerado. Sólo una pequeña proporción se encuentra en buen estado, pero no se puede asegurar que perduren en esa condición a menos que se adopten planes de conservación adecuados.

Este estudio desarrolla una metodología que facilita la elección de programas de conservación más adecuados, para pavimentos de hormigón y asfalto. Para ello se analizan, cada uno de los factores que están involucrados en el diseño estructural, funcional y operacional de estos pavimentos. Se describen algunas metodologías que permiten establecer el estado o condición de un pavimento basados en resultados de inspecciones visuales, recopilación de antecedentes y ensayos destructivos y no destructivos. En este sentido se presenta el método PCI, actualmente poco usado en pavimentos viales de nuestro país y su complemento con el programa MicroPAVER creado para la administración de programas de conservación de pavimentos a nivel de redes.

Finalmente se realiza una aplicación de la metodología propuesta a algunos pavimentos dependientes de la dirección de vialidad de la región de Magallanes, donde a partir de datos recopilados y de una breve inspección visual realizada a la región, se recomienda programas de conservación para pavimentos asfálticos y para pavimentos de hormigón.

## INDICE

<b>1</b>	<b>CAPÍTULO 1 – INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>9</b>
1.1	LA CONSERVACIÓN DE PAVIMENTOS.....	9
1.2	ANÁLISIS CRÍTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL .....	11
1.3	OBJETIVOS .....	12
1.4	ALCANCES, EXCLUSIONES Y LIMITACIONES .....	12
<b>2</b>	<b>CAPÍTULO 2 – GESTIÓN DE PAVIMENTOS.....</b>	<b>13</b>
2.1	PAVIMENTOS DE CALZADAS EN CAMINOS.....	13
2.2	DISEÑO DE PAVIMENTOS.....	15
2.2.1	DISEÑO ESTRUCTURAL DE PAVIMENTOS .....	15
2.2.2	DISEÑO FUNCIONAL DE PAVIMENTOS.....	15
2.2.3	DISEÑO OPERACIONAL DE PAVIMENTOS.....	18
2.2.4	FORMULACIÓN DE ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE CONSTRUCCIÓN.....	19
2.2.5	FORMULACIÓN DE PROGRAMAS TEÓRICOS DE CONSERVACIÓN...	21
2.3	CONSERVACIÓN DE PAVIMENTOS.....	29
2.3.1	EVALUACIÓN TÉCNICA DE ALTERNATIVAS DE CONSERVACIÓN ..	29
2.3.2	DESCRIPCIÓN DE ALGUNAS METODOLOGÍAS USADAS EN CHILE..	39
2.4	PROCEDIMIENTOS DE MANTENIMIENTO Y REHABILITACIÓN DISPONIBLES EN CHILE.....	41
<b>3</b>	<b>CAPÍTULO 3 – SISTEMA DE ADMINISTRACIÓN DE PAVIMENTOS USANDO “MICROPAVER” .....</b>	<b>45</b>
3.1	SISTEMAS DE ADMINISTRACIÓN DE PAVIMENTOS.....	45
3.1.1	METODOLOGÍA SHRP.....	48
3.1.2	METODOLOGÍA MOP .....	49
3.1.3	METODOLOGÍA MINVU .....	53
3.2	MÉTODO MICROPAVER .....	54
3.2.1	DESCRIPCIÓN GENERAL DEL MÉTODO.....	54
3.2.2	CRITERIO DEL PCI CRÍTICO PARA ELECCIÓN DE TRABAJOS DE MANTENIMIENTO.....	58
3.2.3	IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA .....	60

3.3	METODOLOGÍA SUGERIDA DEL MÉTODO MICROPAVER ADAPTADO PARA CHILE .....	62
3.3.1	APLICACIÓN A PAVIMENTOS VIALES .....	62
3.3.2	APLICACIÓN A PAVIMENTOS AEROPORTUARIOS .....	63
<b>4</b>	<b>ANÁLISIS DE COSTOS DIRECTOS PARA LA SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS MÁS FAVORABLES .....</b>	<b>64</b>
4.1	COSTOS DIRECTOS .....	64
4.2	CRITERIOS ECONÓMICOS DE SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS .....	66
<b>5</b>	<b>APLICACIÓN PRÁCTICA DE LA METODOLOGÍA PROPUESTA PARA PAVIMENTOS DE LA DIRECCIÓN DE VIALIDAD DE LA REGIÓN DE MAGALLANES .....</b>	<b>69</b>
5.1	RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN DEL PAVIMENTO.....	71
5.1.1	RECOPIACIÓN DE ANTECEDENTES GENERALES .....	71
5.1.2	CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS .....	72
5.1.3	REGISTROS DE ANTECEDENTES DE LOS PAVIMENTOS.....	73
5.2	DETERMINACIÓN DEL ESTADO DEL PAVIMENTO .....	79
5.3	PROPOSICIÓN DE PROGRAMAS DE CONSERVACIÓN .....	87
<b>6</b>	<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>91</b>
<b>7</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>99</b>

## ANEXOS

**ANEXO 1: DESCRIPCIÓN DE FALLAS TÍPICAS EN PAVIMENTOS**

**ANEXO 2: MÉTODO PCI**

**ANEXO 3: DESCRIPCIÓN DE ALTERNATIVAS DE TRATAMIENTOS DE PAVIMENTOS**

**ANEXO 4: MICROPAVER**

**ANEXO 4.1: INGRESO Y SALIDA DE DATOS EN MICROPAVER 5.3**

**ANEXO 4.2: EJEMPLOS DE APLICACIÓN DE MODULO DE  
PLANIFICACIÓN DE OBRAS**

**ANEXO 5: EJEMPLOS DE ENTREGA DE INFORMACIÓN MEDIANTE  
PLANOS**

**ANEXO 6: DATOS RECOPIADOS DE PAVIMENTOS DE LA RED VIAL  
DE LA REGIÓN DE MAGALLANES**

## **LISTADO DE TABLAS**

Tabla 2.1 Clasificación de Trabajos en Pavimentos Existentes	Página 25
Tabla 2.2 Métodos de Evaluación de Capacidad Estructural	Página 30
Tabla 2.3 Relación entre el Índice del Estado del Pavimento y Categorías de Acciones a Aplicar	Página 35
Tabla 2.4 Clasificación Superficial de un Pavimento Asfáltico según Método PASER	Página 37
Tabla 2.5 Clasificación Superficial de un Pavimento de Hormigón según Método PASER	Página 38
Tabla 2.6 Matriz de Decisión de Alternativas de Tratamiento de Pavimento Asfáltico.	Página 43
Tabla 2.7 Matriz de Decisión de Alternativas de Tratamiento de Pavimento de Hormigón	Página 44
Tabla 3.1 Relación entre la Conservación Requerida y el Estado del Pavimento	Página 51
Tabla 3.2 Calificación del Índice de Serviciabilidad (P)	Página 54
Tabla 3.3 Clasificación de Vías Urbanas según el Volumen de Tránsito	Página 62
Tabla 3.4 Actividades de M&R según PCI y Tipo de Vía	Página 63
Tabla 4.1 Costos Directos Promedio Tratamientos para Pavimento Asfáltico	Página 65
Tabla 4.2 Costos Directos Promedio Tratamientos para Pavimento de Hormigón	Página 65
Tabla 4.3 Costos y vida esperada del tratamiento a aplicar a un pavimento de asfalto.	Página 66
Tabla 4.4 Costos y vida esperada del tratamiento a aplicar a un pavimento de hormigón	Página 67
Tabla 5.1 Evolución del Estado de la Red Vial Pavimentada de la Región de Magallanes	Página 71

Tabla 5.2 Características Climáticas Punta Arenas	Página 72
Tabla 5.3 Camino Gobernador Phillipi – Monte Aymond, tramo km 0 al 15 de la ruta CH-255	Página 75
Tabla 5.4 Registro Antecedentes Generales Pavimentos Ruta 9 - Km 0 a km 60	Página 76
Tabla 5.5 Registro de Trabajos Realizados en Ruta 9 – Tramo Km 0 a km 60	Página 77
Tabla 5.6 Registro de Trabajos Realizados en Ruta 9 – Tramo Km 0 a km 60	Página 78
Tabla 5.7 Costos Anuales de Conservación Pavimentos Asfálticos	Página 90

## LISTADO DE FIGURAS

Figura 1.1 Evolución de Costos y Ciclo Vida de un Pavimento	Página 10
Figura 2.1 Ciclo Vida de un Pavimento	Página 22
Figura 2.2 Etapas para Elaborar un Programa de Conservación	Página 26
Figura 2.3 Estándares de Conservación	Página 27
Figura 2.4 Umbrales de Intervención	Página 27
Figura 2.5 Selección de Estrategias de Conservación	Página 28
Figura 2.6 Rangos Calificación y Límites de Intervención según PCI	Página 34
Figura 2.7 Tipos de Conservación Asociados a la Curva de Deterioro	Página 41
Figura 3.1 Límites de Intervención Metodología MOP	Página 50
Figura 3.2 Relación entre ICP y el Estado del Pavimento	Página 52
Figura 3.3 Ejemplo de Modelo de Evolución del Estado del Pavimento con MicroPAVER	Página 57
Figura 3.4 Ejemplo de Interfaz Gráfica GIS de MicroPAVER	Página 58
Figura 3.5 Asignación de mantenimiento para secciones caso PCI > PCI Crítico	Página 59
Figura 3.6 Asignación de mantenimiento para secciones Caso PCI < PCI Crítico	Página 59
Figura 4.1 Cartilla de Comparación de Alternativas	Página 68
Figura 4.2 Ejemplo Comparación de Alternativas Sello de Agregados vs Microaglomerados	Página 69
Figura 5.1 Red Vial Pavimentada de la Región de Magallanes	Página 70
Figura 5.2 Evolución del Estado de la Red Vial Pavimentada de la Región de Magallanes	Página 71
Figura 6.1 Cartilla de Comparación de Alternativas	Página 92
Figura 6.2 Ficha de Recopilación de Antecedentes Generales	Página 94
Figura 6.3 Ficha de Recopilación de Evolución de la Capacidad de Funcional de un Pavimento	Página 95
Figura 6.4 Ficha de Recopilación de Trabajos Previos Realizados a un Pavimento	Página 96



# 1 CAPÍTULO 1 – INTRODUCCIÓN

## 1.1 LA CONSERVACIÓN DE PAVIMENTOS

El concepto de conservación de pavimentos no es un tema nuevo, como tampoco lo son los tratamientos que se emplean para restaurarlos. Lo nuevo son los cambios al sistema tradicional de gestión de pavimentos, que lo hacían poco rentable.

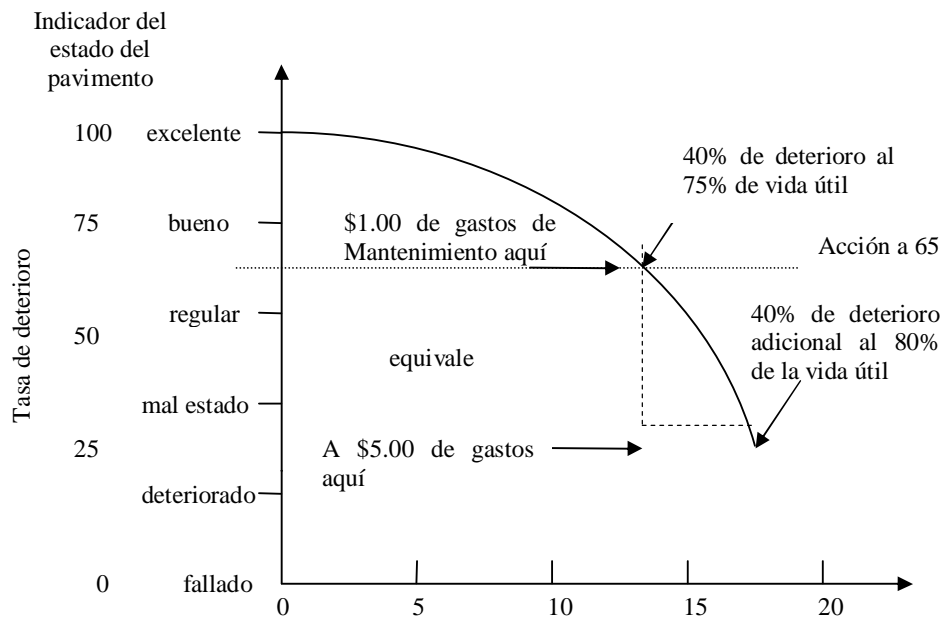
El modelo antiguo de gestión de pavimentos, ha sido reestructurado por medio de nuevas iniciativas, que se traducen en la aplicación de programas de conservación sistemáticos. Estos programas son revisados constantemente, retroalimentados y actualizados vía la adquisición de experiencia e información cuantitativa del desempeño de los pavimentos. Se ha comprobado que la vida útil de los pavimentos se puede prolongar a menor costo cuando se implementa un sistema de conservación a intervalos estratégicamente planeados. Los tratamientos de pavimentos no deben realizarse al azar, sino que se deben aplicar estratégicamente y de acuerdo a un programa que fomente la administración efectiva de la red vial (gestión de presupuesto).

La conservación de pavimentos se define como un conjunto de actividades orientadas a brindar, mantener, retardar el deterioro del pavimento usando tratamientos de bajo costo, y extender su vida útil - mejorando así su desempeño- , reduciendo las molestias para los usuarios.

Un buen modelo de gestión de una red vial debe hacer uso efectivo de recursos económicos limitados, al identificar correctamente las fallas de los pavimentos a tratar, aplicando tratamientos correctos, en el tiempo correcto, al pavimento correcto. Esto implica mayores investigaciones y conocimientos del desempeño tanto de los pavimentos como de los tratamientos aplicados.

La implementación de un sistema de conservación de pavimentos debe tener como objetivos, la conservación de la inversión de sus redes viales, proporcionar a los usuarios pavimentos más seguros, con las menores molestias e interrupciones de tránsito, debido trabajos de reparación y/o reconstrucción.

La evolución del estado de los pavimentos debe ser monitoreado constantemente. Actualmente, existen distintos procedimientos para determinar un indicador del estado de un pavimento. Estos indicadores son una cuantificación numérica que refleja el estado de un pavimento, lo clasifica de acuerdo al grado y niveles la severidad de los distintos tipos de daños presentes. La escala numérica, por lo general, es del 0 al 100, en la cual el 0 equivale a la peor condición y 100 a la mejor condición del pavimento. En la figura 1.1 se observa que el 40% de deterioro ocurre al 75% de vida útil del pavimento. Se sugiere que en este punto se debe tomar la decisión de aplicar la acción preventiva, de no haberse hecho antes, diferir esta acción dará como resultado la necesidad de rehabilitar o reconstruir el pavimento y esto es mucho más costoso.



**Fig 1.1 Evolución de Costos y Ciclo Vida de un Pavimento**

## 1.2 ANÁLISIS CRÍTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL

Es un hecho conocido que, por falta de conservación oportuna, las condiciones en que se encuentra una buena parte de los pavimentos de nuestro país son más bien de regulares a malas, al menos en lo que respecta a las carreteras que no son concesionadas. El estado general de algunos de estos es regular o deficiente, con una tendencia que apunta más bien hacia un deterioro acelerado. Sólo una pequeña proporción se halla en buen estado, pero no se puede asegurar que perduren en esa condición a menos que se adopten planes de conservación adecuados.

En general la vida de muchos pavimentos, principalmente aquellos que no pertenecen a vías concesionadas, está gobernada por el siguiente ciclo: construcción - conservación insuficiente o inexistente - degradación - destrucción - reconstrucción y así sucesivamente. La causa fundamental de este proceso deficiente y de alto costo, es la falta de conservación.

La tendencia a reemplazar, lo viejo por algo nuevo ha demostrado ser poco eficiente y de alto costo. Para algunos organismos estatales como el MINVU y el MOP, la consecuencia de aplicar este criterio había sido un gran afán por pavimentar caminos, pero un escaso interés por conservarlos. Una mala gestión de conservación de pavimentos tiene además un efecto negativo para el medio ambiente. Si bien es cierto, que no se pueden evitar los diversos daños derivados de la construcción original de un pavimento, lo que sí se puede evitar son los daños de similar magnitud que se originan en la gran cantidad de obras de reconstrucción y rehabilitación que son, a su vez, consecuencia de la deficiente gestión que presentan actualmente algunos sistemas de conservación vial.

Dos grandes causas que dan origen a esta situación son:

- Falta de financiamiento, y
- Escasa eficacia y eficiencia de los organismos encargados de los pavimentos.

La pérdida patrimonial que ocasiona el deterioro de las redes viales existentes tiene en general un costo mayor que el que se destina a construir caminos o a mejorarlos.

La tarea del pasado era construir un sistema de carreteras y caminos; la tarea de hoy es conservarlo y adaptarlo a las necesidades actuales de los usuarios. Es sabido que resulta más fácil hacer algo nuevo que conservar algo ya existente en buen estado de funcionamiento.

### 1.3 OBJETIVOS

**Objetivo General:** Proponer una metodología que permita seleccionar cual es el programa de conservación más adecuado a aplicar a un pavimento dado.

**Objetivos Específicos:**

- Establecer técnicas de diagnóstico que permitan evaluar y documentar la condición de los pavimentos de la red vial, desde los puntos de vista, operacional, funcional y estructural.
- Crear un modelo de registro de datos recopilados en cada reconocimiento.
- Formular un plan de seguimiento que permita mantener actualizada la historia de las vías, en especial de sus pavimentos.
- Aplicar la metodología propuesta a uno o varios caminos de la red vial de la Región de Magallanes

### 1.4 ALCANCES, EXCLUSIONES Y LIMITACIONES

El presente trabajo se centra en los trabajos de mantenimiento, conservación y rehabilitación de la estructura conformada exclusivamente por la carpeta de rodado, sea de asfalto u hormigón, que conforman la superestructura asociada a un pavimento. Esto debido a que de lo contrario el trabajo se tornaría mucho más extenso y el tiempo necesario para terminarlo no se ajustaría a los requerimientos del curso.

Por lo tanto se excluyen los trabajos de conservación asociados a señalización (vertical y horizontal) y saneamiento del pavimento (drenes y subdrenes).

Desde el punto de vista de los costos asociados a trabajos de conservación, este trabajo solo considera los costos directos, excluyendo totalmente los costos de operación (consumo de combustible, accidentes, demoras, costos asociados a trabajos de desvíos de tránsito durante la construcción, etc.).

## **2 CAPÍTULO 2 – GESTIÓN DE PAVIMENTOS**

### **2.1 PAVIMENTOS DE CALZADAS EN CAMINOS**

Un pavimento tiene por objetivo dotar de un sistema estructuralmente resistente a las solicitaciones que impone el tránsito, proporcionando una superficie que permita una circulación cómoda y segura a la velocidad especificada, bajo las variadas condiciones climáticas y por un periodo determinado

Las cargas que impone el tránsito son traspasadas por el pavimento hacia la subrasante mediante mecanismos que dependen de las características de los materiales que conforman las diferentes capas; dependiendo de la mecánica por la cual esas cargas alcanzan la subrasante, los pavimentos se clasifican en flexibles y rígidos o de asfalto y de hormigón respectivamente..

Los pavimentos de hormigón distribuyen las solicitaciones hacia la subrasante en un área más o menos extensa, generando tensiones relativamente bajas. Por el contrario, el concreto asfáltico se deforma más que una losa de hormigón por lo que la superficie de distribución hacia la subrasante es menor, lo que genera tensiones más altas.

Un pavimentos comienza a deteriorarse casi inmediatamente después que se ha construido y las causas se pueden deber a factores externos como son las solicitaciones de tránsito y el clima, o bien a deficiencias en los criterios de diseño adoptados, en las especificaciones técnicas de construcción, en la calidad de los materiales utilizados, el método constructivo adoptado o el control de calidad o inspección técnica realizada. El proceso de deterioro del pavimento es progresivo y puede ser de tipo estructural o funcional y dependiendo de la gestión de mantenimiento adoptada en un programa de conservación dado, este puede ser detectado a tiempo de modo de tomar las medidas necesarias que permitan que alcance la vida útil para la cual fue diseñado o extenderla

Las cargas solicitantes, repetitivas y de gran magnitud, generan tensiones que superan la fase elástica de los materiales y por consiguiente los fatigan y el paso del tiempo hace que los materiales experimentan variaciones de algunas de sus propiedades, que se manifiestan como una disminución de la capacidad para soportar tensiones.

Un pavimento bien diseñado no es el que resulta únicamente de determinar correctamente los espesores que requieren las diferentes capas que lo componen. El buen diseño resulta de considerar aquellos factores que más influyen a lo largo del ciclo de vida del pavimento, como son por ejemplo las propiedades y comportamiento de los suelos, el clima y las sollicitaciones de tránsito a que estará expuesto. Además, todo ello debe reflejarse en las especificaciones de materiales y construcción que se preparen especialmente para el proyecto y en los aspectos económicos involucrados.

La capacidad de un pavimento para soportar las sollicitaciones de tránsito, se denomina integridad estructural, en tanto que las condiciones que se refieren al estado en que se encuentra su superficie, se denomina integridad funcional.

El comportamiento funcional y estructural, están ligados entre sí; el deterioro estructural se manifiesta hasta cierto punto como una disminución de la calidad funcional, pero algunos tipos de deterioro pueden alcanzar etapas bastante avanzadas sin que el usuario lo perciba. También es posible un aumento del deterioro funcional sin que se experimente un cambio estructural significativo; como es el caso de una disminución del coeficiente de deslizamiento.

En general los distintos métodos de diseño de pavimentos relacionan la evolución funcional y estructural que experimenta el pavimento con los factores que causan el deterioro, generando procedimientos que permiten dimensionar la estructura que se requiere para satisfacer niveles de integridad (serviciabilidad) predefinidas para un periodo de tiempo determinado.

Los usuarios califican subjetivamente la calidad funcional, principalmente a través distintos aspectos como son la suavidad superficial del pavimento, la seguridad - que se refleja en la textura superficial (coeficiente de deslizamiento) - y el aspecto general de la obra.

## 2.2 DISEÑO DE PAVIMENTOS

### 2.2.1 DISEÑO ESTRUCTURAL DE PAVIMENTOS

Actualmente existen muchas metodologías de diseño estructural de pavimentos, que se pueden clasificar en los siguientes tres grupos:

#### **Teóricos**

Son aquellos métodos que asimilan o modelan la estructura del pavimento en función del estudio elástico de sistemas multicapas, sometidos a cargas estáticas. Entre ellos se encuentran los modelos de Boussinesq, Burmister, Hogg, Westergard, Peattie- Jones, Jeuffroy y Bachélez, Picket, Ivannoff, etc.

Algunos incluyen propiedades Visco-Elásticas en las capas de la estructura y problemas de carga variable.

#### **Empíricos**

Estas metodologías no utilizan los resultados de la mecánica y se limitan a una clasificación de suelos y de tipos de pavimentos más usuales.

#### **Semi-empíricos**

Llamados últimamente “Diseños Mecanicistas-Empíricos” combinan los resultados anteriores y preparan sistemas de ensayos en Laboratorio o vías de servicio. Estos métodos son los que tienen mayor difusión y son a la vez los más racionales.

Tomando esta última clasificación, la avanzada tecnológica ha permitido desarrollar técnicas que permiten diseñar la estructura del pavimento a través programas computacionales, que están permitiendo diseñar distintas alternativas de solución.

### 2.2.2 DISEÑO FUNCIONAL DE PAVIMENTOS

#### **Serviciabilidad**

El pavimento se diseña para que sirva por un determinado tiempo llamado vida de diseño, que se refiere al período durante el cual la serviciabilidad se mantiene dentro de ciertos límites; terminada la vida útil este deberá rehabilitarse.

El índice de serviciabilidad disminuye con el tiempo pues a más ejes equivalentes acumulados, peor es la serviciabilidad. Consecuentemente, la condición de un pavimento en un determinado momento, se define mediante el Índice de Serviciabilidad Presente (pa).

La ecuación de diseño del método AASHTO establece un estado de serviciabilidad inicial del pavimento (pi) y un nivel de deterioro considerado como serviciabilidad final o intolerable para transitar (pf).

### **Índice de Rugosidad (Regularidad ) del Pavimento - IRI**

La rugosidad es una medida importante del comportamiento funcional de un pavimento, y refleja cuan suave y seguro es un pavimento para los usuarios. La rugosidad puede ser provocada por irregularidades superficiales que se producen durante y después de la construcción (debido a las cargas de tránsito, los efectos climáticos y otros factores). El objetivo principal de determinar la rugosidad de un proyecto dado es obtener un perfil de rugosidad que permita identificar aquellas zonas que presentan rugosidad severa.

El indicador utilizado para medir esta parámetro es el IRI (Índice de Rugosidad Internacional) y su unidad de medida m/km ó mm/m.

Estudios realizados en diferentes partes del mundo, han propuesto distintas relaciones entre el IRI y el Índice de Serviciabilidad Presente (pa), las que, salvo excepciones, arrojan resultados bastante similares. Las relaciones establecidas en nuestro país son las siguientes (IRI en m/km ó mm/m):

$$pa = 5,85 - 1,68 IRI^{0,5}, \text{ para pavimentos flexibles}$$

$$pa = 7,10 - 2,19 IRI^{0,5}, \text{ para pavimentos rígidos}$$

donde IRI inicial < 1,5 m/km.



### **Coefficiente de Fricción**

La fricción del pavimento es una medida de la fuerza que se produce en la interface neumático – pavimento que resiste el deslizamiento por efecto de una frenada y permite a las ruedas que van girando realizar cambios de dirección al vehículo. Normalmente un pavimento seco provee la fricción suficiente para que un vehículo pueda realizar maniobras razonables. Durante una lluvia muy intensa, o cuando hay una condición de apozamiento de agua sobre la superficie pavimento, los vehículos resbalar sobre esta película de agua, debido a la pérdida de contacto del neumático con la superficie del pavimento, causando pérdida del control de manejo del vehículo una severa disminución de la acción de los frenos. Esta condición se conoce como hidropneumático.

La fricción de pavimento está influenciada por tres factores: microtextura, macrotextura y pendiente transversal.

- Microtextura es la rugosidad superficial de la capa individual de partículas de agregado para el caso de pavimentos flexibles, o la rugosidad superficial de la dureza del concreto adherido en el caso de pavimento rígidos. Contribuye a la fuerza total de fricción mediante la adhesión molecular que se produce cuando el pavimento entra en contacto con los neumáticos de un vehículo.
- Macrotextura se refiere a la textura de las capas del pavimento, la que es controlada por el tamaño de las capas de agregado en el caso de pavimentos flexibles, y por la textura superficial en los pavimentos rígidos. Contribuye a la fuerza de fricción total a través de la histéresis por deformación de la goma del neumático, y mejora el contacto con el pavimento al proveer de canales superficiales de escape del agua en el interface pavimento-neumático.
- La pendiente transversal reduce el espesor de película de agua al permitir el drenaje (escurrimiento) superficial, reduciendo de esta manera la probabilidad de hidropneumático.

En lo que respecta a la fricción o resistencia al deslizamiento de un pavimento, se considera la condición más desfavorable aquella en la que este se encuentra mojado.

Su medida y estudio es fundamental sobre todo en carreteras de alta intensidad de tránsito. La fricción se determina de forma indirecta midiendo el coeficiente de rozamiento entre el pavimento artificialmente mojado y un neumático especial.

También se puede considerar de forma indirecta, al medir la textura del pavimento con ayuda de técnicas como el cono de arena.

El valor del coeficiente de fricción depende de una serie de factores, algunos inherentes a la carretera, mientras que otros son responsabilidad del usuario (como la velocidad y el estado de los neumáticos) o de la naturaleza (lluvia, nieve, hielo sobre la carpeta, etc.). La medida de la fricción está en función de la velocidad y cantidad de agua que exista sobre el pavimento, además del tipo y del estado del pavimento.

Al igual que otras características superficiales, los niveles de fricción de un pavimento evolucionan con el tiempo como consecuencia del pulido de la superficie por la acción repetida de las llantas de los vehículos.

Esta acción será más o menos intensa dependiendo del tipo de agregado utilizado. Por lo tanto, es necesario determinar periódicamente la resistencia al deslizamiento mediante equipos que determinen el coeficiente de fricción.

### 2.2.3 DISEÑO OPERACIONAL DE PAVIMENTOS

El diseño operacional de pavimentos tiene relación con el tipo de uso que tendrá el pavimento (tipos de vehículos que usarán el pavimento y volúmenes de tránsito) y la vida de diseño proyectada.

En el caso de pavimentos viales urbanos, las vías pueden dividirse en:

- Vías principales: destinadas a satisfacer altos volúmenes de tránsito, con un diseño esperado de entre 15 y 20 años.
- Vías colectoras: destinadas a satisfacer volúmenes de tránsito medio, con una vida esperada de entre 20 y 25 años.

- Vías residenciales: destinadas a satisfacer bajos volúmenes de tránsito, con una vida esperada entre 20 y 25 años.

Otra categorización puede estar relacionada con la importancia de las vías en: Clase A, Clase B y Clase C (Red Vial Básica), Clase D (Red Vial Comunal Primaria) y Clase E (Red Comunal Secundaria).

En la generalidad de los casos, las vías no estructurantes según la Ordenanza del Plan Regulador Metropolitano de Santiago, tienen un tránsito inferior a  $1 \times 10^6$  EE, por tanto su diseño estructural se basa en la metodología mecanicista. Por el contrario, las vías contempladas en el Plan (Metropolitanas, troncales y colectoras) deben diseñarse con la metodología ASSHTO, pudiendo verificarse con la metodología mecanicista.

El método de diseño ASSHTO considera dentro de sus parámetros para determinar el espesor del pavimento, el coeficiente de diseño (R), el cual varía según el tipo de vía de acuerdo a la siguiente clasificación:

- |                              |     |
|------------------------------|-----|
| - Vías metropolitanas        | 80% |
| - Vías troncales             | 75% |
| - Vías colectoras            | 60% |
| - Vías de servicio y locales | 50% |

En el caso de pavimentos aeroportuarios el diseño operacional define por lo general tres tipos de vías, la pista de aterrizaje, las calles de rodaje y la plataforma de estacionamiento de aviones. El diseño estructural asociado a cada uno de estos elementos es totalmente diferente.

#### 2.2.4 FORMULACIÓN DE ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE CONSTRUCCIÓN

Las especificaciones técnicas de construcción, mantenimiento y rehabilitación de pavimentos deben establecer de forma precisa y clara, los requisitos y estándares de calidad, y describir los procedimientos de ejecución de estos trabajos. Todo esto

considerando las variables medio ambientales del lugar donde se realizarán las obras, de manera de minimizar el daño al medio ambiente.

La inspección de los trabajos, el muestreo de materiales y las pruebas de laboratorio son procedimientos de control de calidad, destinados a hacer cumplir las especificaciones técnicas.

El control de calidad recae principalmente en el supervisor de los trabajos, quien debe controlar, revisar, observar y registrar las actividades de construcción, mantenimiento y rehabilitación en ejecución. Sus funciones incluyen:

- Garantizar el cumplimiento de las especificaciones técnicas y las reglas del buen arte, para el diseño y ejecución de los trabajos.
- Efectuar la medición y valorizar los trabajos apropiados para su pago, y llevar un control del avance de los mismos.
- Registrar la información recopilada durante la etapa de ejecución, que será de utilidad en el futuro para establecer la eficiencia y productividad de los procedimientos, y de las soluciones adoptadas.

Muchas etapas del proceso constructivo pueden vigilarse por simple observación, resultando más sencillo y económico que un intenso muestreo y ensayos finales que puedan poner en evidencia dichos aspectos. Un ejemplo característico es el control de compactación de los bacheos, para el cual puede establecerse un número mínimo de pasadas de rodillo que asegure un nivel de compactación adecuado, en vez de tener que efectuar ensayos de densidad en cada uno de los baches.

El control de calidad comprende tanto materiales, equipos y procesos constructivos, siendo necesario establecer los parámetros relevantes de cada actividad o etapa.

## 2.2.5 FORMULACIÓN DE PROGRAMAS TEÓRICOS DE CONSERVACIÓN

### **Factores que Afectan la Vida del Pavimento**

Algunos de los factores que mayor incidencia tienen en la vida de un pavimento son:

- Diseño
- Calidad de materiales
- Calidad de la construcción
- Volumen de tráfico y carga de ejes
- Geometría de la vía
- Edad del pavimento
- Condiciones ambientales
- Políticas de mantenimiento

### **Estado del Pavimento**

Un pavimento existente se puede clasificar, según su estado, como:

**Muy bueno:** Pavimentos nuevos o en uso que presentan muy pocos o nada de defectos.

**Bueno:** Pavimentos en su mayor parte libres de defectos, que sólo requieren un mantenimiento de rutina y eventualmente algún tipo de tratamiento superficial.

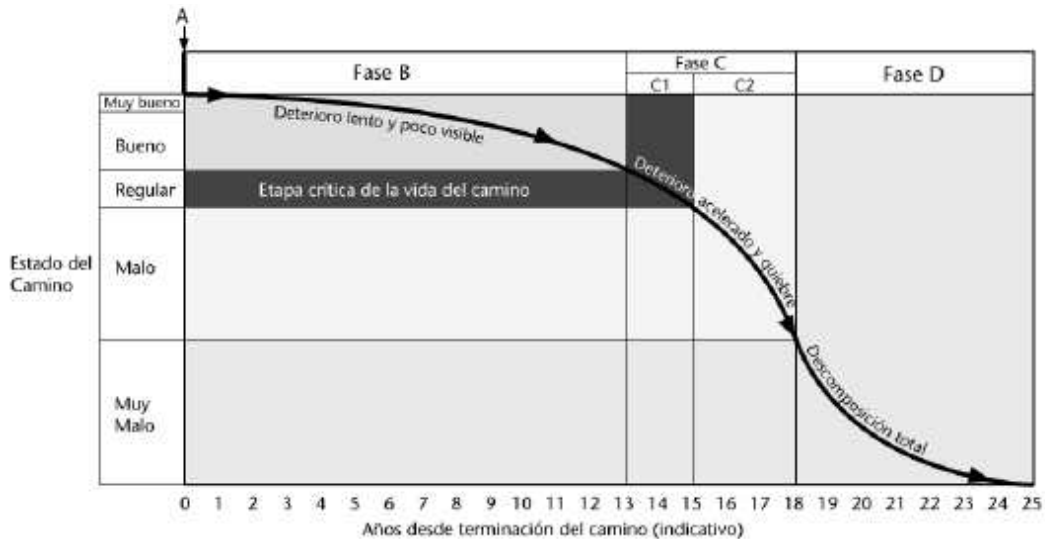
**Regular:** Pavimentos con defectos superficiales y reducción de su capacidad estructural. Requieren renovación o refuerzo superficial, sin necesidad de demoler la estructura existente.

**Malo:** Pavimentos que presentan defectos estructurales y que requieren rehabilitación inmediata, previa demolición parcial de los tramos deficientes.

**Muy malo:** Pavimentos que presentan graves defectos en su estructura y que requieren una reconstrucción, previa demolición de una gran parte de la estructura existente.

## El Ciclo de Vida del Pavimento

De acuerdo a la experiencia adquirida a lo largo de los años, se ha podido generar una curva que representa el ciclo de vida “normal” de un pavimento al que no se aplica ningún tipo de mantenimiento desde que se construyó. Este ciclo refleja el estado del pavimento y puede separar en cuatro fases, tal como se muestra en la siguiente figura:



**Fig 2.1 Ciclo Vida de un Pavimento**

**Fase A. Fin construcción.** Corresponde al momento en que el pavimento entra en servicio, apenas terminada la obra (punto A del gráfico).

**Fase B. Deterioro lento y poco visible.** Con el paso del tiempo, el pavimento va experimentando un desgaste y un proceso de debilitamiento lento, principalmente en su superficie y en menor grado, en el resto de la estructura. Esto debido a la cantidad de vehículos que circulan por él, por influencia del clima, las lluvias o las aguas superficiales, la radiación solar, los cambios de temperatura, y otros factores. La velocidad de evolución de los deterioros depende también de la calidad de la construcción inicial. Para frenar este proceso de desgaste y debilitamiento, es necesario aplicar, con cierta frecuencia, diferentes medidas de conservación, principalmente en el pavimento y en las obras de drenaje. Además, hay que efectuar las operaciones rutinarias de mantenimiento. En caso de que la conservación durante este período sea

baja, o prácticamente nula, el período de desgaste lento y poco visible, en lugar de durar 10 ó 15 años, dura sólo entre 6 y 8 años.

Durante toda esta fase, 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.

**Fase C. Deterioro acelerado y quiebre.** Después 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 fase, la estructura básica del pavimento aún sigue intacta, las fallas en la superficie son menores, y el usuario tiene la impresión de que el pavimento aún se mantiene bastante sólido.

Avanzando un poco más en esta fase, se pueden observar cada vez más daños en la superficie del pavimento y comienza a deteriorarse la estructura básica, que no siempre es visible. Es decir, cuando el pavimento presenta graves fallas que se pueden detectar a simple vista, se puede asegurar que la estructura básica del también está seriamente dañada. Estos daños comienzan siendo puntuales, y luego se van extendiendo hasta que finalmente afectan la mayor parte del pavimento. Esta fase es relativamente corta. Una vez que el daño de la superficie se generaliza, la destrucción es acelerada.

Al inicio de la fase C (sector C1 del gráfico), normalmente basta con mejorar la superficie del pavimento, lo que supone un costo relativamente bajo. Una vez efectuado el tratamiento adecuado, el pavimento vuelve a estar apto para su función y puede resistir al tránsito durante una buena cantidad de años más. Sin embargo, como al comienzo de esta fase las fallas no son detectables a simple vista y la marcha del vehículo no es muy incómoda, generalmente no se interviene en el momento preciso, y el deterioro se agudiza.

Una vez que el pavimento entra en el sector C2 del gráfico, significa que ya se ha dejado pasar el momento óptimo de intervención, y una simple mejora superficial ya no es suficiente. Primero deben repararse los daños que se han producido en la estructura básica del pavimento, lo que puede significar, demoler y levantar las partes dañadas, reemplazándolas por componentes nuevos. Cuanto más se atrase la intervención,

mayores serán los daños y mayores también las reparaciones necesarias. Frecuentemente se utiliza el término “rehabilitación” cuando se alude a la combinación de reparaciones parciales en la estructura básica del camino con el refuerzo de su superficie. Si no se realizan labores de conservación durante el desarrollo de esta fase, se produce una falla generalizada, tanto del pavimento como de la estructura básica. Los vehículos siguen circulando, y aunque al principio lo hacen sin ningún problema, paulatinamente los usuarios van experimentando una cantidad creciente de molestias a causa de las irregularidades de la superficie: hoyos, grietas, depresiones y deformaciones, entre otras.

Al finalizar la fase C y durante la fase D, sólo cabe reconstruir completamente el camino, a un costo que puede equivaler a entre 50% y 80% del valor de un pavimento completamente nuevo.

**Fase D. Descomposición total.** La descomposición total del pavimento constituye la última etapa de su existencia y puede durar varios años. Durante ese período, lo primero que se observa es la pérdida de pavimento. Cada vez que pasa un vehículo pesado se desprenden trozos de su superficie, hasta que al final termina siendo un pavimento pulverizado. El paso de los vehículos se dificulta, la velocidad promedio de circulación baja bruscamente y la capacidad del camino queda reducida a sólo una fracción de la original. Los vehículos comienzan a experimentar daños en los neumáticos, ejes, amortiguadores y en el chasis. En general los costos de operación de los vehículos suben de manera considerable y la cantidad de accidentes graves también aumenta.

### **Tipos de Trabajos en Pavimentos Existentes**

Los trabajos que se pueden realizar a un pavimento existente, son de diverso tipo y su elección depende del objetivo que se busque. En la siguiente tabla se entrega una clasificación general de estos trabajos:



**Tabla 2.1 Clasificación de Trabajos en Pavimentos Existentes**

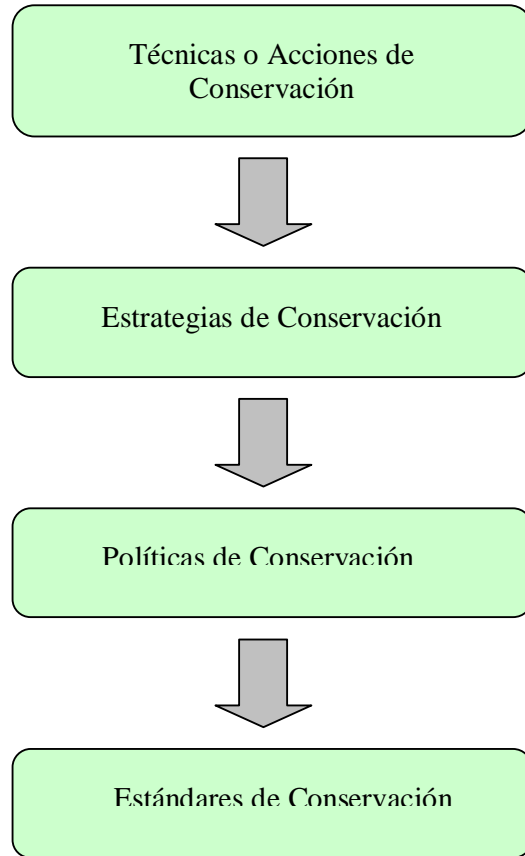
<b>Tipo de Actividad</b>	<b>Aumentar Capacidad</b>	<b>Aumentar Resistencia</b>	<b>Reducir Envejecimiento</b>	<b>Restaurar Serviciabilidad</b>
Nueva Construcción	X	X	X	X
Reconstrucción	X	X	X	X
Rehabilitación Mayor		X	X	X
Recapado Estructural		X	X	X
Rehabilitación Menor			X	X
Conservación Preventiva			X	X
Conservación Rutinaria				X
Conservación Correctiva				X
Conservación Emergencia				X

### **Etapas de un Programa de Conservación**

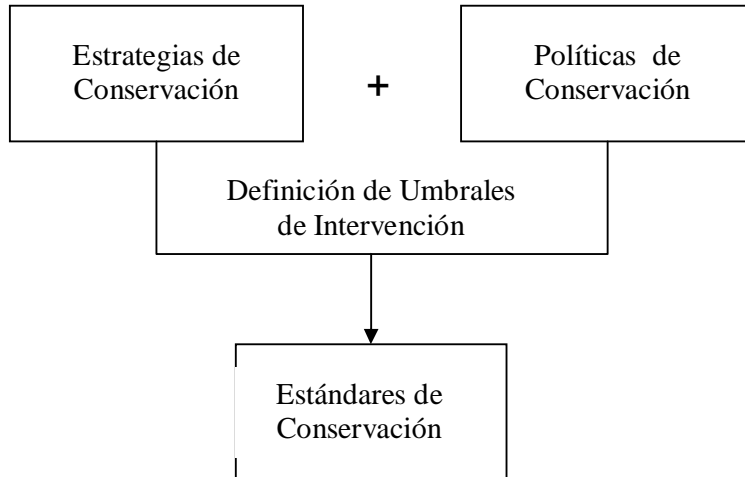
Poder establecer un programa de conservación eficaz y adecuado para cada tipo de pavimento requiere que siempre se desarrollen en alguna medida, al menos las cuatro actividades que se muestran en la figura 2.2, y cuyas etapas se describen a continuación:

- **Técnicas de Conservación:** Son acciones aplicadas al pavimento con el objeto de mejorar una característica específica del mismo (regularidad, deterioro superficial, fricción, capacidad estructural, etc.)
- **Estrategias de Conservación:** Conjunto de técnicas de conservación aplicadas al pavimento con el objeto de mejorar su condición funcional y/o estructural. Para poder determinar las estrategias más adecuadas es muy útil seguir el flujograma mostrado en la figura 2.5.
- **Políticas de Conservación:** Se definen y establecen cómo se van a aplicar en el tiempo las estrategias o técnicas de conservación. Estas pueden obedecer a una intervención programada o a una intervención por condición de respuesta (aparición de fallas).

- **Estándares de Conservación:** Establecidas las estrategias y políticas de conservación a aplicar de deben definir los umbrales de intervención, lo que lleva a la determinación de los estándares de conservación a aplicar.

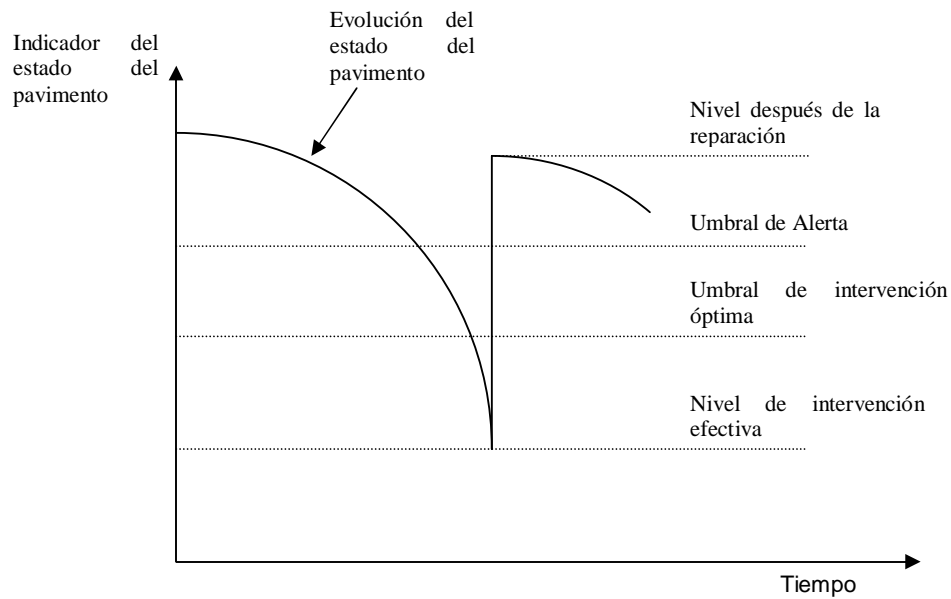


**Fig 2.2 Etapas para Elaborar un Programa de Conservación**

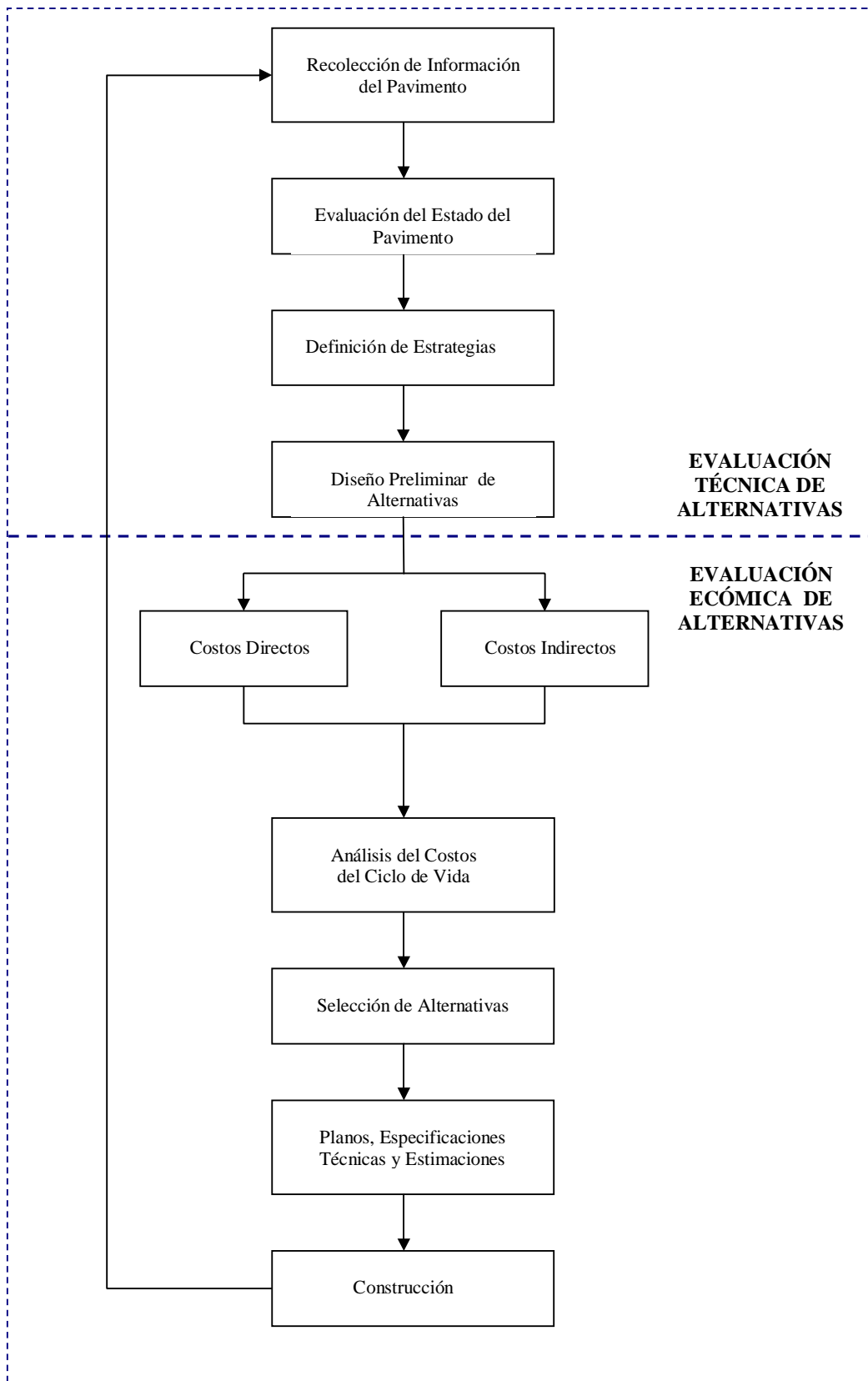


**Fig. 2.3 Estándares de Conservación**

La siguiente figura muestra un posible esquema de umbrales de intervención a aplicar a un pavimento, de acuerdo al ciclo de vida del pavimento.



**Fig. 2.4 Umbrales de Intervención**



**Fig. 2.5 Selección de Estrategias de Conservación**

## 2.3 CONSERVACIÓN DE PAVIMENTOS

### 2.3.1 EVALUACIÓN TÉCNICA DE ALTERNATIVAS DE CONSERVACIÓN

#### **Recolección de Información del Pavimento**

Antes de proceder a la toma de decisión sobre la metodología de investigación a utilizar en un proyecto en particular, debe realizarse un análisis de toda la información disponible, la información con la cual se podría contar, es la siguiente:

- El diseño del pavimento original.
- Los espesores de las capas construidas, junto con cualquier cambio en los diseños especificados del pavimento.
- Los resultados de los procesos y los ensayos de control de calidad desarrollados durante la construcción; y
- La calidad de los materiales disponibles en canteras y zonas locales.
- La planimetría.
- Los niveles, finales del pavimento y de umbrales.
- Detalles del sistema pluvial; cotas, secciones, cuencas, etc.

Debe recopilarse en general la mayor cantidad de información disponible sobre el tráfico, con el objeto de determinar:

- Conteos de tráfico históricos y actuales;
- Porcentaje de vehículos pesados;
- Cargas por eje; y
- Estadísticas de sobre cargas de los vehículos.

## **Evaluación de la Capacidad Estructural del Pavimento**

La capacidad estructural de un pavimento se refiere a la capacidad que este tiene de soportar las cargas de tránsito presente y las futuras. La evaluación estructural del pavimento, tiene por objeto la cuantificación de la capacidad estructural que tienen las distintas capas que componen la estructura del pavimento. La falta de capacidad estructural, genera en el corto plazo agrietamiento por fatiga, lo que se traduce en el mediano plazo en deformaciones permanentes.

Conocer la capacidad estructural de un pavimento provee de valiosa información para la selección y diseño de alternativas de conservación y rehabilitación confiables y eficientes. A continuación se comparan algunas metodologías utilizadas de evaluación estructural de pavimentos:

**Tabla 2.2 Métodos de Evaluación de Capacidad Estructural**

<b>Procedimiento</b>	<b>Ventajas</b>	<b>Desventajas</b>
Viga Benkelman	Aparato simple para medir deflexiones. Es de bajo costo. No altera el pavimento	Bajo rendimiento. Mide solamente deflexión máxima
Deflectómetro	Alto rendimiento. No altera el pavimento	Alto costo. Solo la deflexión máxima es utilizable como parámetro de evaluación estructural
Dynalect	Alto rendimiento. No altera el pavimento. Mide deflexiones en varios puntos del cuenco.	Alto costo. Poco preciso
Falling Weight Deflectometer	Alto rendimiento. No altera el pavimento. Mide deflexiones en varios puntos del cuenco. Buena precisión.	Alto Costo.
Vida Remanente	Simple y de bajo costo cuando se cuenta con la información necesaria	Dificultad para estimar el tránsito a la fecha.
Calicatas	Evalúa en forma real las propiedades de los materiales de las capas del pavimento.	Bajo rendimiento. Alteración del pavimento

<b>Procedimiento</b>	<b>Ventajas</b>	<b>Desventajas</b>
Extracción de Testigos	Evalúa en forma real las propiedades de los materiales de las capa de rodado. Alteración mínima del pavimento	Solamente aplicable a materiales superficiales
Placa de Carga	Evalúa en forma real la capacidad de soporte de la capas del pavimento	Alteración significativa del pavimento. Alto costo. Muy bajo rendimiento
Penetrómetro	Evalúa en forma real las propiedades de los materiales granulares del pavimento y sub rasante. Alteración mínima del pavimento	Solamente aplicable a capas granulares y suelos finos.

Fuente: Ministerio de Vivienda y Urbanismo

### **Evaluación de la Capacidad Funcional del Pavimento**

- **Medición del Índice de Rugosidad Internacional - IRI**

Dentro de las metodologías utilizadas para de determinar el IRI se destacan el rugosímetro MERLIN (acrónimo de la terminología inglesa Machine for Evaluating Roughness using low-cost Instrumentation), basándose en el principio del perfilómetro estático, con el objetivo de obtener un equipo de bajo costo, fácil manejo y un método de análisis simple con resultados confiables

A pesar de la gran exactitud de los resultados que proporciona el MERLIN, sólo superada por la exactitud que proporciona el método topográfico, la desventaja del equipo es su bajo rendimiento si se compara con los rugosímetros dinámicos automatizados, tales como: el Bump Integrator, Mays Meter, Perfilómetro Laser, etc.

- **Coefficiente de Fricción**

Uno de los equipos más sencillos, que proporcionan una medida adecuada del coeficiente de resistencia al deslizamiento, es el péndulo del TRRL (Transport and Road Research Laboratory)

## **Índice de Condición del Pavimento**

Una de las acciones más utilizadas actualmente para definir programas de conservación de pavimentos y sus tratamientos asociados, toma como base los datos obtenidos de la inspección visual del pavimento, debido principalmente a su rapidez de ejecución y los bajos costos asociados..

La inspección visual de un pavimento tiene por objetivo contar con información que permita determinar, mediante algún indicador, en que parte de la curva de ciclo de vida se encuentra el pavimento en estudio. Para ello, dependiendo del método de inspección utilizado, se establecen sectores de pavimento homogéneos a inspeccionar, y se registran los tipos de deterioros observados, su nivel de severidad (bajo, medio o alto) y su cantidad (densidad).

En el año 1993 la SHRP (Strategic Highway Research Program) publicó en EEUU el documento “Distress Identification Manual for the Long-Term Pavement Performance Project” (SHRP-P-338) donde se establecen los tipos de deterioro, los niveles de severidad y la forma en que deben medirse. El año 2000 la dirección de vialidad del MOP emitió el anexo “Catálogo de Deterioro de Pavimentos” al volumen N°7 “Mantenimiento Vial” del Manual de Carreteras”, documento destinado a facilitar y uniformizar criterios y procedimientos para la identificación y recolección de información relacionada con deterioros, y orientado fundamentalmente a las labores de conservación y mantenimiento vial.

En el Anexo 1 se identifican y describen los deterioros más frecuentes que se pueden encontrar durante un trabajo de inspección en pavimentos de hormigón y de asfalto.

Estos deterioros se pueden dividir además según su origen y el tipo de falla que provocan, lo que permite en definitiva determinar de manera más precisa las técnicas y trabajos a aplicar. A continuación se indican algunos casos más comunes:

A continuación se describe el método desarrollado por el cuerpo de ingenieros de estados unidos y que se conoce como método PCI (Pavement Condition Index), el cual



relaciona los datos obtenidos de la inspección visual con la condición estructural y funcional en que se encuentra el pavimento.

- **Método PCI del Cuerpo de Ingenieros de EEUU**

Este método fue desarrollado por el cuerpo de Ingenieros de la Armada de EEUU y busca predecir de manera confiable la condición de un pavimento utilizando como indicador del estado de pavimento el llamado “PCI” (Pavement Condition Index).

El PCI es un índice numérico, que se va desde 0 para pavimentos totalmente deteriorados (fallados) hasta 100 para pavimentos en perfectas condiciones. El cálculo del PCI se basa en los resultados obtenidos de la inspección de visual del pavimento.

El método PCI opera reconociendo los deterioros tipificados, que se encuentran presentes en los pavimentos inspeccionados, determinando para cada uno de ellos su nivel de severidad y densidad o cantidad.

El método PCI es de fácil implementación y no requiere de herramientas especializadas y permite obtener una percepción clara del origen de los daños observados en los pavimentos inspeccionados, y su relación con efectos producto de cargas de servicio o factores climáticos y durabilidad.

Dependiendo del valor obtenido del valor del PCI, un pavimento se puede clasificar de acuerdo con la escala mostrada en la figura 2.6. La escala de colores permite además generar planos de PCI que mediante escala permiten visualizar de manera inmediata el estado de los distintos pavimentos que conforman una red.

Como herramienta adicional para facilitar los procedimientos de determinación del indicador PCI, se destaca el uso del software MicroPAVER que se especializa en gestión de pavimentos. Este software es capaz de analizar la información de deterioros registrada en terreno y realizar la determinación del indicador PCI para redes viales. En el siguiente capítulo se hace una descripción más detallada de las aplicaciones de este software.



**Fig 2.6 Rangos de Calificación y Límites de Intervención según PCI**

Una vez que se ha logrado determinar el estado estructural y funcional del pavimento es posible establecer los tratamientos a aplicar en cada caso, programar y estimar los trabajos a realizar, y de esta manera definir un programa de conservación, el cual en base a los resultados podrá irse modificando y mejorando a lo largo del tiempo.

Este método es muy fácil de aplicar, pero es muy extenso para ser explicado como parte de este trabajo, por esta razón ha sido incluido como parte del Anexo 2 un documento que explica en detalle la aplicación de este método.

Este método relaciona los valores numéricos obtenidos con el punto de la curva de vida en que se encuentra un pavimento inspeccionado y las posibles acciones a realizar, según lo que se indica en la siguiente tabla:

**Tabla 2.3 Relación entre PCI y Categorías de Acción a Aplicar**

<b>Rango del Índice de Condición del Pavimento</b>	<b>Categoría de Acción</b>	<b>Descripción</b>
100 – 85	Conservación Rutinaria/ Mantenimiento Mínimo	Pavimento en muy buena condición; no requiere acciones de mantenimiento correctivo inmediatas; ocasionalmente pueden requerir acciones de mantenimiento mínimo preventivo.
85 – 60	Mantenimiento Correctivo	Pavimento en buena condición, con fallas incipientes que requieren acciones de mantenimiento correctivas inmediatas y/o en el corto plazo.
60 – 40	Mantenimiento Intensivo/Mayor	Pavimento en condición regular, con fallas evidentes que requieren acciones de mantenimiento correctivo frecuentes y probablemente una rehabilitación a mediano plazo. Comprende los siguientes tipos de acción: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mantenimiento correctivo mayor.</li> <li>• Sellado de superficie</li> <li>• Recapado delgado</li> </ul>
40 – 25	Rehabilitación – Refuerzo Estructural	Pavimento en condición deficiente, con fallas en proceso de generación y evolución, que requieren una rehabilitación en el corto plazo para evitar la generalización de daños irreversibles.

Fuente: Elaboración Propia

- **Método de Evaluación Superficial del Pavimento**

La siguiente metodología se basa en un método general de inspección de pavimentos conocido como PASER (Pavement Surface Evaluation and Rating System). Este es un método que clasifica el estado de un pavimento solo por sus condiciones superficiales. Los deterioros que considera, dependen si la superficie del pavimento es de asfalto o de hormigón. Es un método muy rápido, fácil y de bajo costo y entrega una buena primera aproximación del estado general de un pavimento. A continuación se describe como este método clasifica los pavimentos asfálticos y de hormigón.

Para pavimentos asfálticos considera las siguientes cuatro categorías de deterioro:

- **Defectos superficiales:** Desgaste, pulido, exceso de asfalto.
- **Deformación superficial:** Ahuellamiento, deformación – corrugamiento, depresiones, asentamiento, hinchamiento por congelamiento
- **Grietas:** Térmicas, por reflexión, por resbalamiento, en juntas y bordes, en bloque y piel de cocodrilo
- **Parches y Hoyos** (popouts)

Para pavimentos de hormigón los deterioros considerados son los siguientes:

- **Defectos superficiales:** Pulido, mapa de fisuras, agujeros (pop-outs), desconche, escalonamientos
- **Juntas:** Longitudinales y transversales
- **Grietas:** Losas quebradas, grietas tipo D, grietas de esquina, grietas diagonales y grietas transversales.
- **Deformación:** Asentamiento o hinchazón, sopladuras, fallas, reparaciones, baches.

La clasificación del estado pavimento se asigna según lo indicado en las siguientes tablas:

**Tabla 2.4 Clasificación Superficial de un Pavimento Asfáltico según Método PASER**

<b>Clasificación Superficial</b>	<b>Deterioro Visible *</b>	<b>Condition General / Medidas de Tratamiento</b>
<b>5 Excelente</b>	Ninguno, o grietas térmicas incipientes, todas angostas (menores de 1/8")	Pavimento nuevo menos de 5 años de edad. No requiere mantenimiento, o bien solo es necesario sellar algunas grietas aisladas.
<b>4 Buena</b>	Presenta grietas térmicas, en general espaciadas a más de 50'. Menos del 10% de las grietas y juntas necesitan sello. Desgaste mínimo. No presenta distorsión. Parches en buenas condiciones	Riego de sellado reciente o pavimento con más 5 años de antigüedad. Sellar de grietas y juntas abiertas y reemplazar material sellante donde sea necesario.
<b>3 Razonable</b>	Desgaste moderado. Grietas térmicas y juntas en general espaciadas a menos 50'. Sellado de grietas o reparación de material sellante entre 10%-25% de las grietas y juntas. Grietas de borde a lo largo del 10% o menor, de los bordes del pavimento. Patrón de grietas en bloque Block con grietas espaciadas entre 6'-10'. Grietas de piel de cocodrilo aisladas y parches parches en regular estado. Distorsiones menores y grietas por asentamiento menores a 1".	Sellar grietas y juntas abiertas. Reemplazar material sellante en malas condiciones. Aplicar nuevo tratamiento superficial o un recapado delgado. Parches menores y reparación de juntas
<b>2 Pobre</b>	Gran presencia de grietas térmicas. Grandes grietas y juntas con desprendimiento de material en la grieta. Deterioro en más del 25% de las grietas. Grietas de borde por sobre el 25% de los bordes del pavimento. Grietas en bloque espaciadas a 5' o menos. Grietas de piel de cocodrilo o parches menores que cubren hasta el 20% del área superficial. Distorsión o asentamiento entre 1"-2".	Es necesario el sellado de grietas y además parchar y reparar hasta un 25% de la superficie del pavimento. Recapar de toda el área con un recapado estructural.
<b>1 Mala</b>	Agrietamiento severo y extensor con desgaste y deterioro, Grietas tipo piel de cocodrilo y agujeros por sobre el 20 % del área. Distorsión superior a 2".	La condición del pavimento puede estar limitando el servicio. Es necesaria la reconstrucción.

\* : Un sector de un pavimento puede tener solo uno o dos tipos de deterioro.

**Tabla 2.5 Clasificación Superficial de un Pavimento de Hormigón según Método PASER**

<b>Clasificación Superficial</b>	<b>Deterioro Visible *</b>	<b>Condition General / Medidas de Tratamiento</b>
<b>5 Excelente</b>	Ninguno	Pavimento nuevo o bien rehabilitado recientemente. Pavimento nuevo menos de 5 años de edad. No requiere mantenimiento
<b>4 Buena</b>	Fisuras o grietas selladas de ancho menor o igual a 1/8". Fisuración en mapa. Agujeros	Pavimento con más 5 años de antigüedad. Signos de desgaste. Reparaciones menores de sellado de fisuras y de juntas
<b>3 Regular</b>	Algunas losas agrietadas. Grietas de esquina en una gran número de losas, espaciadas a menos de 1/4" sin desconche. Gran parte de los sellos en buenas condiciones, menos del 10% requiere reemplazo. Parches en buenas condiciones. Agrietamiento superficial o desconche en menos del 10% de la superficie total. Losas fisuradas, de desconche y pérdida de material importante.	Primeras señales de agrietamiento significativo de las losas, grietas de esquina, desconche y fallas superficiales. Presencia importante de parches. Se requiere reparación de sello de juntas y reparaciones aisladas de juntas y/o parches
<b>2 Pobre</b>	Gran cantidad de losas agrietadas, algunas de ellas quebradas en dos o más partes. Grietas mayores a 1/8" o grietas con desprendimiento de material. Presencia de grietas tipo D. Más del 10% de las juntas tiene con material sellante en mal estado. Parches en estado regular con algunas grietas y desprendimiento superficial.	Es necesario reemplazar el material sellante en más del 10% de las juntas y grietas. Reparación, parcial o total de las juntas, reemplazo de parches. Reemplazar o recapar losas que presentan problemas superficiales severos.
<b>1 Mala</b>	Gran cantidad de grietas, con falla en su sello y presencia de pasto. Losas extremadamente dañadas, muchas grietas de esquina con desprendimiento de material. Parches en malas condiciones, gran nº	Reparación total de juntas, reemplazo de losas. Parches extensos, recapado total del pavimento. Reconstrucción total

\* : Un sector de un pavimento puede tener solo uno o dos tipos de deterioro.

### 2.3.2 DESCRIPCIÓN DE ALGUNAS METODOLOGÍAS USADAS EN CHILE

Los programas de conservación y mantenimiento de pavimentos deben estar en función de la vida útil de proyecto, el desarrollo futuro del tránsito, la condición estructural del pavimento existente, las condiciones de la superficie de rodamiento, la seguridad (estadísticas de accidentes en la vialidad), y de los costos asociados.

La conservación de un pavimento puede ser de diferentes tipos, desde renovaciones superficiales a base de riegos asfálticos de rejuvenecimiento, reemplazo de losas, construcción de sobrecarpetas, hasta reconstrucciones integrales.

Al definir un programa de conservación para un determinado pavimento, se debe considerar además el efecto que produce en el funcionamiento global la vía, la realización de cada tipo de tratamiento o reparación posible a fin de llevar el pavimento a niveles de funcionalidad aceptables. De esta manera se debe considerar el costo asociado por cerrar una o más pistas de un camino como factor a considerar en las políticas conservación y mantenimiento globales que se analizarán.

Los planes de conservación no sólo deben responder al estado de los pavimentos, sino que deben incorporar en su metodología aspectos fundamentales cómo abordar las distintas reparaciones debido principalmente al impacto que trae consigo la ejecución de los trabajos que requieren los pavimentos para ser mantenidos en niveles de funcionalidad y operabilidad aceptables y seguras.

El tipo de conservación a aplicar puede estar basado en la ocurrencia de fallas o bien en la curva de deterioro del pavimento.

#### 2.3.2.1 CONSERVACIÓN ASOCIADA A LA OCURRENCIA DE FALLAS

Este tipo de conservación puede ser de tipo preventiva y/o correctiva.

La conservación preventiva considera trabajos que buscan minimizar o evitar la aparición de deterioros o fallas en el pavimento. Un programa de conservación preventiva busca extender la vida de un pavimento aplicando tratamientos de bajo costo.

Esta debe llevarse a cabo a intervalos de tiempo regulares de manera de conservar la condición del pavimento a lo largo de la vida útil o bien extenderla. Mejorar la superficie del pavimento y conservar la serviciabilidad son elementos claves de un programa de conservación preventiva. Los tratamientos de conservación preventiva deben además ser fáciles de ejecutar de manera de minimizar la interrupción del tránsito y además deben considerar la reducción de la cantidad de agua que se infiltra a la estructura del pavimento de manera de protegerlo, disminuir su tasa de deterioro y corregir las deficiencias superficiales. Los proyectos de conservación preventiva no incluyen: la reconstrucción de pavimentos, mejoras en las operaciones de tránsito, mejoramientos en la seguridad, o cualquier actividad que aumente significativamente la capacidad estructural de un pavimento existente.

Su aplicación considera la ejecución de inspecciones visuales sistemáticas, la creación de archivos y procedimientos, ajustes y retroalimentación de información, evaluación periódica de resultados y la realización de obras preventivas en infraestructura y drenaje.

La conservación correctiva considera un conjunto de acciones que buscan restaurar un pavimento ya dañado. En este caso el deterioro del pavimento se debe por lo general a la no implementación de planes de conservación preventiva, o por la ocurrencia de situaciones anormales (catástrofes naturales) o por deficiencias no previstas del pavimento. En este caso las acciones a tomar pueden depender de diversos factores, tales como la gravedad de las fallas, la disponibilidad de financiamiento o incluso a estrategias políticas.

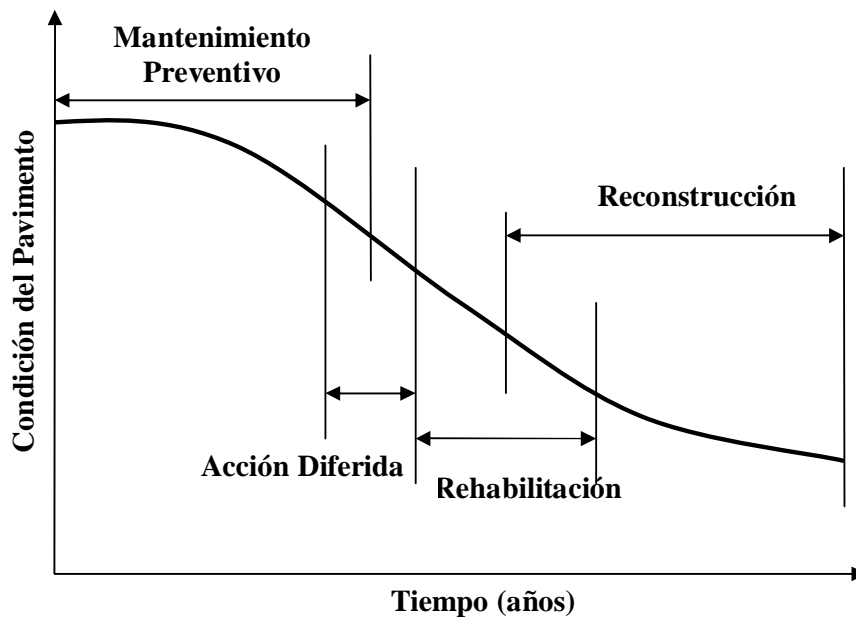
#### 2.3.2.2 CONSERVACIÓN ASOCIADA A LA CURVA DE DETERIORO NORMAL

Este tipo de conservación considera actividades que se desarrollan en varias ocasiones a lo largo de la vida útil del pavimento, y dependiendo del punto de la curva en que se aplican, se pueden dividir en:

- **Conservación Rutinaria:** Se ejecuta a intervalos relativamente pequeños y considera actividades menores, cuyo objetivo es corregir deterioros menores o indicios de fallas futuras. Dentro de las actividades que considera se encuentran la reparación de baches, el sello de fisuras y grietas, reparaciones menores en bermas y del sistema de drenaje.



- **Conservación Periódica:** Se ejecuta a intervalos de tiempo medios (generalmente mayores a 5 años). Considera actividades de reparación de baches, fresados, cepillados, aplicación de coberturas de protección y trabajos de drenaje.
- **Conservación Diferida:** Se ejecuta a intervalos mayores de tiempo. Dentro de las actividades que considera se encuentran los trabajos de reciclado de pavimentos, mejoramientos superficiales, recapado, fresado y reposición de la capa superficial, reparaciones mayores de drenaje.
- **Rehabilitación:** Se efectúa generalmente al final de la vida útil del pavimento, implica la construcción de obras mayores de reposición o reconstrucción. A veces considera modificaciones a la estructura de los pavimentos, a la geometría y al drenaje.



**Fig 2.7 Tipos de Conservación Asociados a la Curva de Deterioro**

#### 2.4 PROCEDIMIENTOS DE MANTENIMIENTO Y REHABILITACIÓN DISPONIBLES EN CHILE

La aplicación de un programa de conservación considera una serie de trabajos o acciones de mantenimiento que deben ser analizadas desde distintos puntos de vista de manera de poder seleccionar las más adecuadas y efectivas dependiendo del estado en que se encuentre el pavimento al momento de ejecutar las obras.

Para ello es fundamental la información recopilada sobre los tipos, niveles de severidad y densidad de los deterioros presentes en el pavimento.

En general, los deterioros que más afectan la vida útil de un pavimento son aquellos que se relacionan con daños estructurales importantes, cuya evolución es bastante rápida en el tiempo, y además se traducen en mayores costos de reparación futuros.

A continuación se indican algunos procedimientos de mantenimiento y rehabilitación (M&R) disponibles en Chile.

### **Pavimentos Asfálticos**

- Sellado De Grietas
- Sello Neblina (Fog Seal)
- Sello De Lechada Asfáltica (Slurry Seal)
- Bacheo Asfáltico Profundo

### **Pavimentos De Hormigón**

- Sellado De Junturas En Pavimento De Hormigón
- Sellado De Grietas
- Cepillado De Pavimentos De Hormigón (Diamond Grinding)
- Bacheo En Hormigón Espesor Parcial
- Bacheo En Hormigón Espesor Total Y Reemplazo De Losas
- Rehabilitación De Pavimentos
  - Mezclas Asfálticas Especiales
  - Mezcla Drenante
  - Mezcla Sma (Stone Mastic Asphalt)
  - Asfalto Caucho
- Reciclado De Pavimentos Asfálticos
  - Reciclado En Caliente In Situ
  - Reciclado En Frío In Situ

El nivel de severidad de los deterioros permite determinar y analizar las distintas alternativas de solución a aplicar.

La densidad de deterioro aporta permite determinar el volumen de los trabajos a ejecutar y por lo tanto también el costo directo de cada tratamiento.

Para poder seleccionar los tratamientos a aplicar, dependiendo del tipo de pavimento, tipo de deterioro, nivel de severidad y densidad, a continuación se proponen matrices de decisión de alternativas de solución.

**Tabla 2.6 Matriz de Decisión de Alternativas de Tratamientos de Pavimento Asfáltico.**

<b>Tipo de Deterioro</b>	<b>Bajo</b>		<b>Medio</b>		<b>Alto</b>	
	<b>Ocasional</b>	<b>Frecuente</b>	<b>Ocasional</b>	<b>Frecuente</b>	<b>Ocasional</b>	<b>Frecuente</b>
Piel de Cocodrilo	3,1	3,6	6,3,11,4	6,5	13,6,11	15,13
Grieta de Borde	1,2	2,1	2,13	2,13	13	13
Grieta Longitudinal	2,1	2,6,1	2,6	2,6	13,2,6	6,12,3
Grietas en Bloque	2,1	2,3	2,6	2,6	6,11,12	12,6,14
Envejecimiento	3,1,6	3,6,5	6,4	6,7	6,11,5	6,12,11
Distorsión	1,8,13	13,1,8	8,13,2	8,13,6,2	8,11,6,13	8,14,13
Ahuellamiento	1	1	8+6	8+6	8+6,12	8,14,12
Exudación de Asfalto	1	1,6	6,1,8	6,8	8+6	8+6 ó 12
Grietas Transversales	2,1	2	2,6	2,6	2,6	2,6,13

## Tratamientos Propuestos

- |                                   |  |
|-----------------------------------|--|
| 1 No hacer Nada                   | 9 Reciclado frío In Situ               |
| 2 Sellado/Relleno de Grietas      | 10 Reciclado caliente In Situ          |
| 3 Sello Neblina (Fog Seal)        | 11 Recapado delgado mezcla en frío     |
| 4 Scrub Seal                      | 12 Recapado delgado mezcla en caliente |
| 5 Lechada Asfáltica (Slurry Seal) | 13 Bacheo                              |
| 6 Sello Agregado                  | 14 Recapado                            |
| 7 Microaglomerados                | 15 Reconstrucción Total                |
| 8 Fresado                         |  |

**Tabla 2.7 Matriz de Decisión de Alternativas de Tratamientos de Pavimento de Hormigón**

Tipo de Deterioro	Bajo		Medio		Alto	
	Ocasional	Frecuente	Ocasional	Frecuente	Ocasional	Frecuente
Daños a las Juntas	1,2	1,2	2,3	2,3	3,4	3,4
Escalonamiento	1	1	1	6,4,1	6,4	6,4
Grietas Transversales	1,2	1,2	2	2	2,8,4	2,8,4
Mapeo	1	1	1	1	1,4	1,4
Desgaste Superficial	3,8,4					
Grietas Interconectadas	2	2,4	2,7	2,7,4	3,9	3,9

## **Tratamientos Propuestos**

- 1 No hacer Nada
- 2 Sellado/Relleno de Grietas y Juntas
- 3 Reparación de Juntas / Grietas (a Profundidad Total o Parcial)
- 4 Recapado delgado mezcla en caliente
- 5 Levantamiento de Losas (Mudjacking)
- 6 Cepillado de Pavimento (Diamond Grinding)
- 7 Costura Cruzada (Cross Stitching)
- 8 Bacheo Profundo/Reemplazo de losas
- 9 Recapado grueso mezcla en caliente

En el Anexo 3, el lector encontrará una descripción de distintas alternativas de tratamientos para pavimentos de asfalto y hormigón.

### **3 CAPÍTULO 3 – SISTEMA DE ADMINISTRACIÓN DE PAVIMENTOS USANDO “MICROPAVER”**

#### **3.1 SISTEMAS DE ADMINISTRACIÓN DE PAVIMENTOS**

La administración de pavimentos es el proceso de evaluación y seguimiento de la condición de los pavimentos, que busca determinar cuales pavimentos requieren mantenimiento, cuando se debe ejecutar y cuantos costará. Para ello usa métodos objetivos y sistemáticos para determinar las prioridades y el momento óptimo en que se deben realizar trabajos de Mantenimiento y Rehabilitación, es decir programar y presupuestar los trabajos. La administración de pavimentos tiene por finalidad el cumplimiento de los objetivos que se enumeran a continuación:

- Establecer la condición general de la red, clasificando el estado de los pavimentos según los niveles de deterioro visibles en su superficie y el servicio que ofrecen al usuario.
- Indicar la rapidez con que evoluciona la condición de los pavimentos, de manera de apreciar el efecto de las estrategias o políticas de mantenimiento/rehabilitación, adoptadas durante un cierto período.

- Appreciar las necesidades globales de la red en materia de mantenimiento y rehabilitación, facilitando una estimación de cuánto se requiere y dónde, para llevar la red a cierto nivel o estándar deseable.
- Obtener una relación de vías o secciones que probablemente requieran trabajos de mantenimiento intensivo y/o rehabilitación, cuya diferenciación y cuantificación requieren de una evaluación más pormenorizada, complementada eventualmente con evaluación estructural por la ejecución de ensayos.
- Proporcionar la información básica para la formulación de políticas y programas de mediano y largo plazo.

Dado que a lo largo de los proyectos de infraestructura vial se encuentra un sin número de estructuras diferentes ya sea por características del terreno, diseño estructural, diseño geométrico, etc. se debe lograr que la longitud total del proyecto esté dividida en sectores homogéneos, que pueden ser modelados bajo las mismas condiciones. Con el objeto de poder contar con un resumen de las características propias de cada tramo se pueden desarrollar fichas que pueden ser almacenadas como archivos o dentro de una base de datos en donde se especifica el valor de todos los parámetros requeridos por los modelos de deterioro.

En general los sistemas Administración de Pavimentos consideran dos niveles de información, a nivel de red y a nivel de proyecto. A nivel de red entregan información necesaria para establecer presupuestos a nivel de red, asignación de fondos y plan de mantenimiento global. A nivel de proyecto entregan una primera estimación de las acciones de mantenimiento para cada proyecto, sus costos y ciclo de vida esperado.

A nivel de red la inspección de pavimentos se realiza en menor detalle y más rápidamente, es costoso y casi imposible efectuar una evaluación en profundidad para todos los pavimentos de la red. De esta información se seleccionan los sectores de pavimentos como potenciales proyectos, a los cuales se debería efectuar una evaluación más profunda de modo de determinar las soluciones más favorables.

Algunos criterios para definir las redes pueden ser el uso de los pavimentos (por ejemplo caminos, aeropuertos, estacionamientos, etc.), el origen de los recursos, los estándares mínimos requeridos.

Una vez definida la red, se deben definir las ramas y secciones. Una rama es una parte fácilmente identificable de la red. Generalmente no tiene las mismas características a lo largo de su longitud. Esto hace que las ramas sean divididas en componentes más pequeñas denominadas como secciones.

Dentro de los factores a considerar para definir las distintas secciones se encuentran la estructura del pavimento (espesores y materiales), la geometría, el historial de mantenimiento, el volumen y las cargas de tránsito, la clasificación funcional del pavimento, el sistema de drenajes y las bermas.

Los pasos que debería considerar la administración de pavimentos a nivel de red se pueden resumir en los siguientes:

- Sectorización, toma de datos (rugosidad, deterioro, tránsito, costos y otros) y procesamiento de los datos
- Criterios de umbrales de conservación: serviciabilidad mínima aceptable, máxima rugosidad, etc.
- Aplicación de modelos de predicción de deterioro
- Evaluación de opciones disponibles de conservación considerando restricciones de presupuesto
- Desarrollo de programas de conservación y planes de trabajo para el futuro
- A nivel de inspección considera menos unidades muestrales.
- En cuanto a las alternativas de mantenimiento y rehabilitación define niveles de trabajo.

A nivel de proyecto las actividades se pueden resumir en:

- Toma de datos tanto de terreno, laboratorio u otros y procesamiento de ellos
- Análisis técnico y económico de las alternativas de acción para el proyecto
- Selección de la mejor alternativa, detallando el plan de acción, los costos, etc.
- Implementación del plan.
- A nivel de inspección considera más unidades muestrales que para el nivel de red
- En cuanto a las alternativas de mantenimiento y rehabilitación define tipo de trabajo.
- A nivel de proyecto se realiza un detallado levantamiento y una evaluación exhaustiva del pavimento para cada proyecto y se selecciona la solución de mantenimiento y rehabilitación más factible.

Actualmente en nuestro país se usan varias metodologías de administración de pavimentos y predicción de deterioros.

Estos modelos de comportamiento son expresiones matemáticas que predicen el estado del pavimento en el tiempo y los efectos del mantenimiento. Surgen a partir de desarrollos empíricos y/o mecanicistas

### 3.1.1 METODOLOGÍA SHRP

Método propuesto para la investigación “Strategic Highway Research Program” realizada en Estados Unidos. Se caracteriza por un alto nivel de detalle, siendo la recolección de datos del 100% de la longitud de los tramos testigos.

Para su uso en proyectos o redes viales, se debe especificar el método de muestreo estadístico a utilizar.

Utiliza croquis de inspección para mostrar la ubicación exacta de cada tipo de deterioro.

Los tipos de falla y niveles de severidad deben identificarse usando la nomenclatura (N° y símbolo) especificada en el manual SHRP.

El operador debe avanzar en sentido del tránsito, dibujando cada tipo de deterioro según su ubicación.

Las secciones comienzan y terminan en estaciones marcadas en el pavimento (Balizas).

En pavimentos de hormigón las secciones se inspeccionan por losa. En pavimentos asfálticos los deterioros se localizan según su distancia al inicio de la sección. A partir de los datos de terreno se elaboran fichas con un resumen de los deterioros por tramo. La información, por lo general, se agrega por tramos para cada tipo de deterioro y severidad de éste. La longitud y distancia entre tramos dependerá del método de muestreo estadístico utilizado.



### 3.1.2 METODOLOGÍA MOP

Sistema de auscultación visual sistemático desarrollado por el Ministerio de Obras Públicas de Chile.

Consiste en examinar unidades de muestreo del pavimento, distribuidas regularmente a lo largo del camino.

Luego de un procesamiento de estos datos, se obtiene información, por kilómetro, de variables relevantes para la toma de decisiones respecto a las obras de mantenimiento para los caminos de la Red Vial Nacional Pavimentada.

El departamento de gestión vial, perteneciente a la Subdirección de Desarrollo de la Dirección de Vialidad, organiza y coordina cada dos años, en conjunto con las Direcciones Regionales de Vialidad, campañas de Inspección Visual de Caminos Pavimentados. El registro de los deterioros de los caminos, que se obtiene de estas campañas, en conjunto con información proveniente de otras dependencias de la Dirección de Vialidad, permiten determinar el estado de los caminos (calzadas y bermas) y proponer las acciones de conservación que se deberían ejecutar sobre los pavimentos para mejorar su estado.

Es importante mencionar que las acciones recomendadas no necesariamente son las óptimas desde el punto de vista económico.

Las evaluaciones regionales ofrecen una herramienta técnica objetiva de apoyo para la toma de decisiones respecto de inversiones que se deben realizar en la red vial pavimentada. Posteriormente, estos resultados son utilizados como parámetros de entrada para hacer evaluaciones técnico-económicas con el modelo de gestión de carreteras HDM-4, con las cuales se determinan las acciones de conservación óptimas (técnica y económicamente) durante el periodo de evaluación.

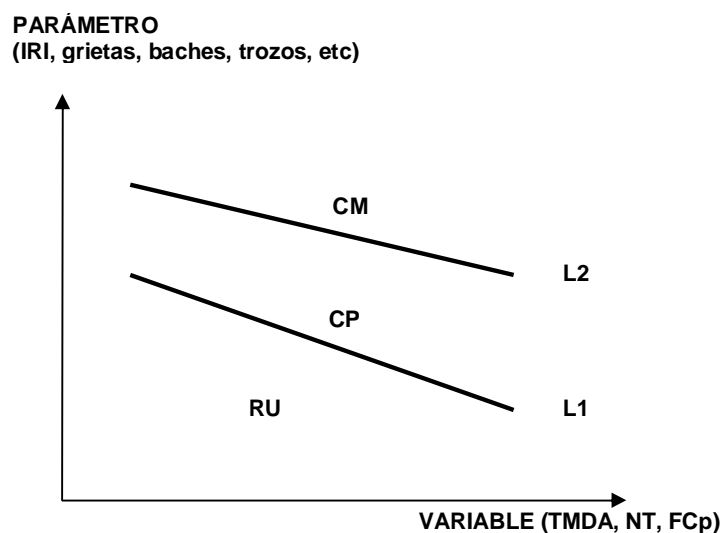
La evaluación se realiza sobre la red vial pavimentada **no concesionada** y permite disponer de criterios objetivos y constantes en la definición del estado, basados en antecedentes técnicos concretos recopilados de terreno, tales como deterioros del pavimento a través de la Inspección Visual de Caminos Pavimentados, Índice de Rugosidad Internacional (IRI), Tránsito (TMDA) e Inventario vial

La inspección visual se realiza actualmente en base a un muestreo que representa del orden del 5% de la superficie pavimentada existente. Este porcentaje refleja la representatividad estadística de la muestra inspeccionada, que en este caso alcanza a un 75% de confiabilidad.

Por otra parte, cabe señalar que la representación gráfica del estado de la red vial pavimentada regional, se ha realizado con la información disponible en el sistema de información geográfico (SIG).

Con el objeto de diferenciar las eventuales soluciones de conservación, se examinan los diversos parámetros que determinan el nivel de servicio, estableciendo para ellos, grados asociados a soluciones recomendadas. Para tal efecto, se han definido límites o umbrales para cada uno de los parámetros contemplados en los distintos tipos de pavimento analizado. Tales límites son función del TMDA y de las variables asociadas al nivel de tránsito (NT) y al nivel de precipitaciones (FCp), adoptando valores particulares según sea el caso de cada tramo analizado.

Existe un programa computacional, desarrollado en el Departamento de Gestión Vial, que realiza todo el análisis. Este programa recoge desde una base de datos información de los tramos analizados y la procesa, comparando los valores de dichos deterioros con los límites correspondientes y entregando, finalmente, una base de datos con la información resultante del estado y las proposiciones de acciones de mantenimiento recomendadas para dichos tramos.



**Fig 3.1 Límites de Intervención Metodología MOP**

Donde,

L1: Límite de intervención N°1

L2: Límite de intervención N°2

CM: Conservación mayor

CP: Conservación periódica

RU: Conservación rutinaria

### **Definición de Categorías de Conservación Requerida**

Las acciones de mantenimiento recomendadas en este análisis, tanto para el pavimento de hormigón como para el pavimento asfáltico (concreto asfáltico y tratamiento superficial), se agrupan de la siguiente manera:

- **Conservación Rutinaria**

Comprende todas aquellas operaciones que deben realizarse a lo largo del año, cualquiera sea el nivel de tránsito y clima, tales como saneamiento, limpieza de faja, mantención de señales, etc.

- **Conservación Periódica (CP)**

Corresponde a trabajos de mantenimiento preventivo, repetidos en períodos mayores de un año, con el fin de brindar un nivel de servicio específico.

- **Conservación Mayor (CM)**

Corresponde a aquellas obras que mejoran la capacidad estructural y funcional del pavimento, tales como recapados, repavimentaciones o reconstrucciones . El criterio para la asignación del estado del pavimento es de acuerdo a la categoría de conservación requerida bajo la cual se encuentra, según se observa en la siguiente tabla:

**Tabla 3.1 Relación entre la Conservación Requerida y el Estado del Pavimento**

<b>Conservación Requerida</b>	<b>Estado del Pavimento</b>
Rutinaria	Bueno
Periódica	Regular
Mayor	Malo

Fuente: Departamento de Gestión Vial del MOP

De acuerdo a lo anterior, se definen los distintos estados como:

**Estado bueno:** Se agrupa en este estado a los caminos pavimentados que sólo requieren de conservación rutinaria, es decir, aquellas operaciones que deben realizarse a lo largo del año, con el fin de mantener las condiciones de diseño y brindar un buen nivel de servicio. Por ejemplo: saneamiento, limpieza de faja, mantención de señales, etc.

**Estado regular:** Se agrupa en este estado a los caminos pavimentados que requieren conservación periódica de la calzada, es decir, trabajos de mantenimiento preventivo en períodos mayores de un año, con el fin de brindar un nivel de servicio específico. Por ejemplo: sello granular, reposición de losas, etc.

**Estado malo:** Se agrupa en este estado a los caminos pavimentados que requieren de conservación mayor, es decir, aquellas operaciones que mejoran la capacidad estructural del pavimento, tales como recapados estructurales, repavimentaciones o reconstrucciones.

El departamento de gestión vial del MOP, utiliza un indicador de la condición del pavimento una escala numérica llamada “Índice de Condición de Pavimento (ICP)”, según las siguientes ecuaciones, obtenidas luego de las calibraciones hechas al modelo HDM-4:

- **Pavimentos Asfálticos**

$$ICP = 10,5 - 0,56 \times IRI - 0,08 \times Ahuell. - 0,07 \times Baches - 0,05 \times Fatiga - 0,03 \times Exud - 0,03 \times Lineales$$

- **Pavimentos de Hormigón**

$$ICP = 10,7 - 0,85 \times IRI - 0,057 \times Losas\ Agrietadas - 1,0 \times Estado\ de\ Juntas\ y\ Grietas$$

En la figura 3.2 se presenta la correlación definida entre el valor de ICP obtenido y el estado o condición del pavimento.



**Fig 3.2 Relación entre el ICP y el Estado del Pavimento**

### 3.1.3 METODOLOGÍA MINVU

Para la auscultación de pavimentos urbanos el MINVU ha desarrollado una metodología simplificada de auscultación. Este método busca de diagnosticar el estado actual de los pavimentos de asfalto y hormigón de vías urbanas, pronosticar su evolución y desarrollar un modelo de evaluación que permitiera comparar varias políticas de mantenimiento y determinar cual es la óptima según sea el caso, en base a criterios técnico-económicos.

La metodología plantea la auscultación puntual del pavimento a lo ancho de la calzada cada 25 m. Al no existir balizado debe indicarse la ubicación de calles transversales como apoyo.

Los deterioros se subdividen en:

- Asfalto: Considera muestras conformadas por franjas de de 6 metros de largo por 3 metros de ancho. Los deterioros se cuantifican como % de grietas, baches, desprendimiento, exudación y/o ahuellamiento.
- Hormigón: Para cada una de las muestras seleccionadas se registran el número de grietas, fisuras, losas y juntas.
- Para ambos tipos de pavimento se registra el coeficiente de rugosidad.

Utiliza como indicador de la condición del pavimento el índice de serviciabilidad (P), de acuerdo a las siguientes ecuaciones:

- **Pavimentos de Hormigón**

$$P=5.8 - 0.8 \times C1 - 0.5 \times C2 ,$$

donde:

C1= coeficiente de rugosidad

C2= coeficiente de agrietamiento, determinado en función del índice de grietas (IGR).

- **Pavimentos Asfálticos**

$$P=5.4 - 0.8 \times C1 - 0.1 \times C2 - 0.3 \times C3,$$

donde:

C1= coeficiente de rugosidad

C2= coeficiente de agrietamiento, determinado en función del índice de grietas (IGR).

C3= coeficiente de ahuellamiento, determinado en función de las mediciones directas de la profundidad del ahuellamiento (H), y de la siguiente tabla

En la siguiente tabla se muestra la calificación del índice de serviciabilidad (P).

**Tabla 3.2 Calificación del Índice de Serviabilidad (P)**

<b>Índice P</b>	<b>Calificación</b>
0-1	Muy Mala
1-2	Mala
2-3	Regular
3-4	Buena
4-5	Muy Buena

## 3.2 MÉTODO MICROPAVER

### 3.2.1 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL MÉTODO

Como herramienta adicional para facilitar los procedimientos de determinación del indicador PCI, se destaca el uso del software MicroPAVER que se especializa en gestión de pavimentos. Este software es capaz de analizar la información de deterioros registrada en terreno y realizar la determinación del indicador PCI para redes de pavimentos. Puesto que el programa posee incorporada la información acerca de la asignación de factores de ponderación de las distintas combinaciones de deterioros, severidad y densidades, es capaz de comparar los deterioros determinando el nivel de importancia en el indicador PCI para cada una de las muestras inspeccionadas y las correcciones de valores deducibles para determinar el indicador PCI.

Por otra parte también es capaz de realizar los análisis estadísticos de necesarios, determinando número mínimo de unidades a inspeccionar para obtener el nivel de confianza requerido, el valor final del indicador PCI para la sección completa, además de las extrapolaciones de deterioros a la sección de análisis a partir de la información entregada, para cuantificar las cantidades de deterioros existentes en la sección completa.

Sin la presencia de datos documentados, la evaluación de costos de trabajos de futuras reparaciones de pavimentos puede resultar sub-estimada, lo que puede llevar a una inadecuada asignación y distribución de fondos a repartir entre distintos proyectos de conservación de distintas redes viales. Además la ausencia de documentación puede provocar que se vuelvan a cometer errores similares. La existencia de documentación adecuada puede ayudar determinar de manera rápida la necesidad de trabajos de Mantenimiento y Reparación de un pavimento por sobre otro. Esta idea involucra la necesidad de contar con una herramienta que permita implementar sistemas de mantenimiento y reparación basados en la cantidad y tipo de trabajos a realizar. Es decir contar con modelos predicativos de la evolución de la condición del pavimento en el tiempo. Uno de los métodos creados para la creación de modelos de predicción es el programa MicroPAVER. Este método define familias de pavimentos, filtra los datos, realiza un análisis de los datos obtenidos, desarrolla una familia modelo de curvas y predice la condición de una sección de pavimentos. Esta metodología fue diseñada para predecir la evolución del PCI en el tiempo; esto permite una mayor precisión en cuanto al tiempo que un pavimento se mantendrá en buenas condiciones, o la cantidad de tiempo que queda antes de que sea necesario realizar una reconstrucción de pavimento.

El primer paso para usar MicroPAVER, es contar con un inventario de datos del pavimento. Este inventario en una primera etapa debe estar focalizado en los siguientes datos: área total de pavimento, tipo de pavimento, composición de materiales, y fecha de últimos trabajos realizados y los resultados de los ensayos realizados. Una vez obtenida esta información, hay que hacer una división del red vial, el sistema de distintos de pavimentos se separa en una red principal, ramas, secciones y unidades muestrales, de modo de poder ranquear los distintos caminos. La definición de la red vial es el proceso de dividir los pavimentos siguiendo un orden jerárquico de modo de facilitar sus planes de inspección y de mantenimiento. Las secciones, son subdivisiones de las ramas. En este caso los datos de interés a recopilar son la estructura del pavimento, el tránsito, la historia de construcción y trabajos realizados, ranking del pavimento, drenaje y bermas y la condición del pavimento. La estructura de pavimento se relaciona con el tipo de materiales usados, el espesor de las capas granulares y del pavimento. Hay que asegurarse que los elementos que pertenecen a una sección deben tener los mismos materiales y espesores. En el caso de secciones más extensas de pavimento, se recomienda usar unidades muestrales, que permiten analizar de mejor manera las características del pavimento.

MicroPAVER posee un sistema de muestreo aleatorio sistemático que permite determinar la cantidad de unidades muestrales que deben ser inspeccionadas. Permite agrupar los componentes de una red vial en “familias” de pavimentos que poseen comportamientos y características similares de modo de lograr una mejor predicción de su condición.

La capacidad de la interface de MicroPAVER con Sistemas GIS o CADD permite a los usuarios: ver el estatus de la red vial y los programas de M&R mediante gráficos de código de colores; integrar información sobre ubicación geográfica, programas de trabajo, información del estado del pavimento y ubicación de cámaras y otros servicios públicos. MicroPAVER posee también interfaces con el programa Arcview.

Desde el punto operativo MicroPAVER posee cinco módulos de trabajo principales:

**Módulo INVENTARIO:** Se realiza la clasificación jerarquizada de la red de pavimentos, de acuerdo a NETWORKS (REDES), BRANCHES (RAMAS) y SECTIONS (SECCIONES). En este módulo se realiza además la asignación de información básica recopilada a la base de datos, tal como dimensiones y tipo de pavimento, tipo y análisis de tránsito, resultados de ensayos destructivos y no destructivos (NDT), dimensiones de losas y juntas, clima, etc.

**Módulo de TRABAJO:** En este módulo se ingresa y define la historia constructiva del pavimento, es decir sus espesores, repavimentaciones, refuerzos, mejoras, materiales empleados. Permite la confección automática de reportes resumen.

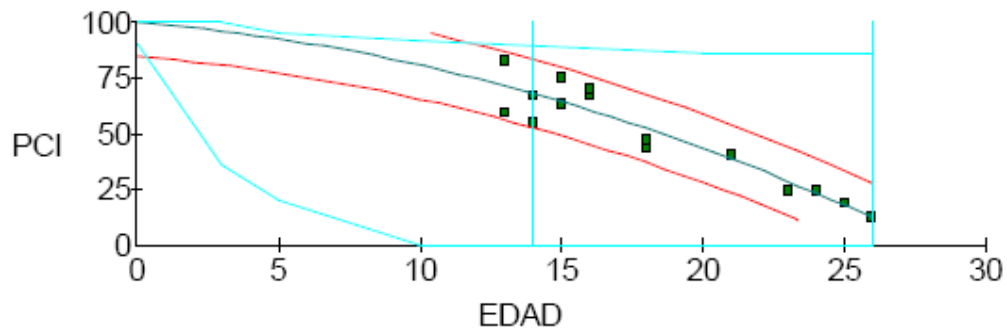
**Módulo de INSPECCION:** Se utiliza para la introducción de datos de inspección superficial. Realiza el cálculo automático de PCI por unidad de análisis, por sección y promedio ponderado para toda la red. Otra herramienta que posee este módulo es la identificación del origen de las fallas por clima, carga u otro. Permite la definición de otros indicadores de estado de pavimento, como son por ejemplo el SCI (Structural Condition Index).

El proceso de recolección y registro de los datos de inspección en terreno puede realizarse usando fichas de datos impresas o en computadoras, o también usando imágenes digitales donde los datos son importados a MicroPAVER. Un ejemplo de las fichas impresas en papel es la que utiliza el método PCI, tanto para pavimentos asfálticos como de hormigón ver Anexo 2.



**Módulo de PREDICCIÓN DEL DETERIORO:** Se utiliza para la modelación del deterioro de la superficie (PCI vs. tiempo) de un pavimento. Permite identificar las secciones con iguales características, construir modelos a partir de datos históricos y realizar proyecciones de las condiciones futuras del pavimento.

Para cada uno de los tipos de pavimentos se pueden generar familias de curvas de evolución de PCI similares a los indicados en la siguiente figura, los cuales incorporan variables como el tránsito, clima y estado superficial:



**Fig 3.3 Ejemplo de Modelo de Evolución del Estado de un Pavimento con MicroPAVER**

**Módulo de PLANIFICACION DE LAS OBRAS:** En este módulo se realiza la definición de:

- tipo de intervención (localizada, global o mayor).
- políticas de intervención. Estas pueden estar orientadas a:
  - Mantener el valor del PCI medio de la red por sobre un valor crítico
  - Mantener el PCI sobre el mínimo establecido en cada sección
  - Implementar un plan de trabajos localizados en el primer año
  - Mantener el PCI actual durante el período de análisis
  - Obtener un PCI al final del período de análisis
- Definición de costos unitarios para cada tarea
- Definición de políticas presupuestarias: Permite optimizar las obras para cumplir con un presupuesto específico y calcular el presupuesto requerido para la ejecución de todas las obras necesarias.
- Definición del efecto de las obras sobre el pavimento y de prioridades entre secciones. La optimización del plan de obras se realiza considerando la evolución del PCI de cada

sección, el origen de las fallas observadas, la prioridad de las secciones y el presupuesto disponible.

MicroPAVER posee además una interfaz grafica GIS. Los reportes GIS permiten al usuario ver información de PCI, identificación de secciones, tipo de superficie tipo de ramas, secciones, etc.



**Fig 3.4 Ejemplo de Interfaz Gráfica GIS de MicroPAVER**

### 3.2.2 CRITERIO DEL PCI CRÍTICO PARA ELECCIÓN DE TRABAJOS DE MANTENIMIENTO.

En el año 1994 M. Y. Shahin, elaboró proceso para asignar el tipo trabajo de mantenimiento a aplicar usando el valor de índice de condición del pavimento obtenido usando el método PCI y que considera el establecer un valor de PCI crítico.

El PCI crítico se define como el valor de PCI en el cual la tasa de pérdida de valor del PCI aumenta con el tiempo, o el costo de aplicar políticas de mantenimiento preventivas y/o correctivas menores aumenta significativamente, es decir después del punto del ciclo de vida en el cual el pavimento comienza a deteriorarse rápidamente.

El concepto de PCI crítico se basa en que es más económico mantener los pavimentos sobre el PCI crítico, que bajo él, y se resume en los diagramas de flujo que se presentan en las figuras 3.5 y 3.6.

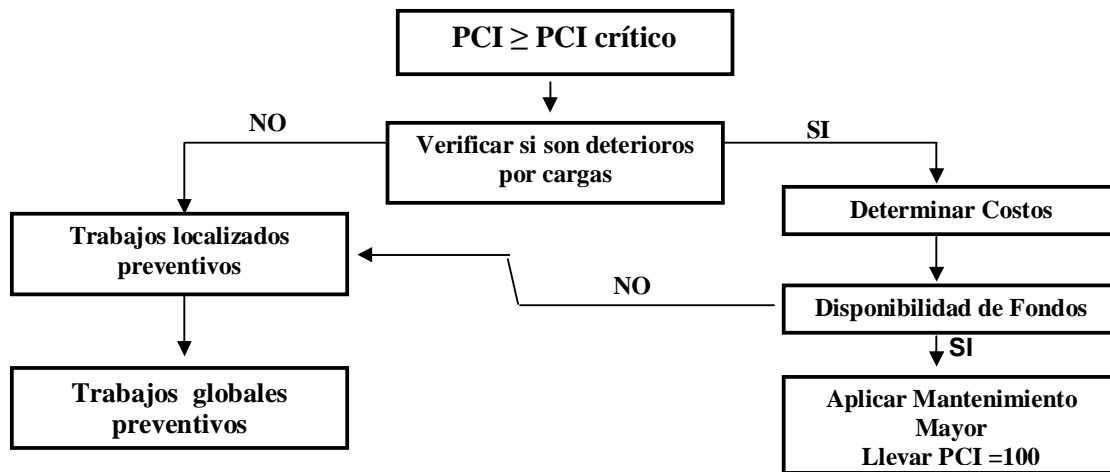


Fig 3.5 Asignación de Trabajos para Secciones caso  $PCI > PCI$  Crítico

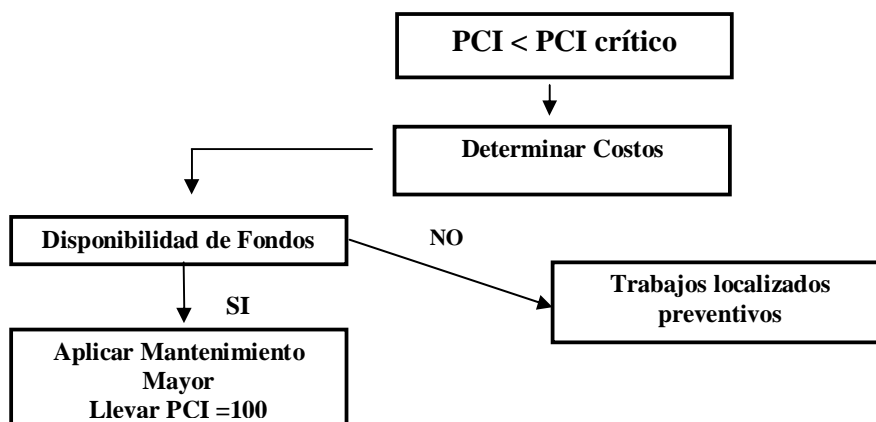


Fig 3.6 Asignación de Trabajos para Secciones Caso  $PCI < PCI$  Crítico

A continuación se describen los trabajos de mantenimiento recomendados en las figuras anteriores:

- **Localizado de emergencia.** Es la reparación de los deterioros existentes necesaria para mantener el pavimento operativo en forma segura. Se aplica a pavimentos en malas condiciones con el fin de detener los deterioros y evitar que evolucionen y sea necesario aplicar trabajos de mantenimiento mayor, por lo tanto este tipo de trabajos se limita a reparar aquellos deterioros que pueden poner en peligro la seguridad o afectar seriamente la función prevista del pavimento.

- **Localizado preventivo.** Se define como el conjunto de actividades de reparación de los deterioros existentes efectuadas con el objetivo principal de detener la tasa de deterioro. Se aplica a pavimentos que se encuentran en buenas condiciones y los trabajos se asignan basados en el tipo de deterioro y su nivel de severidad. La política de aplicación de este tipo de trabajos debe incluir recomendaciones para reparar todos los pavimentos dañados incluyendo aquellos que si bien su nivel de severidad al momento de la evaluación sea bajo podrían evolucionar de manera rápida en un futuro cercano. Dentro de estas actividades se incluyen el sellado de grietas y los bacheos.
- **Global preventivo.** Este tipo de mantenimiento se aplica a secciones completas de pavimento, que en general se encuentran en buenas condiciones, con el objetivo principal de demorar o hacer más lenta la tasa de deterioro. Aplicar este tipo de mantenimiento a pavimentos que se encuentran en mal estado es poco eficiente desde el punto de vista costo – efectividad pues los tratamientos no aportan capacidad estructural ni mejoran la rugosidad del pavimento. El objetivo principal del mantenimiento y rehabilitación global preventivo es el de aumentar la vida útil del pavimento mediante la disminución de su tasa de deterioro. Se incluyen los tratamientos superficiales para los pavimentos asfálticos y el sello de juntas para los pavimentos rígidos entre otros, sin embargo hay que tener en cuenta que estos tratamientos son beneficiosos cuando son aplicados correctamente y en el momento correcto. Los costos unitarios se estiman para cada tipo de tratamiento a usar y su frecuencia de aplicación, considerando factores como la ubicación geográfica, clima, tipo de pavimento, experiencias previas.
- **Mantenimiento Mayor.** Son las actividades aplicadas a toda una sección de pavimento para corregir o mejorar funcional y estructuralmente un pavimento existente. Se incluye la reconstrucción y los recapados estructurales.

### 3.2.3 IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA

A continuación se describen los pasos que se deben seguir para la implementación exitosa del sistema MicroPAVER.

- *Elaboración de un plano o esquema de la red vial:* De preferencia un plano GIS georeferenciado. Esto permite tener en un mismo plano información adicional al pavimento, como es la ubicación de cámaras de servicios públicos, fecha de construcción, espesores,

etc. En caso de que no se posea un sistema geo-referenciado también puede ser muy útil la generación de planos usando AutoCad.

- *Definición de la red vial:* En el plano se indican las redes, ramas y secciones de pavimento. Dependiendo del tipo de camino (particular o estatal) las entidades encargadas del pavimento deberían participar en este proceso, de manera de asegurar el éxito del uso del sistema implementado.
- *Inventario de datos:* Debe incluir al menos los siguientes datos:
  - Uso de la calle
  - Dimensiones de las secciones
  - Tipo de superficie de las secciones
  - Valor PCI
  - Fecha de último trabajo de tipo mayor de M&R
- *Creación de bases de datos:* Las redes definidas y los datos son almacenados en bases de datos. Esta información puede ser mostrada en un plano de secciones y convertida a sistema GIS.
- *Recopilación de datos para determinar la condición del pavimento:* Debe incluir al menos datos sobre deterioros, rugosidad, fricción y estado estructural del pavimento.
- *Desarrollar modelos de deterioro:* Con los datos ingresados MicroPAVER desarrolla modelos para PCI versus Edad del pavimento.
- *Verificación de Datos:* Todos los datos ingresados deberían ser verificados. Una buena herramienta puede ser graficar PCI versus Edad del pavimento.
- *Obtención de costos unitarios de M&R de tipo localizado preventivo:* Los costos unitarios de las acciones a ejecutar son necesarios para establecer los programas de M&R durante los primeros años y para determinar las consecuencias de la aplicación de distintos niveles de reparación localizada sobre el PCI y los costos.
- *Obtención de costos unitarios y frecuencia de aplicación de M&R de tipo global:* Se deberían determinar los costos unitarios para distintos tipos de alternativas de solución de tratamientos superficiales, así como también de su frecuencia de aplicación (duración en buenas condiciones del tratamiento superficial).
- *Desarrollo de modelos de PCI versus costos:* Estas curvas son necesarias para determinar la necesidad de trabajos de M&R localizado de emergencia, localizado preventivo y de mantenimiento mayor.
- *Realización de un análisis de la evolución del estado del pavimento:* Muestra la condición pasada, presente y futura de la condición del pavimento asumiendo solo trabajos de M&R preventivos.

- *Realización de un análisis de programas de trabajo:* El sistema es capaz de entregar la siguiente información:
  - Determinar los requerimientos de anuales de trabajos localizados.
  - Determinar los categoría óptima de trabajos de M&R para cada sección del pavimento para cada año de análisis para una cantidad de fondos determinados.
  - Determinar las consecuencias de distintos niveles de presupuestos disponibles sobre la condición del pavimento y retrasos en los trabajos de M&R de tipo mayor.
  - Determinar los requerimientos de fondos necesarios para alcanzar ciertos niveles de condición del pavimento.
- *Formulación de proyectos de M&R y determinación de prioridades.*

### 3.3 METODOLOGÍA SUGERIDA DEL MÉTODO MICROPAVER ADAPTADO PARA CHILE

La metodología MicroPAVER actualmente está siendo aplicada en nuestro país como herramienta de gestión de pavimentos aeroportuarios por la dirección de aeropuertos (DAP) del ministerio de obras públicas (MOP) y ha sido utilizado en menor medida en gestión de pavimentos viales.

#### 3.3.1 APLICACIÓN A PAVIMENTOS VIALES

Para aplicar esta metodología como sistema de administración de pavimentos viales lo primero que se debería hacer es establecer un criterio que permita clasificar los distintos elementos que constituyen una red vial. Un criterio sugerido es el volumen de tránsito, según el cual las vías se pueden separar según lo indicado a continuación:

**Tabla 3.3 Clasificación de Vías Urbanas según el Volumen de Tránsito**

<b>Tipo de Vía</b>	<b>Volumen De Tránsito</b>	<b>Causa Principal de Deterioro</b>	<b>Vida Esperada (Años) *</b>
Arteria Principal	Alto	Fatiga	15-20
Colectora/Industrial	Medio	Fatiga y Edad	20-25
Residencial/Pasaje	Bajo	Edad	20-25

\*: Considera que se efectúan trabajos de mantenimiento periódico. La vida útil se reduce entre 5 y 10 años, si no se efectúa mantenimiento rutinario.

En la siguiente tabla se sugieren las actividades de M&R que se pueden aplicar en función del valor de PCI obtenido y la clasificación de la vía.

**Tabla 3.4 Actividades de M&R según el PCI Obtenido y el Tipo de Vía**

Actividad	Condición del Pavimento	Rango PCI		
		Arteria	Colectora	Residencial
No hacer nada	Muy bueno	91-100	91-100	86-100
Sello de grietas	Bueno	76-90	71-90	71-85
Sellos granulares	Regular	No aplica	No aplica	51-70
Recapado delgado o bacheo superficial		56-75	41-70	41-50
Recapado estructural o bacheo profundo	Malo	31-55	26-40	21-40
Reconstrucción	Muy malo	0-30	0-25	0-20

Los rangos de PCI sugeridos pueden variar de una red vial a otra, dependiendo de las características particulares de estas. Estos rangos además pueden ser modificados a lo largo del tiempo dependiendo de los resultados obtenidos o de modificaciones operacionales que puedan sufrir las vías.

### 3.3.2 APLICACIÓN A PAVIMENTOS AEROPORTUARIOS

Desde el punto de administración de pavimento, la red aeroportuaria de nuestro país ha sido sub-dividida en dos redes. La red primaria, que considera los aeropuertos y la red secundaria que considera los aeródromos. A su vez la vialidad asociada al movimiento de aviones se puede separar, por lo general, en pista, calles de rodaje y plataforma de estacionamiento de aviones. Esto hace que por lo general que para estos pavimentos, se definan rangos de PCI distintos para cada uno de estos pavimentos, sin embargo como primera aproximación se puede exigir un solo rango para todos los pavimentos, la que en ningún caso puede ser inferior a 55 (figura 2.6), y con el tiempo establecer distintos valores en función de las curvas de deterioro obtenidas.

Como parte del Anexo 4 se ha incluido la secuencia de ingreso de datos y la forma en que MicroPAVER 5.3 almacena y procesa los distintos datos recopilados.

## **4 ANÁLISIS DE COSTOS DIRECTOS PARA LA SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS MÁS FAVORABLES**

### **4.1 COSTOS DIRECTOS**

Tal como se mostró en las tablas 2.6 y 2.7 en general existen varios tratamientos que pueden resultar adecuados a aplicar para un mismo tipo de deterioro.

A continuación se entregan algunos costos directos referenciales, de distintas alternativas de tratamientos a aplicar, utilizados por la dirección de vialidad del MOP. Estos valores sólo tienen por objetivo orientar al lector sobre el orden de magnitud de estos tratamientos y de ninguna manera se recomienda utilizarlos para la elaboración de presupuestos. Al momento de determinar un presupuesto de trabajos más exacto se recomienda realizar un análisis de precios unitarios, pues dependiendo de otros factores, como la ubicación geográfica, los precios para un mismo tipo de tratamiento pueden presentar variaciones significativas.



**Tabla 4.1 Costos Directos Promedios de Tratamientos  
para Pavimentos Asfálticos**

<b>Tipo de Tratamiento</b>	<b>Unidad</b>	<b>Costo Promedio (\$)</b>
Sellado / Relleno de Grietas	ml	690
Sello Neblina (Fog Seal)	m2	770
Scrub Seal	m2	2.470
Lechada Asfáltica (Slurry Seal)	m2	2.200
Sello de Agregados (Chip Seal)	m2	2.470
Microaglomerados (Microsurfacing)	m2	2.400
Fresado	m2	1.500
Microfresado	m2	17.900
Cepillado	m2	2.900
Bacheo a profundidad parcial (sector continuo - finisher)	m2	17.900
Bacheo a profundidad total	m2	21.000
Recapado	m2	12.000

**Tabla 4.2 Costos Directos Promedios de Tratamientos  
para Pavimentos de Hormigón**

<b>Tipo de Tratamiento</b>	<b>Unidad</b>	<b>Costo Promedio (\$)</b>
Sellado / Relleno de Grietas y Juntas	ml	2.800
Reparación de Juntas / Grietas con asfalto	ml	2.500
Reparación de Juntas / Grietas con silicona	ml	3.800
Levantamiento de Losas	m2	45.000
Cepillado de Pavimento (Diamond Grinding)	m2	900
Reemplazo de losas	m2	45.000
Bacheo a profundidad parcial (sector continuo - finisher)	m2	17.900
Bacheo a profundidad parcial (aislados - manual)	m2	40.000
Recapado	m2	12.000

## 4.2 CRITERIOS ECONÓMICOS DE SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS

Uno de los factores que se deben considerar cuando se analizan y evalúan las opciones de tratamiento es la relación costo – efectividad. Existen distintos métodos para calcular el indicador de costo-efectividad. Sin embargo una buena aproximación inicial es usar el costo anual equivalente (CAE), que se determina como:

$$\text{CAE} = \text{Costo Unitario del Tratamiento} / \text{Vida Esperada del Tratamiento}$$

Para determinar este indicador puede ser de mucha ayuda contar con una tabla de datos que contenga la siguiente información:

**Tabla 4.3 Costos y Vida Esperada de Tratamientos  
para Pavimento Asfálticos**

<b>Tratamiento</b>	<b>Vida Esperada (Años) (*)</b>
Sellado / Relleno de Grietas	3 - 5
Sello Neblina (Fog Seal)	1 - 4
Sello Granular	2 - 5
Lechada Asfáltica (Slurry Seal)	3 - 8
Sello de Agregados (Chip Seal)	3 - 6
Microaglomerados (Microsurfacing)	3 - 8
Fresado	1 - 4
Reciclado frío In Situ	8 - 12
Reciclado caliente In Situ	3 - 6
Recapado delgado mezcla en frío	3 - 5
Recapado delgado mezcla en caliente	5 - 8
Programa de Extensión de Pavimentos	7 - 9
Recapado	8 - 15
Reconstrucción Total	20+

(\*): Estos valores corresponden a valores promedios obtenidos en EEUU y México.

**Tabla 4.4 Costos y Vida Esperada de Tratamientos  
para Pavimentos de Hormigón**

<b>Tratamiento</b>	<b>Vida Esperada (Años) (*)</b>
Sellado / Relleno de Grietas y Juntas	4 -7
Reparación de Juntas / Grietas (Full Depth, Parcial)	10 - 15
Recapado delgado mezcla en caliente	6 - 10
Levantamiento de Losas	10 - 15
Cepillado de Pavimento (Diamond Grinding)	12 - 15
Costura Cruzada (Cross Stitching)	10 - 15
Reemplazo de losas	20+
Recapado grueso mezcla en caliente	8 - 12

(\*): Estos valores corresponden a valores promedios obtenidos en EEUU y México.

Bajo este concepto el tratamiento que presente valor más bajo del CAE debería ser seleccionado. Sin embargo existen otros factores que se deben tener cuenta a la hora de decidir que alternativa es la más adecuada, tales como la constructibilidad y desempeño (rendimiento) y la satisfacción del usuario.

La constructibilidad y desempeño incluyen factores como la duración esperada y efectos climáticos, la condición y estructura del pavimento existente, y el valor de de CAE obtenido para cada tratamiento. También es importante considerar le experiencia de quien ejecuta las obras (constructor), la disponibilidad de materiales y limitaciones climáticas que pueden afectar la ejecución de los trabajos.

Los factores relacionados con la satisfacción del usuario son de tipo social y consideran: interrupción de tránsito, coeficiente de fricción superficial y nivel de ruido

El considerar todos estos factores permite realizar una evaluación más allá de lo netamente económico, por lo que puede ocurrir que no siempre la alternativa que sea más económica o que presente un CAE más bajo, sea la más adecuada a aplicar.

Los valores de los factores de ponderación y puntuación deben ser asignados de acuerdo a la experiencia de especialistas en trabajos de conservación y sus valores pueden variar de un

proyecto a otro. Inclusive dependiendo de las características particulares de un pavimento algunas de ellas pueden tomar valores cero.

A continuación se propone una cartilla que permite comparar entre dos alternativas (puede ser extendida para comparar más de dos alternativas)

FACTOR DE PONDERACION		FACTOR DE PUNTUACION		FACTOR DE PONDERACION		PUNTAJE TOTAL	
ATRIBUTOS DE EVALUACIÓN DE DESEMPEÑO		ALT 1	ALT 2			ALT 1	ALT 2
_____ %	Vida Esperada	_____   _____	x	_____	=	_____   _____	
_____ %	Efectos Climáticos	_____   _____	x	_____	=	_____   _____	
_____ %	Influencia de la Estructura del Pavimento	_____   _____	x	_____	=	_____   _____	
_____ %	Influencia de la Condición del Pavimento Existente	_____   _____	x	_____	=	_____   _____	
<b>ATRIBUTOS DE CONSTRUTIBILIDAD</b>							
_____ %	Costo - Efectividad (CAE)	_____   _____	x	_____	=	_____   _____	
_____ %	Constructores de Calidad	_____   _____	x	_____	=	_____   _____	
_____ %	Disponibilidad de Materiales de Calidad	_____   _____	x	_____	=	_____   _____	
_____ %	Limitaciones Climáticas	_____   _____	x	_____	=	_____   _____	
<b>ATRIBUTOS DE SATISFACCIÓN DE USUARIOS</b>							
_____ %	Interrupción del Tránsito	_____   _____	x	_____	=	_____   _____	
_____ %	Ruido	_____   _____	x	_____	=	_____   _____	
_____ %	Fricción Superficial	_____   _____	x	_____	=	_____   _____	
<b>FACTOR DE PONDERACION PORCENTAJE DE INCIDENCIA EN LA DECISIÓN DEL TRATAMIENTO (Total = 100%)</b>							
SCORING FACTOR	5 - Muy Importante						
	4 - Importante						
	3 - Algo Importante						
	2 - Poco Importante						
	1 - No Importante						

**Fig 4.1 Cartilla de Comparación de Alternativas**

En la siguiente figura se realiza un ejemplo en el que se comparan los tratamientos tipo Sello de Agregados y Microaglomerados, donde el resultado que se obtiene indica que en esta caso particular sería más adecuado optar por un Microaglomerado.

FACTOR DE PONDERACION			FACTOR DE PUNTUACION		FACTOR DE PONDERACION		PUNTAJE TOTAL		
ATRIBUTOS DE EVALUACIÓN DE DESEMPEÑO			Sello Agregado	Microaglomerados		Sello Agregado	Microaglomerados		
15	%	Vida Esperada	3	4	x	0,15	=	0,45	0,60
10	%	Efectos Climáticos	2	3	x	0,10	=	0,20	0,30
5	%	Influencia de la Estructura del Pavimento	3	3	x	0,05	=	0,15	0,15
5	%	Influencia de la Condición del Pavimento Existente	4	2	x	0,05	=	0,20	0,10
ATRIBUTOS DE CONSTRUTIBILIDAD									
10	%	Costo - Efectividad (CAE)	5	4	x	0,10	=	0,50	0,40
5	%	Constructores de Calidad	4	3	x	0,05	=	0,20	0,15
10	%	Disponibilidad de Materiales de Calidad	3	2	x	0,10	=	0,30	0,20
5	%	Limitaciones Climáticas	3	4	x	0,05	=	0,15	0,20
ATRIBUTOS DE SATISFACCIÓN DE USUARIOS									
20	%	Interrupción del Tránsito	1	5	x	0,20	=	0,20	1,00
5	%	Ruido	1	4	x	0,05	=	0,05	0,20
10	%	Fricción Superficial	5	3	x	0,10	=	0,50	0,30
							100	2,90	3,60
FACTOR DE PONDERACION		PORCENTAJE DE INCIDENCIA EN LA DECISIÓN DEL TRATAMIENTO (Total = 100%)							
FACTOR DE PUNTUACION		5 - Muy Importante							
		4 - Importante							
		3 - Algo Importante							
		2 - Poco Importante							
		1 - No Importante							

**Fig 4.2 Ejemplo de Comparación de Alternativas**  
**Sello de Agregados vs Microaglomerados**

## 5 APLICACIÓN PRÁCTICA DE LA METODOLOGÍA PROPUESTA PARA PAVIMENTOS DE LA DIRECCIÓN DE VIALIDAD DE LA REGIÓN DE MAGALLANES

La decisión de realizar una aplicación práctica para pavimentos que dependen de la Dirección de Vialidad de la Región de Magallanes, se debe a dos razones principales. La primera de ellas tiene relación con un trabajo de recopilación de antecedentes, inspección visual y evaluación de pavimentos aeroportuarios que el autor de este informe debía realizar en la región, en una primera etapa a inicios del año 2007 y una segunda etapa entre septiembre y octubre del mismo año, por lo que se estimó que sería una buena oportunidad para realizar un trabajo similar con algunos pavimentos viales de la región.

La segunda razón es que la red vial de esta región, dependiente de la Dirección de Vialidad, es bastante simple, lo que facilitaría la aplicación y comprensión de la metodología propuesta.



**Fig. 5.1 Red Vial Pavimentada de la Región de Magallanes**

En relación con los trabajos de inspección a realizar por el alumno en la región, al decisión de realizar dos inspecciones se abandonó y se optó por realizar solo una inspección más prolongada con dos grupos de trabajo a inicio del año 2007, por lo que se la visita a la región para analizar algunos pavimentos viales debió ser costeadada, tanto del punto de vista de pasajes como de estadía y movilización en Punta Arenas, íntegramente por el alumno, lo que finalmente llevó a modificar el tipo de inspección (tipo PCI ) programada inicialmente, por una más general basada en el método PASER.

Con el fin de conocer de cerca la realidad del estado del pavimento de algunas vías de esta región, se realizó una visita a terreno a la ciudad de Punta Arenas, desde el día 28 de noviembre hasta el 01 de diciembre de 2007. Donde además se mantuvo reuniones con personal del departamento de vialidad de la región, perteneciente al área contratos y conservación vial.

Como parte de la inspección de visual de pavimentos se optó por seleccionar dos tramos de distintas rutas de esta región. Una de estas corresponde al sector que va desde el km 0 hasta aproximadamente el km 60 de la Ruta 9, que une Punta Arenas con Puerto Natales, cuyo pavimento esta compuesto principalmente por hormigón. La segunda corresponde al camino gobernador Phillipi – Monte Aymond, tramo km 0 al 15 de la ruta CH-255, cuya superficie corresponde a pavimento asfáltico.

## 5.1 RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN DEL PAVIMENTO

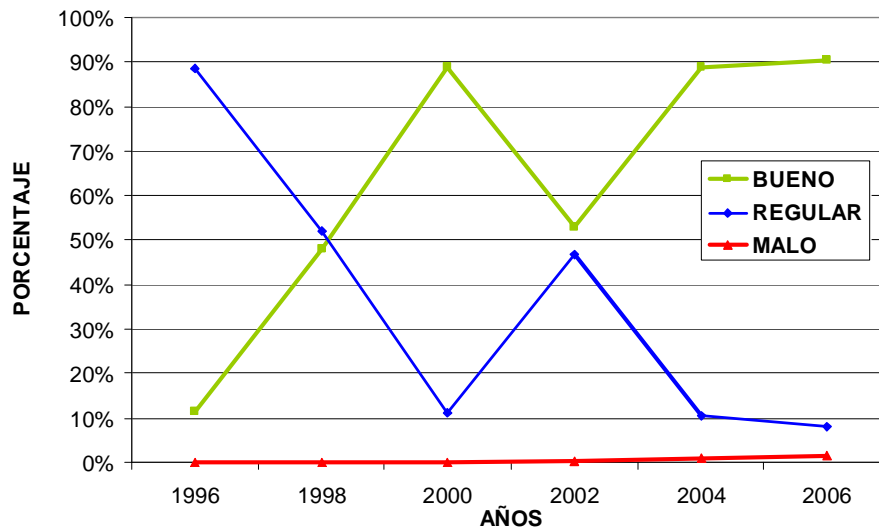
### 5.1.1 RECOPIACIÓN DE ANTECEDENTES GENERALES

A continuación en la Tabla 5.1, se muestran los resultados de la evolución histórica de cada estado (bueno, regular y malo) de la red vial pavimentada de la región de Magallanes, registrados por el departamento de gestión vial del MOP los años 1996, 1998, 2000, 2002, 2004 y 2006. Estos valores son graficados en la Figura 5.1.

**Tabla 5.1 Evolución del Estado de la Red Vial Pavimentada de la Región de Magallanes**

	1996	1998	2000	2002	2004	2006
BUENO	11,5%	48,0%	88,8%	52,9%	88,7%	90,4%
REGULAR	88,4%	52,0%	11,2%	46,9%	10,4%	7,9%
MALO	0,1%	0,0%	0,0%	0,2%	0,9%	1,7%

Fuente: Departamento de Gestión Vial del MOP



**Fig. 5.2 Evolución del Estado de los Pavimentos en la Región de Magallanes**

El contar con este tipo de información puede ayudar a estimar cual ha sido el comportamiento de los tratamientos aplicados, tanto en lo que se relaciona con su vida útil como de sus costos. Esto permitirá compararlos y establecer cuando es más adecuado aplicar cada

La red pavimentada de esta región corresponde principalmente a pavimentos de hormigón. Según los registros del MOP (año 2006), 482,93 kilómetros son de pavimento de hormigón y sólo 26,85 kilómetros corresponden a pavimentos de asfalto.

### 5.1.2 CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS

A continuación se presenta una tabla con las características climáticas de la ciudad de Punta Arenas, lugar donde se emplazan los pavimentos a analizar.

**Tabla 5.2 Características Climáticas Punta Arenas**

<b>Temperatura Promedio</b>	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
°C	10	10	8	6	3	2	1	2	5	6	8	10

<b>Temperatura Máx. Promedio</b>	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
°C	13	13	12	9	6	3	3	5	7	10	11	13

<b>Temperatura Mín. Promedio</b>	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
°C	7	7	5	3	1	---	---	---	1	3	4	6

<b>Temperatura Máxima Registrada</b>	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
°C	26	25	24	21	16	15	11	15	22	22	21	25

<b>Temperatura Mínima Registrada</b>	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
°C	-2	---	-3	-7	-8	-11	-11	-11	-8	-3	-1	-2

<b>N° Promedio de Días Sobre 21°C</b>	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
días	1	1	---	---	---	---	---	---	---	---	---	1

<b>N° Promedio de Días Bajo 15°C</b>	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
días	8	7	4	1	---	---	---	---	---	1	2	7



<b>N° Promedio de Días Bajo 0°C</b>	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
<b>días</b>	---	---	2	3	10	17	19	16	9	4	1	1

<b>Promedio de Precipitaciones</b>	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
<b>cm</b>	3	2	4	4	4	3	3	3	2	2	2	3

<b>Máxima Lluvia Registrada</b>	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
<b>cm</b>	12	8	13	14	14	13	20	9	11	8	8	13

<b>Mínima Lluvia Registrada</b>	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
<b>cm</b>	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

<b>Húmedad Relativa Promedio Mañana</b>	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
<b>%</b>	74	77	82	85	88	87	86	86	84	78	73	74

<b>Húmedad Relativa Promedio Tarde</b>	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
<b>%</b>	61	61	66	73	83	84	82	77	69	63	61	61

<b>Punto de Rocío Promedio</b>	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
<b>°C</b>	5	5	4	2	1	---	-1	---	---	1	2	4

Fuente: [www.weatherbase.com](http://www.weatherbase.com)

### 5.1.3 REGISTROS DE ANTECEDENTES DE LOS PAVIMENTOS

Uno de los principales problemas que se ha debido enfrentar en esta etapa del trabajo, tiene directa relación con la recopilación de antecedentes. En primer lugar, en la dirección de vialidad de la región de Magallanes no disponen de un archivo técnico que permita buscar información sobre los proyectos a estudiar. Según se pudo constatar, los archivos físicos se encuentran en almacenados en lugar distante de las oficinas centrales y tampoco hay certeza de que se encuentre la información solicitada, la que tiene que ver principalmente con los

criterios de diseño, especificaciones técnicas, antecedentes geotécnicos de los proyectos e historial de trabajos de reparación efectivamente realizados.

La información que se entrega a continuación toma como fuente de información el conocimiento que tiene el personal de la dirección de vialidad y la que se encuentra en los informes que genera anualmente la dirección de vialidad del MOP, y no garantizan en absoluto que los datos sean correctos. Sin embargo dado que es la única información con la que se cuenta, se considerará válida para el análisis de alternativas y elección de los programas de conservación a evaluar. En el Anexo 6 se detalla un listado de las rutas de la red vial de la región, con información sobre el tipo de calzada, tipo de carpeta e IRI de estos pavimentos.

En relación con datos que permitan determinar algún indicador de la capacidad estructural de los pavimentos visitados, no se encontró ningún tipo de antecedente.

A continuación se entregan las fichas de recopilación de antecedentes y la de trabajos realizados en distintos sectores de a lo largo de este tramo.

Luego se entrega un registro fotográfico de los deterioros observados durante la auscultación de los pavimentos.

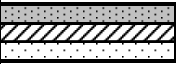
**Tabla 5.3 Recopilación Antecedentes Generales Camino Gobernador Phillipi – Monte Aymond, tramo km 0 al 15 de la ruta CH-255**

**Antecedentes Generales**

Nombre Camino : Gobernador Phillipi -Monte Aymond, Sector Gobernador Phillipi - Oazy Harbour  
 Tramo : km 0 hasta km 15  
 Fecha Construcción : Sin Datos  
 Construido por: Sin Datos  
 Costo Inicial : Sin Datos

**Estructura de Pavimento**

**Asfalto**

Espesores	
	carpeta asfaltica : <u>6</u> cm
	base nivelante asfaltica: <u>6</u> cm
	espesor sub base: <u>-</u> cm
Dimensiones	
Ancho Calzada:	<u>7,0</u> m
Bombeo	
i:	<u>2,0</u> %
Propiedades de los Materiales	
Estabilidad Marshall :	<u>-</u> (KN)
CBR base :	<u>-</u> %
CBR sub base :	<u>-</u> %
Transito Medio Diario Anual	
TMDA < 300	<input checked="" type="checkbox"/>
300 <TMDA< 1200	<input type="checkbox"/>
1200 <TMDA< 3000	<input type="checkbox"/>
TMDA > 3000	<input type="checkbox"/>

**Antecedentes Geotécnicos**

SIN ANTECEDENTES

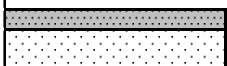
**Tabla 5.4 Registro Antecedentes Generales Pavimentos Ruta 9 - Km 0 a km 60**

**Antecedentes Generales**

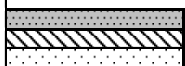
Nombre Camino : Ruta 9 - Camino que une Punta Arenas con Puerto Natales  
 Tramo : km 0 hasta km 60  
 Fecha Construcción : Tramo Km 0 a 54,390 sin Antecedentes. Tramo Km 54,390 a Km 60,000 año 2001  
 Construido por: Sin Datos  
 Costo Inicial : Sin Datos

**Estructura de Pavimento**

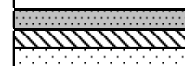
**Hormigón - Km 0 a 30,287 y Km 32,886 a 36,046 y Km 41,431 a Km 60**

	
<b>Espesores</b>	
espesor losa:	<u>20</u> cm
espesor base:	<u>15</u> cm
<b>Dimensiones losa</b>	
Largo:	<u>5,0</u> m
Ancho:	<u>3,5</u> m
<b>Bombeo</b>	
i:	<u>2,0</u> %
<b>Propiedades de los Materiales</b>	
Resist. Flexotracción :	<u>        </u> (kg/cm <sup>2</sup> )
CBR base	≥ <u>60</u> %
<b>Transito Medio Diario Anual</b>	
TMDA < 300	<input checked="" type="checkbox"/>
300 < TMDA < 1200	<input type="checkbox"/>
1200 < TMDA < 3000	<input type="checkbox"/>
TMDA > 3000	<input type="checkbox"/>

**Asfalto - Km 30,287 a Km 32,886**

	
<b>Espesores</b>	
carpeta asfáltica :	<u>6</u> cm
base nivelante asfáltica:	<u>6</u> cm
espesor sub base:	<u>-</u> cm
<b>Dimensiones</b>	
Ancho Calzada:	<u>7,0</u> m
<b>Bombeo</b>	
i:	<u>2,0</u> %
<b>Propiedades de los Materiales</b>	
Estabilidad Marshall :	<u>-</u> (KN)
CBR base	: <u>-</u> %
CBR sub base	: <u>-</u> %
<b>Transito Medio Diario Anual</b>	
TMDA < 300	<input checked="" type="checkbox"/>
300 < TMDA < 1200	<input type="checkbox"/>
1200 < TMDA < 3000	<input type="checkbox"/>
TMDA > 3000	<input type="checkbox"/>

**Asfalto - Km 36,046 a Km 41,431**

	
<b>Espesores</b>	
espesor carpeta asfáltica :	<u>8</u> cm
espesor base:	<u>10</u> cm
espesor sub base:	<u>        </u> cm
<b>Dimensiones</b>	
Ancho Calzada:	<u>7,0</u> m
<b>Bombeo</b>	
i:	<u>2,0</u> %
<b>Propiedades de los Materiales</b>	
Estabilidad Marshall :	<u>-</u> (KN)
CBR base	: <u>-</u> %
CBR sub base	: <u>-</u> %
<b>Transito Medio Diario Anual</b>	
TMDA < 300	<input checked="" type="checkbox"/>
300 < TMDA < 1200	<input type="checkbox"/>
1200 < TMDA < 3000	<input type="checkbox"/>
TMDA > 3000	<input type="checkbox"/>

**Antecedentes Geotécnicos**

SIN ANTECEDENTES

**Tabla 5.5 Registro de Trabajos Realizados en Camino Gobernador Phillipi – Monte Aymond, Tramo Km 0 a Km 15**

Trabajos Realizados											
Trabajo Especificado	Inicio [dia-mes-año]	Fin [dia-mes-año]	Kilometro (resp. al Km 0)	Nombre Constructor	Especificaciones Técnicas	Costo Estimado [\$]	Vida Útil Esperada [Años]	Costo Real [\$]	Vida Útil Real [Años]	Observaciones	Tareas de Seguimiento
SELLADO DE GRIETAS, BACHEOS SUPERFICIAL, BACHEO PROFUNDO Y COLOCACION DE SELLO SLURRY SOBRE PAVIMENTO ASFALTICO		AÑO 91	KM. 0,00 - KM.15,00	S/A	S/A	S/A	S/A	S/A	S/A	S/A	S/A
SELLADO DE GRIETAS, BACHEOS SUPERFICIAL, BACHEO PROFUNDO Y COLOCACION DE SELLO SLURRY SOBRE PAVIMENTO ASFALTICO	07/01/2004	30/01/2005	KM. 0,00 - KM.15,00	CONSTRUCTORA VILIC SA.	S/A	229.104.768	S/A	229.104.768	S/A	S/A	S/A

S/A : SIN ANTECEDENTES

**Tabla 5.6 Registro de Trabajos Realizados en Ruta 9 – Tramo Km 0 a km 60**

Trabajos Realizados

Descripción del Trabajo Realizado	Inicio [día-mes-año]	Fin [día-mes-año]	Kilometro (resp. al Km 0)	Nombre Constructor	Especificaciones Técnicas	Costo Estimado [\$]	Vida Útil Esperada [Años]	Costo Real [\$]	Vida Útil Real [Años]	Observaciones	Tareas de Seguimiento
REPOSICIÓN TOTAL DE LA CARPETA DE HORMIGÓN EXISTENTE, REEMPLAZÁNDOLA POR OTRA DE SIMILARES CARACTERÍSTICAS, MEJORAMIENTO DEL TRAZADO EN ALZADO, CON UNA PLATAFORMA DE 7 M DE ANCHO Y LA INCORPORACIÓN DE BERMAS EN BASE A UN DOBLE TRATAMIENTO ASFÁLTICO. ADEMÁS EL PROYECTO CONSIDERA EL MEJORAMIENTO DE LA SEÑALIZACIÓN VERTICAL LATERAL, ILUMINACIÓN, DEFENSAS CAMINERAS Y CALLES DE SERVICIO.	07/09/1999	31/05/2001	KM. 10.820,00 - KM. 19.342,00	CONSTRUCTORA VILICIC SA.	S/A	3.213.236.600	S/A	3.213.236.600	S/A	S/A	S/A
LA CONSTRUCCIÓN DE UNA CALZADA DE HORMIGÓN DE 7 MTS. DE ANCHO, MEJORAMIENTO DE TRAZADO EXISTENTE TANTO EN PLANTA COMO EN ALZADO Y BERMAS GRANULARES DE 1,5 MTS DE ANCHO. ADEMAS EL PROYECTO CONSIDERA EL REEMPLAZO DE OBRAS DE ARTE Y SEÑALIZACIÓN VERTICAL LATERAL.	17/12/1998	05/03/2001	KM 7,90830 - KM 37,47886	CONSTRUCTORA BESALCO SA.	S/A	4.051.869.488	S/A	4.051.869.488	S/A	S/A	S/A
REPOSICIÓN TOTAL DE LA CARPETA DE HORMIGÓN EXISTENTE, REEMPLAZÁNDOLA POR OTRA DE SIMILARES CARACTERÍSTICAS, MEJORAMIENTO DEL TRAZADO EN ALZADO, CON UNA PLATAFORMA DE 7 M DE ANCHO Y LA INCORPORACIÓN DE BERMAS EN BASE A UN DOBLE TRATAMIENTO ASFÁLTICO. ADEMÁS EL PROYECTO CONSIDERA EL MEJORAMIENTO DE LA SEÑALIZACIÓN VERTICAL LATERAL, ILUMINACIÓN, DEFENSAS CAMINERAS Y CALLES DE SERVICIO	12/01/1999	19/12/2000	KM. 5.319,40 - KM.10.820,00	CONSTRUCTORA MANSILLA HNOS.LTDA	S/A	2.627.893.563	S/A	2.627.893.563	S/A	S/A	S/A
SELLADO DE GRIETAS, BACHEOS SUPERFICIAL, BACHEO PROFUNDO Y COLOCACION DE SELLO SLURRY SOBRE PAVIMENTO ASFALTICO	07/01/2004	30/01/2005	KM 30,387 - KM. 32,886 Y KM. 36,046 - KM. 41,431.	CONSTRUCTORA VILICIC SA.	S/A	125.163.192	S/A		S/A	S/A	S/A

S/A : SIN ANTECEDENTES

## **5.2 DETERMINACIÓN DEL ESTADO DEL PAVIMENTO**

La determinación del estado del pavimento, será determinada considerando los criterios de la metodología denominada PASER descrita en el punto 2 de este informe. El desarrollo de una inspección visual tipo PCI fue descartada tanto a nivel de red como de proyecto debido a la falta de información necesaria para generar las secciones homogéneas y a la falta de presupuesto necesario para realizar una campaña de este tipo.

Según estos criterios, y de acuerdo a lo observado en terreno y mostrado en las fotografías, los pavimentos inspeccionados han sido clasificados como:

### **Pavimento Asfáltico:**

Tanto los tramos de la ruta 9, como los la CH-255 - Clasificación estado superficial: 3 – Estado razonable o regular.

### **Pavimento de Hormigón:**

Tramo Km 0 a Km 36 - Clasificación estado superficial: 4 – Estado Bueno.

Tramo Km 41 a Km 69: Clasificación estado superficial: 5 – Estado Excelente.

- **REGISTRO FOTOGRÁFICO Y DESCRIPCIÓN DE DETERIOROS OBSERVADOS**



**Ruta 9 , Km 15: Losa dividida de baja severidad con sello de grietas en buen estado. Presencia de Mapa de grietas de baja severidad**

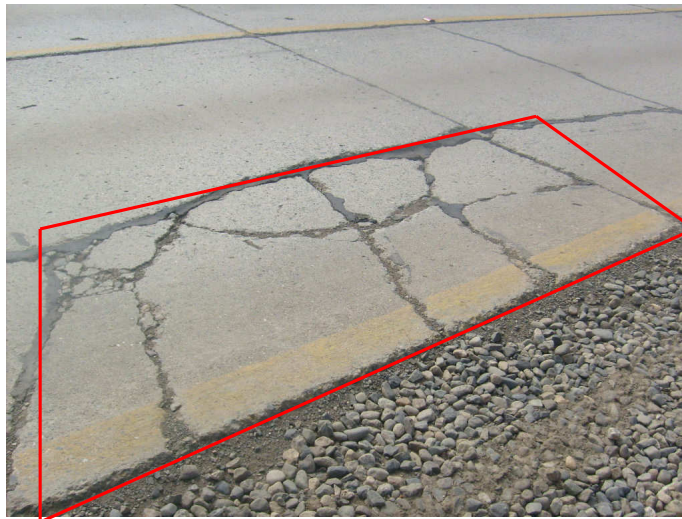


**Ruta 9, Km 17: Losa dividida de baja severidad con sello de grietas en buen estado. Presencia de Mapa de grietas de baja severidad.**





**Ruta 9, Km 18: Losa dividida de alta severidad con sello de grietas en buen estado.**



**Ruta 9, Km 20: Losa dividida de alta severidad con sello de grietas en estado regular.**



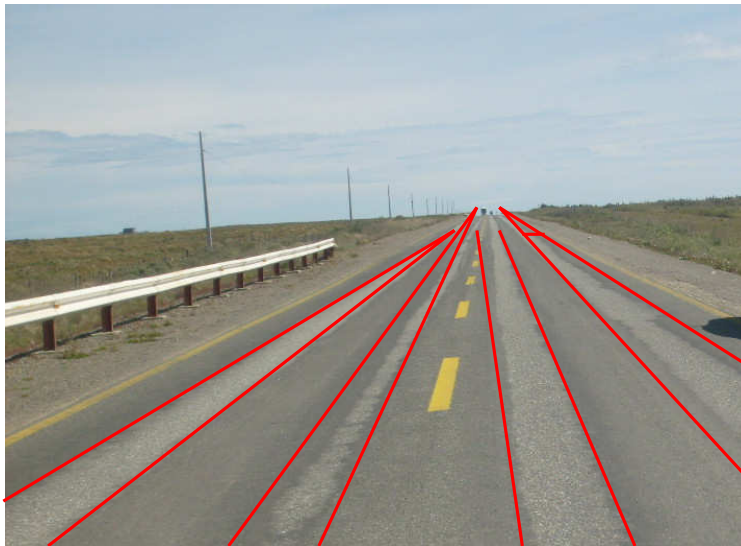
**Ruta 9, Km 20: Losa dividida de alta severidad.**



**Ruta 9, Km 28: Descascaramiento de esquina de alta severidad.**



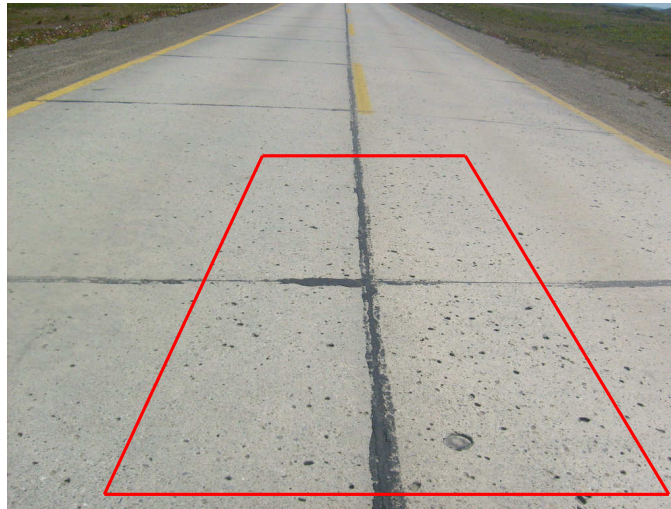
**Ruta 9, Km 30,287: Inicio tramo pavimento asfáltico. Grieta tipo piel de cocodrilo de severidad media.**



**Ruta 9, Km 31: Vista general. Desprendimiento de agregados de baja severidad, por efecto del tránsito. El tramo de asfalto que va desde el Km 36 al Km 41, presenta el mismo tipo de deterioro.**



**Ruta 9, Km 50: Parche grande en mal estado. Nivel de severidad media.**



**Ruta 9, Km 56: Pavimento con abundante presencia de agujeros (popouts). Sello de juntas en buen estado.**



**Bifurcación Ruta 9 – Camino Gobernador Phillipi (Km 0): Desprendimiento de agregados de baja severidad. Grietas longitudinales y transversales de baja severidad.**



**Bifurcación Ruta 9 – Camino Gobernador Phillipi (Km 0): Grieta tipo piel de cocodrilo de alta severidad.**



**Camino Gobernador Phillipi Km 7. Grieta tipo piel de cocodrilo de severidad alta. Desprendimiento de agregados de severidad alta. Zona de BAcheo**



**Camino Gobernador Phillipi Km 11. Grieta tipo piel de cocodrilo de severidad alta. Desprendimiento de agregados de severidad alta.**

### **5.3 PROPOSICIÓN DE PROGRAMAS DE CONSERVACIÓN**

Debido a las razones indicadas anteriormente, no fue posible realizar una inspección tipo PCI, por lo que tampoco ha sido posible determinar los programas de conservación usando las herramientas que posee MicroPAVER. Sin embargo de todos modos se ha realizado cada uno de los pasos descritos en los puntos previos de este trabajo y que todas formas permiten, con un mayor grado de imprecisión, establecer ciertas acciones de conservación a aplicar a los pavimentos inspeccionados.

- **Estándares de Conservación**

Con el fin de mantener los pavimentos en un nivel de daño moderado, independiente del método utilizado para categorizar el estado del pavimento, se han establecido los siguientes estándares de conservación:

**Pavimento Asfáltico:**

- Índice de Rugosidad Superficial: IRI Máximo: 3.5 m/km. Media móvil de 5 tramos de 200 m. Este se obtendrá de mediciones efectuadas para cada pista y por sectores homogéneos de 200 m. y se informará en m/km. con un decimal.
- Ahuellamiento máximo: 15 mm
- Agrietamiento: Se controlarán las grietas de alta severidad en los pavimentos y se deberán efectuar acciones correctivas mayores, consistentes en el reemplazo de los pavimentos en el área afectada.
- Grietas tipo piel de cocodrilo de alta severidad (%): se aceptará como máximo un 10% de grietas por kilómetro.
- Grietas longitudinales y transversales de alta severidad : máximo 10% por km.
- Baches Abiertos: Ninguno.
- Resistencia al Resbalamiento ( $\mu$ ): Se exigirá un coeficiente de fricción entre 0.40 y 0.55.
- Bermas: No se permitirán baches abiertos en las bermas ni descensos superiores a 1cm. Entre estos últimos se considera la junta entre la superficie de rodado y la berma.
- No se aceptará exudación de asfalto.

**Pavimento de Hormigón:**

- Índice de Rugosidad Superficial IRI máximo: 3.5 m/km. Media móvil de 5 tramos de 200 m. supere el IRI de 3,5 m/km. Este se obtendrá de mediciones efectuadas para cada pista y por sectores homogéneos de 200 m. (se excluyen los puentes, badenes u otras singularidades que afecten la medición) y se informará en m/km. con un decimal.
- Agrietamiento: Se controlarán las grietas de alta severidad que causan daños estructurales. No más de un 15% de las losas de un grupo de 40, podrán presentar grietas de alta severidad.
- Baches Abiertos: Ninguno
- Resistencia al Resbalamiento ( $\mu$ ): Coeficiente de fricción entre 0.40 y 0.55.
- Bermas: No se permitirán baches abiertos ni descensos superiores a 1 cm. Entre estos últimos se considera la junta entre la superficie de rodado y la berma.
- Escalonamiento máximo: 6 mm. Se medirá en forma puntual durante la Inspección Visual.

**• Políticas de Conservación**

Las políticas de conservación que se proponen, dependen del tipo del pavimento. En el caso de pavimentos asfálticos se considera que lo más apropiado sería realizar intervenciones programadas, basadas en la curva de vida de estos pavimentos, pues las características de daño estructural y funcional de este tipo de pavimentos se ven muy bien reflejadas en el tipo de deterioros y nivel de severidad que presentan a lo largo de su vida útil, sin embargo dada la escasa información que se logró recopilar, lo más apropiado para este caso sería proponer aplicar intervenciones por condición de respuesta (criterio de aparición de fallas), al igual que para los pavimentos de hormigón.



- **Estrategias y Acciones de Conservación**

Dadas las características de bajo tránsito y lejanía de zonas urbanas de los pavimentos inspeccionados, se ha optado por considerar como criterio de elección de las alternativas a aplicar, el tenga un costo anual equivalente (CAE) más bajo.

Según todos los antecedentes antes mencionados, se proponen los siguientes programas de conservación:

**Pavimentos asfálticos:**

**Conservación Rutinaria:** Trabajos a realizar año a año. Considera el sellado de grietas y bacheos a profundidad parcial

**Conservación Periódica:** El año de realización además de las tareas de conservación rutinaria, se suman bacheos a profundidad total de poca extensión cada 3 años y la aplicación de una lechada asfáltica (slurry seal) a todo el pavimento cada 6 años. La decisión de realizar esta solución se basa a los resultados obtenidos durante la vida del pavimento y en ningún caso obedecen a un comportamiento basado en la curva de deterioro del pavimento.

**Conservación Mayor:** Si los trabajos de conservación rutinaria y conservación periódica se realizan de manera correcta, este tipo de conservación solo se debería aplicar solamente en caso de emergencia.

Con el fin de analizar los gastos en el tiempo asociados a estos trabajos, se realizará un ejercicio considerando las siguientes tasas de deterioro:

Sellado de Grietas: 10% de la longitud total por año

Bacheo a profundidad parcial: 1% de la superficie total por año

Bacheo a profundidad total: 1% de la superficie total, cada 3 años

Aplicación de lechada asfáltica: 100% de la superficie total cada 6 años.

Para efectos prácticos se considera que los precios crecen en forma constante todos los años a una tasa del 5%.

**Tabla 5.7 Costos de Conservación  
Pavimentos Asfálticos Región de Magallanes**

[\$]					
Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6
26.289.000	27.603.450	57.963.623	30.432.804	31.954.444	66.879.166

- **Pavimentos de Hormigón:**

**Conservación Rutinaria:** Dado que la política de conservación por condición de respuesta, solo se considera realizar trabajos de conservación sello y resello de juntas y grietas, con el fin de aminorar al máximo el efecto de los ciclos de hielo-deshielo a que se están expuestos los pavimentos de esta región.

**Conservación Periódica:** Se considera que cada 3 años será necesario realizar sello de grietas y resello de juntas. También se considera que cada 3 a 4 años hay que realizar trabajos de reemplazo de losas defectuosas.

**Conservación Mayor:** Este tipo de conservación solo se debería aplicar solamente en caso de emergencia.

En este caso no se ha considerado realizar el análisis de costos por año, debido a que con los antecedentes que se tiene es imposible realizar una estimación de las inversiones por año..

## 6 CONCLUSIONES

- La elección de programas de conservación adecuados para pavimentos de asfalto o de hormigón debe considerar en primer lugar la definición de los estándares de conservación a aplicar. Estos estándares tienen directa relación con la definición de los umbrales de intervención que serán aplicados, los cuales dependen de las políticas y estrategias de conservación definidas. En general los umbrales quedan definidos por la entidad encargada de los pavimentos, que en nuestro caso corresponde principalmente del MOP. Los umbrales de intervención no necesariamente son iguales para un mismo tipo de pavimento, pues hay factores externos, como el clima o el uso, que pueden condicionar estos valores. Los umbrales de intervención pueden cambiar a lo largo de la vida de un pavimento, dependiendo como ha sido el comportamiento que han tenido, según la retroalimentación hecha a los modelos de deterioro.

Por su parte las políticas de conservación pueden estar basadas en una intervención programada o a una intervención por condición de respuesta (aparición de fallas). La elección de una u otra dependerá principalmente de la información histórica que se posea de un pavimento. Si hay información suficiente y confiable como para generar buenos modelos de evolución de deterioros, lo más adecuado es que la política de intervención sea de tipo programada. En el caso de que exista muy poca información, lo más adecuado es usar una política basada en la aparición de falla, mientras se genera una base de datos que permita generar los modelos adecuados.

Las estrategias de conservación están determinadas por la evaluación técnica de alternativas a aplicar y la evaluación económica de las alternativas seleccionadas. Para la selección desde un punto de vista técnico es importante que los profesionales a cargo posean un conocimiento actualizado del estado del arte de las distintas alternativas existentes, tanto en aquellas que han sido aplicadas con éxito como aquellas nuevas que estén siendo utilizadas en el extranjero o se encuentren en investigación de nuestro país. Desde el punto de vista económico la selección de alternativas no puede estar solo basado en el valor del costo directo de la solución, sino que se debe incorporar el vida útil del tratamiento actualizado, el indicador que permite tener en cuenta es el CAE (Costo Anual Efectivo), que se define como:

CAE= Costo Unitario del Tratamiento/Vida Esperada del Tratamiento

Si bien el cálculo de este indicador es sumamente simple, durante el desarrollo de este trabajo se ha podido constatar que el dato de Vida Esperada de Tratamiento no es fácil de obtener para la mayoría de los tratamientos efectuados en nuestro país, debido principalmente a que los registros de trabajos realizados no permiten obtener un número concluyente y único. En este sentido se estima necesario realizar un catastro de las aplicaciones más usadas a lo largo de nuestro país, de manera de determinar de manera más precisa este valor, y además esta sería una buena instancia para analizar la incidencia que pueden tener sobre su vida esperada otros factores, como por ejemplo el la temperatura, humedad relativa del aire, viento, etc.

Ahora bien, hay que tener en cuenta que la selección de la mejor alternativa debe tomar en cuenta otros factores como desempeño (rendimiento), constructibilidad y satisfacción del usuario. Es por esta razón que en este trabajo se ha propuesto una ficha en la que un ingeniero experto debería fijar los distintos ponderadores en función de su experiencia:

FACTOR DE PONDERACION	FACTOR DE PuntuACION		FACTOR DE PONDERACION	=	PUNTAJE TOTAL	
	ALT 1	ALT 2			ALT 1	ALT 2
ATRIBUTOS DE EVALUACIÓN DE DESEMPEÑO						
_____ %	Vida Esperada	_____	x	_____	=	_____
_____ %	Efectos Climáticos	_____	x	_____	=	_____
_____ %	Influencia de la Estructura del Pavimento	_____	x	_____	=	_____
_____ %	Influencia de la Condición del Pavimento Existente	_____	x	_____	=	_____
ATRIBUTOS DE CONSTRUCTIBILIDAD						
_____ %	Costo - Efectividad (CAE)	_____	x	_____	=	_____
_____ %	Constructores de Calidad	_____	x	_____	=	_____
_____ %	Disponibilidad de Materiales de Calidad	_____	x	_____	=	_____
_____ %	Limitaciones Climáticas	_____	x	_____	=	_____
ATRIBUTOS DE SATISFACCIÓN DE USUARIOS						
_____ %	Interrupción del Tránsito	_____	x	_____	=	_____
_____ %	Ruido	_____	x	_____	=	_____
_____ %	Fricción Superficial	_____	x	_____	=	_____
FACTOR DE PONDERACION PORCENTAJE DE INCIDENCIA EN LA DECISIÓN DEL TRATAMIENTO (Total = 100%)						
SCORING FACTOR	5 - Muy Importante					
	4 - Importante					
	3 - Algo importante					
	2 - Poco importante					
	1 - No importante					

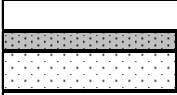
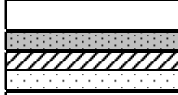
**Fig 6.1 Cartilla de Comparación de Alternativas**

- Si bien actualmente existen en nuestro país varias metodologías que permiten modelar la evolución de estado de los pavimentos y por ende establecer planes de conservación, así como también hay bastante conocimiento y aplicación de nuevas técnicas mantenimiento y de conservación de pavimentos, aún el acceso a la información de antecedentes, fundamentales para que los resultados de los modelos sean adecuados, es muy malo. Este trabajo ha permitido constatar lo difícil que es obtener información tan básica como son los criterios de diseño, historial de reparaciones, especificaciones técnicas de materiales, planos as built, información geotécnica, etc. El tiempo que hay que dedicar en la recopilación de antecedentes previos, necesario para establecer las campañas de terreno no es menor, y puede ser una variable que el profesional que este a cargo de la elaboración de planes de conservación debe tener en cuenta a la hora de programar los trabajo, pues puede que esta sea crítica para la obtención de buenos resultados. De hecho es muy posible que en algunos casos, los malos resultados que se han tenido con algunos planes de conservación o técnicas de mantenimiento y conservación obedezcan más bien a la mala calidad y escasa información disponible, a la hora de seleccionar las alternativas, que a problemas en los diseños de soluciones propuestas.
- Se han propuesto algunas fichas “tipo” para registrar los distintos tipos de datos (mínimos) que se deberían recopilar durante la etapa de investigación y determinación del estado funcional, operacional y estructural de un pavimento. Obviamente la forma en que son registrados los datos es secundaria, pues lo realmente importante es la calidad y cantidad de información que se logre recopilar. Sirve de muy poco tener fichas que contemplen ingresar una gran cantidad de información, si la información no está disponible. Estas fichas corresponden a una propuesta más de recopilación de datos, que se suma a la gran lista que actualmente existe.

### Antecedentes Generales

Nombre Camino : \_\_\_\_\_  
 Fecha Construcción : \_\_\_\_\_  
 Construido por: : \_\_\_\_\_  
 Costo Inicial : \_\_\_\_\_  
 Tramo : \_\_\_\_\_

#### Estructura de Pavimento

Hormigón	Asfalto
<div style="text-align: center;"><b>Espeores</b></div>  <p>           espesor losa: _____ cm            espesor base: _____ cm         </p> <div style="text-align: center;"><b>Dimensiones losa</b></div> <p>           Largo: _____ m            Ancho: _____ m         </p> <div style="text-align: center;"><b>Bombeo</b></div> <p>i: _____ %</p> <div style="text-align: center;"><b>Propiedades de los Materiales</b></div> <p>           Resist. Flexotracción : _____ (kg/cm<sup>2</sup>)            CBR base : _____ %         </p> <div style="text-align: center;"><b>Transito Medio Diario Anual</b></div> <p>           TMDA &lt; 300 <input type="checkbox"/>            300 &lt;TMDA&lt; 1200 <input type="checkbox"/>            1200 &lt;TMDA&lt; 3000 <input type="checkbox"/>            TMDA &gt; 3000 <input type="checkbox"/> </p>	<div style="text-align: center;"><b>Espeores</b></div>  <p>           espesor carpeta asfáltica : _____ cm            espesor base: _____ cm            espesor sub base: _____ cm         </p> <div style="text-align: center;"><b>Dimensiones</b></div> <p>Ancho Calzada: _____ m</p> <div style="text-align: center;"><b>Bombeo</b></div> <p>i: _____ %</p> <div style="text-align: center;"><b>Propiedades de los Materiales</b></div> <p>           Estabilidad Marshall : _____ (KN)            CBR base : _____ %            CBR sub base : _____ %         </p> <div style="text-align: center;"><b>Transito Medio Diario Anual</b></div> <p>           TMDA &lt; 300 <input type="checkbox"/>            300 &lt;TMDA&lt; 1200 <input type="checkbox"/>            1200 &lt;TMDA&lt; 3000 <input type="checkbox"/>            TMDA &gt; 3000 <input type="checkbox"/> </p>

#### Antecedentes Geotécnicos (\*)

(\*):Indicar los antecedentes geotécnicos del lugar donde se emplaza el camino. Ensayos realizados. Ubicación de calicatas u otro tipo de prospección geotécnica. Datos de CBR de subrasante o Módulo Resiliente según corresponda. Clasificación de Suelos. Presencia de napa freática. Recomendaciones, etc.

**Fig 6.2 Ficha de Recopilación de Antecedentes Generales**

Capacidad Funcional							
Año:		Año:		Año:		Año:	
Parámetro	Valor	Parámetro	Valor	Parámetro	Valor	Parámetro	Valor
<b>IRI</b>		<b>IRI</b>		<b>IRI</b>		<b>IRI</b>	
Perfilómetro MERLIN	<input type="checkbox"/>	Perfilómetro MERLIN	<input type="checkbox"/>	Perfilómetro MERLIN	<input type="checkbox"/>	Perfilómetro MERLIN	<input type="checkbox"/>
Perfilómetro Laser	<input type="checkbox"/>	Perfilómetro Laser	<input type="checkbox"/>	Perfilómetro Laser	<input type="checkbox"/>	Perfilómetro Laser	<input type="checkbox"/>
Barra TRL	<input type="checkbox"/>	Barra TRL	<input type="checkbox"/>	Barra TRL	<input type="checkbox"/>	Barra TRL	<input type="checkbox"/>
Dipstick	<input type="checkbox"/>	Dipstick	<input type="checkbox"/>	Dipstick	<input type="checkbox"/>	Dipstick	<input type="checkbox"/>
Inercial APL	<input type="checkbox"/>	Inercial APL	<input type="checkbox"/>	Inercial APL	<input type="checkbox"/>	Inercial APL	<input type="checkbox"/>
Otro (*)	<input type="checkbox"/>	Otro (*)	<input type="checkbox"/>	Otro (*)	<input type="checkbox"/>	Otro (*)	<input type="checkbox"/>
(*) - Nombre:		(*) - Nombre:		(*) - Nombre:		(*) - Nombre:	
<b>Coefficiente de Fricción</b>		<b>Coefficiente de Fricción</b>		<b>Coefficiente de Fricción</b>		<b>Coefficiente de Fricción</b>	
Péndulo del TRRL	<input type="checkbox"/>	Péndulo del TRRL	<input type="checkbox"/>	Péndulo del TRRL	<input type="checkbox"/>	Péndulo del TRRL	<input type="checkbox"/>
SCRIM	<input type="checkbox"/>	SCRIM	<input type="checkbox"/>	SCRIM	<input type="checkbox"/>	SCRIM	<input type="checkbox"/>
Mu Meter	<input type="checkbox"/>	Mu Meter	<input type="checkbox"/>	Mu Meter	<input type="checkbox"/>	Mu Meter	<input type="checkbox"/>
Grip Tester	<input type="checkbox"/>	Grip Tester	<input type="checkbox"/>	Grip Tester	<input type="checkbox"/>	Grip Tester	<input type="checkbox"/>
Otro (*)	<input type="checkbox"/>	Otro (*)	<input type="checkbox"/>	Otro (*)	<input type="checkbox"/>	Otro (*)	<input type="checkbox"/>
(*) - Nombre:		(*) - Nombre:		(*) - Nombre:		(*) - Nombre:	
Descripción		Descripción		Descripción		Descripción	
<b>Estado del Pavimento</b>		<b>Estado del Pavimento</b>		<b>Estado del Pavimento</b>		<b>Estado del Pavimento</b>	
PCI - Cuerpo Ing. EEUU	<input type="checkbox"/>	PCI - Cuerpo Ing. EEUU	<input type="checkbox"/>	PCI - Cuerpo Ing. EEUU	<input type="checkbox"/>	PCI - Cuerpo Ing. EEUU	<input type="checkbox"/>
ICP - HDM 4	<input type="checkbox"/>	ICP - HDM 4	<input type="checkbox"/>	ICP - HDM 4	<input type="checkbox"/>	ICP - HDM 4	<input type="checkbox"/>
Índice de Serviciabilidad	<input type="checkbox"/>	Índice de Serviciabilidad	<input type="checkbox"/>	Índice de Serviciabilidad	<input type="checkbox"/>	Índice de Serviciabilidad	<input type="checkbox"/>
Otro (*)	<input type="checkbox"/>	Otro (*)	<input type="checkbox"/>	Otro (*)	<input type="checkbox"/>	Otro (*)	<input type="checkbox"/>
(*) - Nombre:		(*) - Nombre:		(*) - Nombre:		(*) - Nombre:	
Descripción		Descripción		Descripción		Descripción	

Fig 6.3 Ficha de Recopilación de Evolución de la Capacidad de Funcional de un Pavimento

**Trabajos Realizados**

Trabajo Especificado  (Describir en forma precisa pero resumida)	Fecha  [dia-mes-año]	Kilometro  (resp. al Km 0)	Nombre Constructor	Costo Estimado  [\$]	Vida Útil Esperada  [Años]	Costo Real  [\$]	Vida Útil Real  [Años]	Observaciones  Registrar acciones que puedan afectar el desempeño de la solución aplicada	Tareas de Seguimiento  Registrar estado general de la solución, de acuerdo a inspecciones visuales periódicas
Trabajo 1									
Trabajo 2									
Trabajo N									

**Fig 6.4 Ficha de Recopilación de Trabajos Previos Realizados a un Pavimento**



- Es importante previo al desarrollo de las inspecciones visuales, establecer un criterio único para la evaluación tanto del tipo de grietas como de su severidad y cantidad. Esto adquiere relevancia cuando las inspecciones son realizadas por distintas personas, pues si bien hay manuales que describen de manera detallada los deterioros e incluyen además algunas fotografías, se estima que sería una buena práctica, antes de comenzar una campaña de terreno, el realizar una inspección previa de “calibración” de algún pavimento (alguna calle o avenida) que presente distintos tipos de deterioros, de modo de acordar estos criterios. Es importante que todos los inspectores de terreno tengan la misma apreciación de los deterioros observados y una forma de ayudar en esto es realizar archivos fotográficos o bien realizar registros en video, lo que en caso de dudas posteriores pueden ayudar a disipar dudas posteriores, sin tener que realizar una nueva inspección.
- En relación con las metodologías PCI y MicroPAVER se estima que si bien su implementación podría desarrollarse de manera fácil para administrar todo tipo de redes viales de nuestro país, se estima que para el caso de pavimentos de vías no concesionadas que dependen directamente del departamento de vialidad del MOP, su aplicación por el momento es poco viable, debido principalmente a que desde hace un par de años se ha estado implementando un sistema basado en HDM-4, por lo que aún hay que esperar un tiempo para tener resultados más concluyentes. No obstante lo anterior estos métodos se presentan como excelentes alternativas para la administración y elaboración de programas de conservación de pavimentos de redes viales menores, como son las regionales y comunales, así como también para caminos que dependen de otras entidades estatales que anualmente destinan una buena cantidad de recursos a la construcción y conservación de sus caminos (CODELCO). Otra alternativa son los caminos particulares pertenecientes a industrias, empresas mineras, cadenas de malls y supermercados, etc., quienes debido a estándares de seguridad y operatividad deben mantenerse sus pavimentos en buenas condiciones. Estos casos tienen la ventaja adicional, de que por lo general el acceso a la información se hace más fácil y esta en general es más completa, pues existe un respaldo más ordenado de la información. Otra ventaja es que si los trabajos de inspección son realizados de manera adecuada, es esperable que los modelos de predicción sean más precisos, por lo que la elección de los programas de conservación sean más adecuados,

obteniendo como resultado pavimentos más duraderos, seguros, y con un costo de mantenimiento más cercano al óptimo. Esto debido a que en la medida que se disponga mayor cantidad de datos de PCI para una tipo de pavimento, mejor será la calidad de la curva obtenida y los modelos predictivos arrojarán resultados más precisos.

- La aplicación de una metodología basada en PCI y MicroPAVER para los pavimentos de la región de Magallanes debió ser descartada debido a la falta de presupuesto y falta de datos necesarios para obtener modelos de deterioro apropiados. Sin embargo de todos modos fue posible aplicar una metodología más general (basada en PASER) que permite tener una primera idea de que tipo de estrategias de conservación y técnicas de tratamiento podrían aplicarse a los pavimentos inspeccionados y además determinar un orden de magnitud del costos que podrían tener estos trabajos, considerando por supuesto todas las limitaciones e imprecisiones que tiene la metodología utilizada.

La aplicación de la metodología de determinación del estado de un pavimento basado en PASER puede ser de mucha ayuda cuando se posee un presupuesto limitado o bien cuando lo que se busca es determinar a grandes rangos un presupuesto general de inversión de trabajos de conservación, el que en etapas futuras puede ser reemplazado por un PCI u otra metodología más precisa.

- En relación con las soluciones de conservación sugeridas para los pavimentos de asfalto inspeccionados en la región de Magallanes, uno de los principales desafíos va por el lado del control de calidad durante la etapa de construcción, pues las soluciones que ya han sido aplicadas han resultado tener una duración mucho menor que la esperada. Esto puede tener su origen en las condiciones de clima extremo a que se ve enfrenado el constructor en esta región, el que no solo debe lidiar con las bajas temperaturas sino que también los fuertes vientos, que al momento de realizar los trabajos de reparación pueden afectar el comportamiento de las emulsiones asfálticas y por ende la duración esperada de la solución diseñada.

Una de las acciones de conservación rutinaria y periódica que se debe realizar todos los años a los pavimentos de esta región, es el sellado y resellado de grietas y juntas, pues debido a los ciclos de hielo y deshielo a que se ven sometidos estos pavimentos, estas tareas son fundamentales para evitar el deterioro acelerado del pavimento.

## 7 BIBLIOGRAFÍA

- Dirección de Vialidad. Manual de Carreteras Volumen 3: “Instrucciones y Criterios de Diseño”. Junio 2002
- Dirección de Vialidad. Manual de Carreteras Volumen 5: “Especificaciones Técnicas Generales de Construcción”. Diciembre 2003
- Dirección de Vialidad. Manual de Carreteras Volumen 7: “Mantenimiento Vial”. Diciembre 2003
- Dirección de Vialidad. Manual de Carreteras Volumen 8: “Especificaciones y Métodos de Muestreo, Ensaye y Control”. Diciembre 2003
- Departamento de Gestión Vial – MOP: “Red Vial Nacional. Dimensionamiento y Características”. Subdirección de Desarrollo. Diciembre 2005. Editado en Abril de 2006
- Vásquez Luis: “Pavement Condition Index (PCI) Para Pavimentos Asfálticos y de Concreto en Carreteras”. Febrero de 2002
- Shahin, Mohamed Y. “Pavement Management for Airports, Roads and Parking Lots”. Chapman & Hall. New York. USA. 1994
- La Fuente Antonio, Matus Mauricio, Navas Jorge: “Metodología de Evaluación Técnica de Pavimentación y Conservación de Vías Urbanas”. Mayo 1997.
- Gobierno de Chile. Ministerio de Planificación. División de Planificación, Estudios e Inversión. Departamento de Inversiones: “Metodología de Preparación y Evaluación de Proyectos Urbanos de Mantenimiento Vial Urbano”.
- Dirección de Vialidad – MOP: “Seguimiento para la Calibración de Modelos de Deterioro de Pavimentos Asfálticos”. Resumen Ejecutivo. Octubre 2001.
- Dirección de Vialidad – MOP – DICTUC: “Análisis de Sensibilidad de Parámetros del Modelo HDMA y Actualización de Metodología para la Determinación del Estado de Caminos Pavimentados”. Enero 2006.
- Nebraska Department of Roads: “Pavement Maintenance Manual”. 2002.
- <http://transportation.org/aashto>
- <http://www.transportation.org/topics>
- <http://www.fhwa.dot.gov>

## **ANEXOS**

**ANEXO 1**  
**DESCRIPCIÓN DE FALLAS TÍPICAS EN PAVIMENTOS**

## PAVIMENTOS DE HORMIGÓN

Tipo de Deterioro	Descripción
Grieta de Esquina	Es una grieta que intercepta la junta transversal y longitudinal adyacente, formando un ángulo de aproximadamente 50 grad con el eje o borde exterior de la losa. Los lados del triángulo que se forma tienen entre 300 mm y la mitad de la longitud de la losa. Normalmente son causadas por una pérdida de soporte de esa zona de la losa.
Grietas Longitudinales	Son predominantemente paralelas al eje del camino, dividiendo la losa en dos o tres trozos. Son provocadas por las reiteradas variaciones térmicas y de humedad que experimenta la losa.
Grietas Transversales	Son predominantemente perpendiculares al eje del camino y dividen la losa en dos o tres trozos. Se originan por sobrecargas o soporte insuficiente bajo la losa.
Sello de Junta o Grieta Dañado	Se considera que un sello está dañado cuando permite la infiltración de una cantidad significativa de agua hacia la subbase y/o la intrusión de materiales incompresibles, tales como piedras, arenas u otros. Las fallas más típicas del sello de juntas son: carencia completa de material sellante, endurecimiento del sello, falta de adherencia con las caras de la junta, intrusión de materiales incompresibles y desarrollo de vegetación.
Saltadura de Juntas y Grietas	Se refiere a la desintegración o astillamientos que sufren los bordes de las juntas, hasta unos 600mm dentro de la losa. Puede originarse por cargas excesivas o un hormigón de resistencia insuficiente.
Fisuramiento por Retracción	Comprende una serie de fisuras que comprometen sólo la parte superior de la losa: con frecuencia las

<b>Tipo de Deterioro</b>	<b>Descripción</b>
	fisuras más anchas son aproximadamente paralelas al eje del camino y están interconectadas por grietas más finas, orientadas en diferentes direcciones. Se originan por un exceso de acabado final durante la construcción, mala construcción o por la sal que suele colocarse sobre el pavimento en zonas de clima muy frío.
Desintegración Superficial	Es la exposición del árido grueso debido al desgaste del mortero superficial producto del tránsito. Se origina en una mala terminación, curado deficiente, áridos poco tenaces o mala dosificación.
Baches	Vacíos dejados por pérdidas de hormigón. Los áridos se desprenden de la masa normalmente por efectos de ciclos hielo – deshielo o por la existencia de materias deleznales en el hormigón.
Levantamiento de Juntas	Comprende un levantamiento localizado de la losa alrededor de una junta o grieta (cubre hasta unos 600 mm a cada lado de la junta o grieta), normalmente acompañado de una serie de quebraduras. Se originan por cargas excesivas o un hormigón de resistencia insuficiente.
Escalonamiento de Juntas y Grietas	Es la diferencia de nivel que se produce entre las losas a cada lado de una junta o entre trozos agrietados. Se expresa en mm y se mide a 300 y 750 mm del borde exterior del pavimento. Su origen son erosiones o asentamientos de la base
Bermas Desniveladas y/o Separadas	El desnivel es la diferencia entre el borde del pavimento y la berma, causado por asentamiento de ésta. La separación corresponde a la abertura entre el borde del pavimento y la berma.
Surgencia de Finos	La surgencia o bombeo de finos es un fenómeno que se caracteriza por la expulsión de agua, que

Tipo de Deterioro	Descripción
	normalmente arrastra suelos finos, a través de juntas y grietas. Muchas veces se puede detectar por los depósitos de suelos finos (barros) que quedan a los costados de las juntas y grietas y en el borde interior de la berma. Su origen es la acumulación de agua en la interfase losa/subbase, la que es expulsada el reflectarse la losa.

Fuente: Manual de Carreteras Volumen 7

## PAVIMENTOS ASFÁLTICOS

Tipo de Deterioro	Descripción
Grietas por Fatigamiento (Piel de Cocodrilo)	Se conocen también como “piel de cocodrilo” y son una serie de fisuras interconectadas formando trozos de ángulos agudos, de dimensiones normalmente inferiores a 300 mm. Se originan por fatigamiento del material sometido a cargas reiteradas.
Grietas en Bloque	Fisuras y grietas que conforman una serie de trozos aproximadamente rectangulares, cuyas dimensiones pueden estar comprendidas entre 0,1 y 10 m <sup>2</sup> . Son causadas por diferenciales térmicos, especialmente en mezclas muy duras.
Grietas de Borde	Son grietas en forma de media luna que se producen en los bordes de las carpetas asfálticas que no cuentan con bermas pavimentadas. Son provocadas por las cargas cuando la base es débil.
Grietas Longitudinales	Grietas predominantemente paralelas al eje del camino. Son causadas por una mala construcción cuando se encuentran a lo largo del eje, por debilidad de la base cuando coinciden con la huella



Tipo de Deterioro	Descripción
	de paso de los vehículos (aprox. 600 mm del borde), y por contracciones térmicas cuando están en otras posiciones.
Grietas de Reflexión	Son grietas que se producen en las carpetas asfálticas que refuerzan un pavimento de hormigón, coincidiendo con las juntas y grietas de este. También se producen en recarpeteos asfálticos sobre asfalto.
Grietas Transversales	Son aproximadamente normales al eje del camino y se producen sin existir un pavimento de hormigón subyacente. Las causas son las mismas señaladas para las grietas longitudinales.
Baches	Son deformaciones que tienen la forma de una taza. Tienen su origen en mezclas asfálticas mal dosificadas o con compactación insuficiente y zonas débiles de la subrasante
Ahuellamientos	Son depresiones longitudinales que coinciden con la zona donde pasan las ruedas de los vehículos. Se originan en mezclas que originalmente no fueron suficientemente compactadas; cuando van asociadas con deformaciones laterales de la carpeta son producto de bases o subrasantes débiles.
Deslizamiento de la Carpeta	Corresponde a un desplazamiento o deformación longitudinal permanente de un área localizada de la carpeta. En general es causado por las frenadas y aceleraciones de los vehículos y, frecuentemente, se localizan en tramos de pendiente fuerte y en las intersecciones.
Exudación	Parte del asfalto contenido en la mezcla aflora a la superficie creando una película de material bituminoso puro, de aspecto brillante y, a veces, pegajosa. Se origina en mezclas mal diseñadas, por

Tipo de Deterioro	Descripción
	insuficiente cantidad de huecos o construidas con exceso de asfalto. Normalmente comienza en la zona por donde transitan las ruedas.
Pérdida de Áridos	Es el desgaste del pavimento, perdiéndose primero el ligante y luego progresivamente el árido. Es causado por una insuficiente adherencia entre el ligante y el árido
Afloramientos de Agua	Durante e inmediatamente después de una precipitación, aflora agua desde abajo del pavimento a través de las grietas. Se originan en una carencia de drenaje de la plataforma o por existir suelos finos que acumulan agua por capilaridad.
Ondulaciones	Son una serie de levantamientos tipo ondas, poco separadas y más o menos regulares (calamina). Son causadas por el tránsito, donde la base o la subrasante es débil o tiene poca estabilidad.
Depresiones	Son pequeñas áreas que han bajado respecto del plano general de la superficie y que no constituyen baches abiertos. Se originan por asentamientos de la base o la subrasante. Cuando las delimitan líneas rectas, probablemente la causa se encuentra en que se construyó una zanja u otro trabajo similar.
Levantamiento	La carpeta se levanta formando una superficie conexa. Se origina por un aumento de volumen del suelo de la subrasante, causado por la existencia de un suelo expansivo con la humedad o, en zonas frías, por congelamiento del suelo.

Bermas desniveladas y/o separadas	El desnivel es la diferencia entre el borde del pavimento y la berma, causado por asentamiento de esta. La separación corresponde a la abertura entre el borde del pavimento y la berma.
-----------------------------------	--

Fuente: Manual de Carreteras Volumen 7

**ANEXO 2**  
**MÉTODO PCI**

En este anexo se entrega un manual explicativo del método PCI, realizado por el ingeniero colombiano señor Luis Ricardo Vásquez Varela especialista en vías y transporte. Este documento es de uso público en Internet y se puede bajar desde la siguiente dirección [www.camineros.com/docs/cam036.pdf](http://www.camineros.com/docs/cam036.pdf).



# PAVEMENT CONDITION INDEX (PCI)

## PARA PAVIMENTOS ASFÁLTICOS Y DE CONCRETO EN CARRETERAS

Preparado por:  
**ING. ESP. LUIS RICARDO VÁSQUEZ VARELA**

Manizales, Febrero de 2002.



**LUIS RICARDO VÁSQUEZ VARELA**  
Ingeniero Civil, Especialista en Vías y Transporte.  
Universidad Nacional de Colombia.

### 1. INTRODUCCIÓN

El Índice de Condición del Pavimento (PCI, por su sigla en inglés) se constituye en 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 y las cuales se presentan a continuación.

Se presentan la totalidad de los daños incluidos en la formulación original del PCI, pero eventualmente se harán las observaciones de rigor sobre las patologías que no deben ser consideradas debido a su génesis o esencia ajenas a las condiciones locales. El usuario de esta guía estará en capacidad de identificar estos casos con plena comprensión de forma casi inmediata.

### 2. ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI – Pavement Condition Index)

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. En el Cuadro 1 se presentan los rangos de PCI con la correspondiente descripción cualitativa de la condición del pavimento.

Cuadro 1.  
**RANGOS DE CALIFICACIÓN DEL PCI**

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

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. PROCEDIMIENTO DE EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN DEL PAVIMENTO

La primera etapa corresponde al trabajo de campo en el cual se identifican los daños teniendo en cuenta la clase, severidad y extensión de los mismos. Esta información se registra en formatos adecuados para tal fin. Las Figuras 1 y 2 ilustran los formatos para la inspección de pavimentos asfálticos y de concreto, respectivamente. Las figuras son ilustrativas y en la práctica debe proveerse el espacio necesario para consignar toda la información pertinente.

**ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO**  
**PCI-01. CARRETERAS CON SUPERFICIE ASFÁLTICA.**

EXPLORACIÓN DE LA CONDICIÓN POR UNIDAD DE MUESTREO			ESQUEMA
ZONA	ABSCISA INICIAL	UNIDAD DE MUESTREO	
CÓDIGO VÍA	ABSCISA FINAL	ÁREA MUESTREO (m <sup>2</sup> )	
INSPECCIONADA POR		FECHA	
No.	Daño	No.	Daño
1	Piel de cocodrilo.	11	Parcheo.
2	Exudación.	12	Pulimento de agregados.
3	Agrietamiento en bloque.	13	Huecos.
4	Abultamientos y hundimientos.	14	Cruce de vía férrea.
5	Corrugación.	15	Ahuellamiento.
6	Depresión.	16	Desplazamiento.
7	Grieta de borde.	17	Grieta parabólica (slippage)
8	Grieta de reflexión de junta.	18	Hinchamiento.
9	Desnivel carril / berma.	19	Desprendimiento de agregados.
10	Grietas long y transversal.		
Daño	Severidad	Cantidades parciales	Total
			Densidad (%)
			Valor deducido

Figura 1. Formato de exploración de condición para carreteras con superficie asfáltica.

### 3.1. Unidades de Muestreo:

Se divide la vía en secciones o "unidades de muestreo", cuyas dimensiones varían de acuerdo con los tipos de vía y de capa de rodadura:

- Carreteras con capa de rodadura asfáltica y ancho menor que 7.30 m: El área de la unidad de muestreo debe estar en el rango **230.0 ± 93.0 m<sup>2</sup>**. En el Cuadro 2 se presentan algunas relaciones longitud – ancho de calzada pavimentada.

Cuadro 2  
**LONGITUDES DE UNIDADES DE MUESTREO ASFÁLTICAS**

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

- Carreteras con capa de rodadura en losas de concreto de cemento Pórtland y ancho con longitud inferior a 7.60 m: El área de la unidad de muestreo debe estar en el rango **20 ± 8 losas**.

Se recomienda tomar el valor medio de los rangos y en ningún caso definir unidades por fuera de aquellos. Para cada pavimento inspeccionado se sugiere la elaboración de esquemas que muestren el tamaño y la localización de las unidades ya que servirá para referencia futura.

**ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO**  
**PCI-02. CARRETERAS CON SUPERFICIE EN CONCRETO HIDRÁULICO**

EXPLORACIÓN DE LA CONDICIÓN POR UNIDAD DE MUESTREO					
ZONA	ABSCISA INICIAL	UNIDAD DE MUESTREO			
CÓDIGO VÍA	ABSCISA FINAL	NÚMERO DE LOSAS			
INSPECCIONADA POR		FECHA			
No.	Daño	No. Daño			
21	Blow up / Buckling.	27	Desnivel Carril / Berma.		
22	Grieta de esquina.	28	Grieta lineal.		
23	Losa dividida.	29	Parcheo (grande).		
24	Grieta de durabilidad "D".	30	Parcheo (pequeño)		
25	Escala.	31	Pulimento de agregados		
26	Sello de junta.	32	Popouts		
		33	Bombeo		
Daño	Severidad	No. Losas	Densidad (%)	Valor deducido	ESQUEMA
					o o o o o
					10
					o o o o o
					9
					o o o o o
					8
					o o o o o
					...
					o o o o o
					1 2 3 4

Figura 2. Formato de exploración de condición para carreteras con superficie en concreto hidráulico.

### 3.2. Determinación de las Unidades de Muestreo para Evaluación:

En la "Evaluación De Una Red" vial puede tenerse un número muy grande de unidades de muestreo cuya inspección demandará tiempo y recursos considerables; por lo tanto, es necesario aplicar un proceso de muestreo.

En la "Evaluación de un Proyecto" se deben inspeccionar todas las unidades; sin embargo, de no ser posible, el número mínimo de unidades de muestreo que deben evaluarse se obtiene mediante la Ecuación 1, la cual produce un estimado del PCI ± 5 del promedio verdadero con una confiabilidad del 95%.

$$n = \frac{N \times \sigma^2}{\frac{e^2}{4} \times (N - 1) + \sigma^2} \quad \text{Ecuación 1.}$$

Donde:

n: Número mínimo de unidades de muestreo a evaluar.

N: Número total de unidades de muestreo en la sección del pavimento.

e: Error admisible en el estimativo del PCI de la sección (e = 5%)

$\sigma$ : Desviación estándar del PCI entre las unidades.

Durante la inspección inicial se asume una desviación estándar ( $\sigma$ ) del PCI de 10 para pavimento asfáltico (rango PCI de 25) y de 15 para pavimento de concreto (rango PCI de 35) En inspecciones subsecuentes se usará la desviación estándar real (o el rango PCI) de la inspección previa en la determinación del número mínimo de unidades que deben evaluarse.

Cuando el número mínimo de unidades a evaluar es menor que cinco ( $n < 5$ ), **todas las unidades deberán evaluarse.**

### 3.3. Selección de las Unidades de Muestreo para Inspección:

Se recomienda que las unidades elegidas estén igualmente espaciadas a lo largo de la sección de pavimento y que la primera de ellas se elija al azar (aleatoriedad sistemática) de la siguiente manera:

- a. El intervalo de muestreo ( $i$ ) se expresa mediante la Ecuación 2:

$$i = \frac{N}{n} \quad \text{Ecuación 2.}$$

Donde:

N: Número total de unidades de muestreo disponible.

n: Número mínimo de unidades para evaluar.

i: Intervalo de muestreo, se redondea al número entero inferior (por ejemplo, 3,7 se redondea a 3)

- b. El inicio al azar se selecciona entre la unidad de muestreo 1 y el intervalo de muestreo  $i$ .

Así, si  $i = 3$ , la unidad inicial de muestreo a inspeccionar puede estar entre 1 y 3. Las unidades de muestreo para evaluación se identifican como (S), (S + 1), (S + 2), etc.

Siguiendo con el ejemplo, si la unidad inicial de muestreo para inspección seleccionada es 2 y el intervalo de muestreo ( $i$ ) es igual a 3, las subsiguientes unidades de muestreo a inspeccionar serían 5, 8, 11, 14, etc.

Sin embargo, si se requieren cantidades de daño exactas para pliegos de licitación (rehabilitación), todas y cada una de las unidades de muestreo deberán ser inspeccionadas.

### 3.4. Selección de Unidades de Muestreo Adicionales:

Uno de los mayores inconvenientes del método aleatorio es la exclusión del proceso de inspección y evaluación de algunas unidades de muestreo en muy mal estado. También puede suceder que unidades de muestreo que tienen daños que sólo se presentan una vez (por ejemplo, "cruce de línea férrea") queden incluidas de forma inapropiada en un muestreo aleatorio.

Para evitar lo anterior, la inspección deberá establecer cualquier unidad de muestreo inusual e inspeccionarla como una "unidad adicional" en lugar de una "unidad representativa" o aleatoria. Cuando

se incluyen unidades de muestreo adicionales, el cálculo del PCI es ligeramente modificado para prevenir la extrapolación de las condiciones inusuales en toda la sección.

### 3.5. Evaluación de la Condición:

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

La evaluación de la condición incluye los siguientes aspectos:

- a. Equipo.
  - Odómetro manual para medir las longitudes y las áreas de los daños.
  - Regla y una cinta métrica para establecer las profundidades de los ahuellamientos o depresiones.
  - Manual de Daños del PCI con los formatos correspondientes y en cantidad suficiente para el desarrollo de la actividad.
- b. Procedimiento. Se inspecciona una unidad de muestreo para medir el tipo, cantidad y severidad de los daños de acuerdo con el Manual de Daños, y se registra la información en el formato correspondiente. Se deben conocer y seguir estrictamente las definiciones y procedimientos de medida los daños. Se usa un formulario u "hoja de información de exploración de la condición" para cada unidad muestreo y en los formatos cada renglón se usa para registrar un daño, su extensión y su nivel de severidad.
- c. El equipo de inspección deberá implementar todas las medidas de seguridad para su desplazamiento en la vía inspeccionada, tales como dispositivos de señalización y advertencia para el vehículo acompañante y para el personal en la vía.

## 4. CÁLCULO DEL PCI DE LAS UNIDADES DE MUESTREO

Al completar la inspección de campo, la información sobre los daños se utiliza para calcular el PCI. El cálculo puede ser manual o computarizado y se basa en los "Valores Deducidos" de cada daño de acuerdo con la cantidad y severidad reportadas.

### 4.1. Cálculo para Carreteras con Capa de Rodadura Asfáltica:

**Etapa 1.** Cálculo de los Valores Deducidos:

1. a. Totalice cada tipo y nivel de severidad de daño y regístrelo en la columna TOTAL del formato PCI-01. El daño puede medirse en área, longitud ó por número según su tipo.
1. b. Divida la CANTIDAD de cada clase de daño, en cada nivel de severidad, entre el ÁREA TOTAL de la unidad de muestreo y exprese el resultado como porcentaje. Esta es la DENSIDAD del daño, con el nivel de severidad especificado, dentro de la unidad en estudio.
1. c. Determine el VALOR DEDUCIDO para cada tipo de daño y su nivel de severidad mediante las curvas denominadas "Valor Deducido del Daño" que se adjuntan al final de este documento, de acuerdo con el tipo de pavimento inspeccionado.

**Etapa 2.** Cálculo del Número Máximo Admisible de Valores Deducidos ( $m$ )

2. a. Si ninguno ó tan sólo uno de los "Valores Deducidos" es mayor que 2, se usa el "Valor Deducido Total" en lugar del mayor "Valor Deducido Corregido", CDV, obtenido en la Etapa 4. De lo contrario, deben seguirse los pasos 2.b. y 2.c.



2. b. Liste los valores deducidos individuales deducidos de mayor a menor.
2. c. Determine el "Número Máximo Admisible de Valores Deducidos" ( $m_i$ ), utilizando la Ecuación 3:

$$m_i = 1.00 + \frac{9}{98}(100 - HDV_i) \text{ Ecuación 3. Carreteras pavimentadas.}$$

Donde:

$m_i$ : Número máximo admisible de "valores deducidos", incluyendo fracción, para la unidad de muestreo  $i$ .

HDV $_i$ : El mayor valor deducido individual para la unidad de muestreo  $i$ .

2. d. El número de valores individuales deducidos se reduce a  $m_i$ , inclusive la parte fraccionaria. Si se dispone de menos valores deducidos que  $m_i$  se utilizan todos los que se tengan.

**Etapa 3.** Cálculo del "Máximo Valor Deducido Corregido", CDV.

El máximo CDV se determina mediante el siguiente proceso iterativo:

3. a. Determine el número de valores deducidos,  $q$ , mayores que 2.0.
3. b. Determine el "Valor Deducido Total" sumando TODOS los valores deducidos individuales.
3. c. Determine el CDV con  $q$  y el "Valor Deducido Total" en la curva de corrección pertinente al tipo de pavimento.
3. d. Reduzca a 2.0 el menor de los "Valores Deducidos" individuales que sea mayor que 2.0 y repita las etapas 3.a. a 3.c. hasta que  $q$  sea igual a 1.
3. e. El máximo CDV es el mayor de los CDV obtenidos en este proceso.

**Etapa 4.** Calcule el PCI de la unidad restando de 100 el máximo CDV obtenido en la Etapa 3.

**4.2. Cálculo para Pavimentos con Capa de Rodadura en Concreto de Cemento Pórtland:**

**Etapa 1.** Cálculo de los Valores Deducidos.

1. a. Contabilice el número de LOSAS en las cuales se presenta cada combinación de tipo de daño y nivel de severidad en el formato PCI-02.
1. b. Divida el número de LOSAS contabilizado en 1.a. entre el número de LOSAS de la unidad y exprese el resultado como porcentaje (%) Esta es la DENSIDAD por unidad de muestreo para cada combinación de tipo y severidad de daño.
1. c. Determine los VALORES DEDUCIDOS para cada combinación de tipo de daño y nivel de severidad empleando la curva de "Valor Deducido de Daño" apropiada entre las que se adjuntan a este documento.

**Etapa 2.** Cálculo del número Admisible Máximo de Deducidos ( $m$ )

Proceda de manera idéntica a lo establecido para vías con capa de rodadura asfáltica, como se describió anteriormente.

**Etapa 3.** Cálculo del "Máximo Valor Deducido Corregido", CDV.

Proceda de manera idéntica a lo establecido para vías con capa de rodadura asfáltica, pero usando la curva correspondiente a pavimentos de concreto.

**Etapa 4.** Calcule el PCI restando de 100 el máximo CDV.

En la Figura 3 se presenta un formato para el desarrollo del proceso iterativo de obtención del "Máximo Valor Deducido Corregido", CDV.

**PAVEMENT CONDITION INDEX  
FORMATO PARA LA OBTENCIÓN DEL MÁXIMO VALOR DEDUCIDO CORREGIDO**

No.	Valores Deducidos						Total	q	CDV
1									
2									
3									
4									

Figura 3. Formato para las iteraciones del cálculo del CDV.

**5. CÁLCULO DEL PCI DE UNA SECCIÓN DE PAVIMENTO.**

Una sección de pavimento abarca varias unidades de muestreo. Si todas las unidades de muestreo son inventariadas, el PCI de la sección será el promedio de los PCI calculados en las unidades de muestreo.

Si se utilizó la técnica del muestreo, se emplea otro procedimiento. Si la selección de las unidades de muestreo para inspección se hizo mediante la técnica aleatoria sistemática o con base en la representatividad de la sección, el PCI será el promedio de los PCI de las unidades de muestreo inspeccionadas. Si se usaron unidades de muestreo adicionales se usa un promedio ponderado calculado de la siguiente forma:

$$PCI_s = \frac{[(N - A) \times PCI_R] + (A \times PCI_A)}{N} \text{ Ecuación 4.}$$

Donde:

PCI $_s$ : PCI de la sección del pavimento.

PCI $_R$ : PCI promedio de las unidades de muestreo aleatorias o representativas.

PCI $_A$ : PCI promedio de las unidades de muestreo adicionales.

N: Número total de unidades de muestreo en la sección.

A: Número adicional de unidades de muestreo inspeccionadas.

## MANUAL DE DAÑOS

### CALIDAD DE TRÁNSITO (RIDE QUALITY)

Cuando se realiza la inspección de daños, debe evaluarse la *calidad de tránsito* (o calidad del viaje) para determinar el nivel de severidad de daños tales como las *corrugaciones* y el *cruce de vía férrea*. A continuación se presenta una guía general de ayuda para establecer el grado de severidad de la *calidad de tránsito*.

L: (Low: Bajo). Se perciben las vibraciones en el vehículo (por ejemplo, por *corrugaciones*) pero no es necesaria una reducción de velocidad en aras de la comodidad o la seguridad; o los *abultamientos* o *hundimientos* individuales causan un ligero rebote del vehículo pero creando poca incomodidad.

M: (Medium: Medio): Las vibraciones en el vehículo son significativas y se requiere alguna reducción de la velocidad en aras de la comodidad y la seguridad; o los *abultamientos* o *hundimientos* individuales causan un rebote significativo, creando incomodidad.

H: (High: Alto): Las vibraciones en el vehículo son tan excesivas que debe reducirse la velocidad de forma considerable en aras de la comodidad y la seguridad; o los *abultamientos* o *hundimientos* individuales causan un excesivo rebote del vehículo, creando una incomodidad importante o un alto potencial de peligro o daño severo al vehículo.

La *calidad de tránsito* se determina recorriendo la sección de pavimento en un automóvil de tamaño estándar a la velocidad establecida por el límite legal. Las secciones de pavimento cercanas a señales de detención deben calificarse a la velocidad de desaceleración normal de aproximación a la señal.

## MANUAL DE DAÑOS EN VÍAS CON SUPERFICIE DE CONCRETO ASFÁLTICO

### 1. PIEL DE COCODRILO.

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

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

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

#### *Niveles de severidad*

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

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

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

#### *Medida*

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

#### *Opciones de reparación*

L: No se hace nada, sello superficial. Sobrecarpeta.

M: Parcheo parcial o en toda la profundidad (Full Depth). Sobrecarpeta. Reconstrucción.

H: Parcheo parcial o Full Depth. Sobrecarpeta. Reconstrucción.

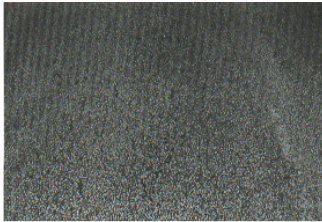


Figura A1-a. Piel de cocodrilo de baja severidad.



Figura A1-b. Piel de cocodrilo de severidad media.



Figura A1-c. Piel de cocodrilo de alta severidad.

## 2. EXUDACIÓN.

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

*Niveles de severidad.*

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

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

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

*Medida*

Se mide en pies cuadrados (ó metros cuadrados) de área afectada. Si se contabiliza la *exudación* no deberá contabilizarse el *pulimento de agregados*.

*Opciones de reparación*

L: No se hace nada.

M: Se aplica arena / agregados y cilindrado.

H: Se aplica arena / agregados y cilindrado (precalentando si fuera necesario).

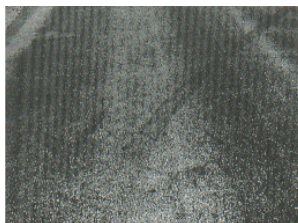


Figura A2-a. Exudación de baja severidad.

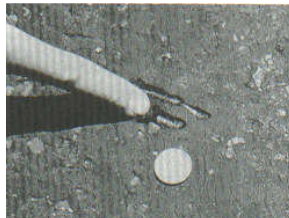


Figura A2-b. Exudación de severidad media.



Figura A2-c. Exudación de alta severidad.

### 3. AGRIETAMIENTO EN BLOQUE.

*Descripción:* Las *grietas en bloque* son grietas interconectadas que dividen el pavimento en pedazos aproximadamente rectangulares. Los *bloques* pueden variar en tamaño de 0.30 m x 0.3 m a 3.0 m x 3.0 m. Las *grietas en bloque* se originan principalmente por la contracción del concreto asfáltico y los ciclos de temperatura diarios (lo cual origina ciclos diarios de esfuerzo / deformación unitaria). Las *grietas en bloque* no están asociadas a cargas e indican que el asfalto se ha endurecido significativamente. Normalmente ocurre sobre una gran porción del pavimento, pero algunas veces aparecerá únicamente en áreas sin tránsito. Este tipo de daño difiere de la *piel de cocodrilo* en que este último forma pedazos más pequeños, de muchos lados y con ángulos agudos. También, a diferencia de los *bloques*, la *piel de cocodrilo* es originada por cargas repetidas de tránsito y, por lo tanto, se encuentra únicamente en áreas sometidas a cargas vehiculares (por lo menos en su primera etapa).

#### *Niveles de severidad.*

L: Bloques definidos por grietas de baja severidad, como se define para *grietas longitudinales y transversales*.

M: Bloques definidos por grietas de severidad media

H: Bloques definidos por grietas de alta severidad.

#### *Medida*

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

#### *Opciones de reparación*

L: Sellado de grietas con ancho mayor a 3.0 mm. Riego de sello.

M: Sellado de grietas, reciclado superficial. Escarificado en caliente y sobrecarpeta.

H: Sellado de grietas, reciclado superficial. Escarificado en caliente y sobrecarpeta.



Figura A3-a. Grietas en bloque de baja severidad.



Figura A3-b. Grietas en bloque de severidad media.



Figura A3-c. Grietas en bloque de alta severidad.

#### 4. ABULTAMIENTOS (BUMPS) Y HUNDIMIENTOS (SAGS).

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

1. Levantamiento o combadura de losas de concreto de cemento Pórtland con una sobrecarpeta de concreto asfáltico.
2. Expansión por congelación (crecimiento de lentes de hielo).
3. Infiltración y elevación del material en una grieta en combinación con las cargas del tránsito (algunas veces denominado "tenting").

Los *hundimientos* son desplazamientos hacia abajo, pequeños y abruptos, de la superficie del pavimento. Las distorsiones y desplazamientos que ocurren sobre grandes áreas del pavimento, causando grandes o largas depresiones en el mismo, se llaman "*ondulaciones*" (*hinchamiento: swelling*).

##### *Niveles de severidad*

L: Los *abultamientos* o *hundimientos* originan una *calidad de tránsito* de baja severidad.

M: Los *abultamientos* o *hundimientos* originan una *calidad de tránsito* de severidad media.

H: Los *abultamientos* o *hundimientos* originan una *calidad de tránsito* de severidad alta.

##### *Medida*

Se miden en pies lineales (ó metros lineales). Si aparecen en un patrón perpendicular al flujo del tránsito y están espaciadas a menos de 3.0 m, el daño se llama *corrugación*. Si el *abultamiento* ocurre en combinación con una grieta, ésta también se registra.

##### *Opciones de reparación*

L: No se hace nada.

M: Reciclado en frío. Parcheo profundo o parcial.

H: Reciclado (fresado) en frío. Parcheo profundo o parcial. Sobrecarpeta.

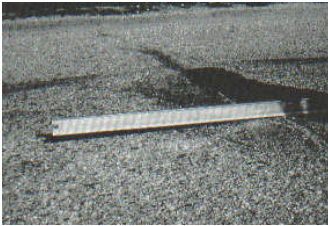


Figura A4-a. Abultamientos y hundimientos de baja severidad.



Figura A4-b. Abultamientos y hundimientos de severidad media.



Figura A4-c. Abultamientos y hundimientos de alta severidad.

### 5. CORRUGACIÓN.

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

#### *Niveles de severidad*

L: Corrugaciones producen una *calidad de tránsito* de baja severidad.

M: Corrugaciones producen una *calidad de tránsito* de mediana severidad.

H: Corrugaciones producen una *calidad de tránsito* de alta severidad.

#### *Medida*

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

#### *Opciones de reparación*

L: No se hace nada.

M: Reconstrucción.

H: Reconstrucción.



Figura A5-a. Corrugación de baja severidad.

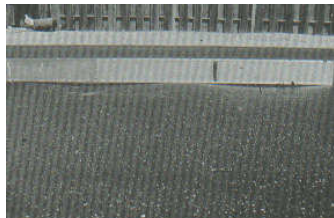


Figura A5-b. Corrugación de severidad media.

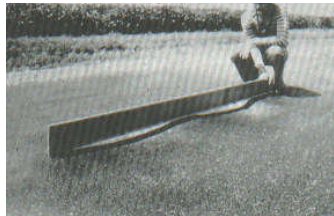


Figura A5-c. Corrugación de alta severidad.

## 6. DEPRESIÓN.

*Descripción:* 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. 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 hidropneumático.

Los *hundimientos* a diferencia de *las depresiones*, son las caídas bruscas del nivel.

*Niveles de severidad.*

*Máxima profundidad de la depresión:*

L: 13.0 a 25.0 mm.

M: 25.0 a 51.0 mm.

H: Más de 51.0 mm.

*Medida*

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

*Opciones de reparación*

L: No se hace nada.

M: Parqueo superficial, parcial o profundo.

H: Parqueo superficial, parcial o profundo.



Figura A6-a. Depresión de baja severidad.

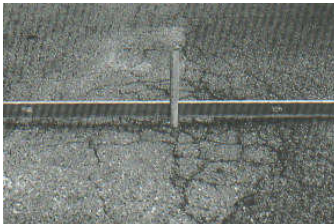


Figura A6-b. Depresión de severidad media.

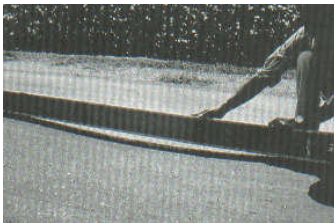


Figura A6-c. Depresión de alta severidad.

## 7. GRIETA DE BORDE.

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

*Niveles de severidad.*

- L: Agrietamiento bajo o medio sin fragmentación o desprendimiento.
- M: Grietas medias con algo de fragmentación y desprendimiento.
- H: Considerable fragmentación o desprendimiento a lo largo del borde.

*Medida*

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

*Opciones de reparación*

- L: No se hace nada. Sellado de grietas con ancho mayor a 3 mm.
- M: Sellado de grietas. Parcheo parcial - profundo.
- H: Parcheo parcial – profundo.





Figura A7-a. Grieta de borde de baja severidad.



Figura A7-b. Grieta de borde de severidad media.



Figura A7-c. Grieta de borde de alta severidad.

### **8. GRIETA DE REFLEXIÓN DE JUNTA (DE LOSAS DE CONCRETO DE CEMENTO PÓRTLAND).**

Descripción: Este daño ocurre solamente en pavimentos con superficie asfáltica construidos sobre una losa de concreto de cemento Pórtland. No incluye las grietas de reflexión de otros tipos de base (por ejemplo, estabilizadas con cemento o cal). Estas grietas son causadas principalmente por el movimiento de la losa de concreto de cemento Pórtland, inducido por temperatura o humedad, bajo la superficie de concreto asfáltico. Este daño no está relacionado con las cargas; sin embargo, las cargas del tránsito pueden causar la rotura del concreto asfáltico cerca de la grieta. Si el pavimento está fragmentado a lo largo de la grieta, se dice que aquella está descascarada. El conocimiento de las dimensiones de la losa subyacente a la superficie de concreto asfáltico ayuda a identificar estos daños.

Niveles de Severidad

L: Existe una de las siguientes condiciones:

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

M: Existe una de las siguientes condiciones:

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

H: Existe una de las siguientes condiciones:

1. Cualquier grieta rellena o no, rodeada de un agrietamiento aleatorio de media o alta severidad.
2. Grietas sin relleno de más de 76.0 mm.
3. Una grieta de cualquier ancho en la cual unas pocas pulgadas del pavimento alrededor de la misma están severamente fracturadas (la grieta está severamente fracturada).

*Medida*

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

*Opciones de Reparación.*

L: Sellado para anchos superiores a 3.00 mm.

M: Sellado de grietas. Parcheo de profundidad parcial.

H: Parcheo de profundidad parcial. Reconstrucción de la junta.



Figura A8-a. Grieta de reflexión de junta de baja severidad.



Figura A8-b. Grieta de reflexión de junta de severidad media.



Figura A8-c. Grieta de reflexión de junta de alta severidad.

#### **9. DESNIVEL CARRIL / BERMA.**

*Descripción:* El *desnivel carril / berma* es una diferencia de niveles entre el borde del pavimento y la berma. Este daño se debe a la erosión de la berma, el asentamiento berma o la colocación de sobrecarpetas en la calzada sin ajustar el nivel de la berma.

*Niveles de severidad.*

L: La diferencia en elevación entre el borde del pavimento y la berma está entre 25.0 y 51.0 mm.

M: La diferencia está entre 51.0 mm y 102.0 mm.

H: La diferencia en elevación es mayor que 102.00 mm.

*Medida*

El *desnivel carril / berma* se miden en pies lineales (ó metros lineales).

*Opciones de reparación*

L, M, H: Renivelación de las bermas para ajustar al nivel del carril.

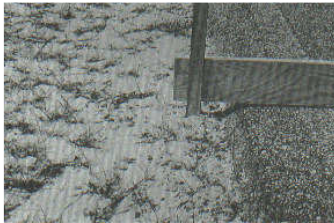


Figura A9-a. Desnivel carril / berma de baja severidad.

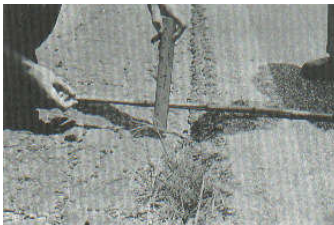


Figura A9-b. Desnivel carril / berma de severidad media.

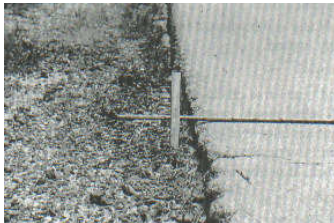


Figura A9-c. Desnivel carril / berma de alta severidad.

#### **10. GRIETAS LONGITUDINALES Y TRANSVERSALES (NO SON DE REFLEXIÓN DE LOSAS DE CONCRETO DE CEMENTO PORTLAND).**

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

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

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

##### *Niveles de Severidad*

L: Existe una de las siguientes condiciones:

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

M: Existe una de las siguientes condiciones:

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

H: Existe una de las siguientes condiciones:

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

##### *Medida*

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

##### *Opciones de reparación*

L: No se hace nada. Sellado de grietas de ancho mayor que 3.0 mm.

M: Sellado de grietas.

H: Sellado de grietas. Parcheo parcial.



Figura A10-a. Grietas longitudinales y transversales (No PCC) de baja severidad.



Figura A10-b. Grietas longitudinales y transversales (No PCC) de severidad media.

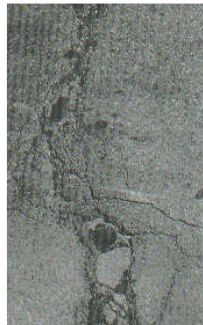


Figura A10-c. Grietas longitudinales y transversales (No PCC) de alta severidad.

## 11. PARCHEO Y ACOMETIDAS DE SERVICIOS PÚBLICOS.

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

*Niveles de Severidad.*

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

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

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

*Medida.*

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

*Opciones de reparación*

L: No se hace nada.

M: No se hace nada. Sustitución del parche.

H: Sustitución del parche.



Figura A11-a. Parcheo y acometidas de servicios públicos de baja severidad.



Figura A11-b. Parcheo y acometidas de servicios públicos de severidad media.



Figura A11-c. Parcheo y acometidas de servicios públicos de alta severidad.

## 12. PULIMENTO DE AGREGADOS.

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

*Niveles de severidad.*

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

*Medida*

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

*Opciones de reparación*

L, M, H: No se hace nada. Tratamiento superficial. Sobrecarpeta. Fresado y sobrecarpeta.



Figura A12. Pulimento de agregados.

### 13. HUECOS.

*Descripción:* Los huecos son depresiones pequeñas en la superficie del pavimento, usualmente con diámetros menores que 0.90 m y con forma de tazón. Por lo general presentan bordes aguzados y lados verticales en cercanías de la zona superior. El crecimiento de los huecos se acelera por la acumulación de agua dentro del mismo. Los huecos se producen cuando el tráfico arranca pequeños pedazos de la superficie del pavimento. La desintegración del pavimento progresa debido a mezclas pobres en la superficie, puntos débiles de la base o la subrasante, o porque se ha alcanzado una condición de *piel de cocodrilo* de severidad alta. Con frecuencia los huecos son daños asociados a la condición de la estructura y no deben confundirse con *desprendimiento* o *meteorización*. Cuando los huecos son producidos por *piel de cocodrilo* de alta severidad deben registrarse como huecos, no como *meteorización*.

#### Niveles de severidad

Los niveles de severidad para los huecos de diámetro menor que 762 mm están basados en la profundidad y el diámetro de los mismos, de acuerdo con el Cuadro 13.1.

Si el diámetro del hueco es mayor que 762 mm, debe medirse el área en pies cuadrados (o metros cuadrados) y dividirla entre 5 pies<sup>2</sup> (0.47 m<sup>2</sup>) para hallar el número de huecos equivalentes. Si la profundidad es menor o igual que 25.0 mm, los huecos se consideran como de severidad media. Si la profundidad es mayor que 25.0 mm la severidad se considera como alta.

**Cuadro 13.1. Niveles de severidad para huecos.**

Profundidad máxima del hueco.	Diámetro medio (mm)		
	102 a 203 mm	203 a 457 mm	457 a 762 mm
12.7 a 25.4 mm	L	L	M
> 25.4 a 50.8 mm	L	M	H
> 50.8 mm	M	M	H

#### Medida

Los huecos se miden contando aquellos que sean de severidades baja, media y alta, y registrándolos separadamente.

#### Opciones de reparación

L: No se hace nada. Parcheo parcial o profundo.  
M: Parcheo parcial o profundo.  
H: Parcheo profundo.

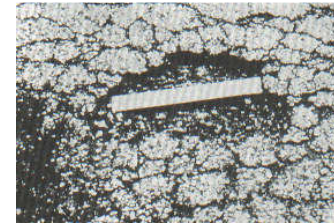


Figura A13-a. Hueco de baja severidad.



Figura A13-b. Hueco de severidad media.

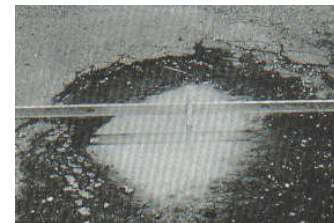


Figura A13-c. Hueco de severidad alta.

#### 14. CRUCE DE VÍA FÉRREA.

*Descripción:* Los defectos asociados al cruce de vía férrea son *depresiones* o *abultamientos* alrededor o entre los rieles.

*Niveles de severidad*

L: El cruce de vía férrea produce *calidad de tránsito* de baja severidad.

M: El cruce de vía férrea produce *calidad de tránsito* de severidad media.

H: El cruce de vía férrea produce *calidad de tránsito* de severidad alta.

*Medida*

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.

*Opciones de reparación*

L: No se hace nada.

M: Parcheo superficial o parcial de la aproximación. Reconstrucción del cruce.

H: Parcheo superficial o parcial de la aproximación. Reconstrucción del cruce.



Figura A14-a. Cruce de vía férrea de baja severidad.

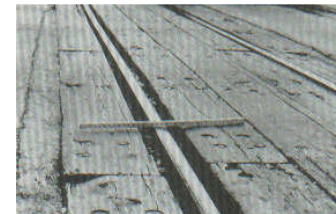


Figura A14-b. Cruce de vía férrea de severidad media.



Figura A14-c. Cruce de vía férrea de severidad alta.

## 15. AHUELLAMIENTO.

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

### *Niveles de severidad*

Profundidad media del ahuellamiento:

L: 6.0 a 13.0 mm.

M: >13.0 mm a 25.0 mm.

H: > 25.0 mm.

### *Medida*

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

### *Opciones de reparación*

L: No se hace nada. Fresado y sobrecarpeta.

M: Parcheo superficial, parcial o profundo. Fresado y sobrecarpeta.

H: Parcheo superficial, parcial o profundo. Fresado y sobrecarpeta.

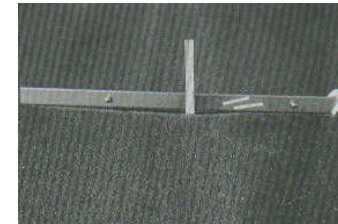


Figura A15-a. Ahuellamiento de baja severidad.



Figura A15-b. Ahuellamiento de severidad media.



Figura A15-c. Ahuellamiento de alta severidad.



## 16. DESPLAZAMIENTO.

*Descripción:* El *desplazamiento* es un corrimiento longitudinal y permanente de un área localizada de la superficie del pavimento producido por las cargas del tránsito. Cuando el tránsito empuja contra el pavimento, produce una onda corta y abrupta en la superficie. Normalmente, este daño sólo ocurre en pavimentos con mezclas de asfalto líquido inestables (cutback o emulsión).

Los *desplazamientos* también ocurren cuando pavimentos de concreto asfáltico confinan pavimentos de concreto de cemento Portland. La longitud de los pavimentos de concreto de cemento Portland se incrementa causando el *desplazamiento*.

### *Niveles de severidad*

L: El *desplazamiento* causa *calidad de tránsito* de baja severidad.

M: El *desplazamiento* causa *calidad de tránsito* de severidad media.

H: El *desplazamiento* causa *calidad de tránsito* de alta severidad.

### *Medida*

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

### *Opciones de reparación*

L: No se hace nada. Fresado.

M: Fresado. Parcheo parcial o profundo.

H: Fresado. Parcheo parcial o profundo.



Figura A16-a. Desplazamiento de baja severidad.



Figura A16-b. Desplazamiento de severidad media.

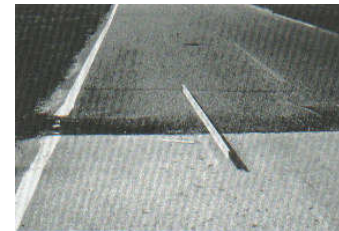


Figura A16-c. Desplazamiento de severidad alta.

### 17. GRIETAS PARABÓLICAS (SLIPPAGE).

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

#### *Nivel de severidad*

L: Ancho promedio de la grieta menor que 10.0 mm.

M: Existe una de las siguientes condiciones:

1. Ancho promedio de la grieta entre 10.0 mm y 38.0 mm.
2. El área alrededor de la grieta está fracturada en pequeños pedazos ajustados.

H: Existe una de las siguientes condiciones:

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

#### *Medida*

El área asociada con una *grieta parabólica* se mide en pies cuadrados (ó metros cuadrados) y se califica según el nivel de severidad más alto presente en la misma.

#### *Opciones de reparación*

L: No se hace nada. Parcheo parcial.

M: Parcheo parcial.

H: Parcheo parcial.

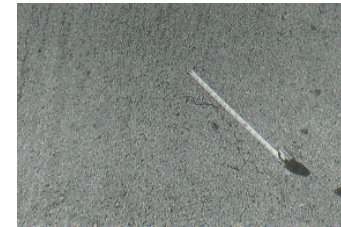


Figura A17-a. Grieta parabólica (slippage) de baja severidad.



Figura A17-b. Grieta parabólica (slippage) de severidad media.



Figura A17-c. Grieta parabólica (slippage) de alta severidad.

### 18. HINCHAMIENTO.

*Descripción:* El *hinchamiento* se caracteriza por un pandeo hacia arriba de la superficie del pavimento – una onda larga y gradual con una longitud mayor que 3,0 m. El *hinchamiento* puede estar acompañado de agrietamiento superficial. Usualmente, este daño es causado por el congelamiento en la subrasante o por suelos potencialmente expansivos.

#### *Nivel de severidad*

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

M: El *hinchamiento* causa *calidad de tránsito* de severidad media.

H: El *hinchamiento* causa *calidad de tránsito* de alta severidad.

#### *Medida*

El *hinchamiento* se mide en pies cuadrados (ó metros cuadrados) de área afectada.

#### *Opciones de reparación*

L: No se hace nada.

M: No se hace nada. Reconstrucción.

H: Reconstrucción.



Figura A18. Ejemplo de hinchamiento. El nivel de severidad se basa en el criterio de la calidad de tránsito.

### 19. METEORIZACIÓN / DESPRENDIMIENTO DE AGREGADOS.

*Descripción:* 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. Además, el desprendimiento puede ser causado por ciertos tipos de tránsito, por ejemplo, vehículos de orugas. El ablandamiento de la superficie y la pérdida de los agregados debidos al derramamiento de aceites también se consideran como *desprendimiento*.

#### *Niveles de severidad*

L: 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: 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.

H: 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.

#### *Medida*

La *meteorización* y el *desprendimiento* se miden en pies cuadrados (ó metros cuadrados) de área afectada.

#### *Opciones de reparación*

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

M: Sello superficial. Tratamiento superficial. Sobrecarpeta.

H: Tratamiento superficial. Sobrecarpeta. Reciclaje. Reconstrucción.

Para los niveles M y H, si el daño es localizado, por ejemplo, por derramamiento de aceite, se hace parcheo parcial.

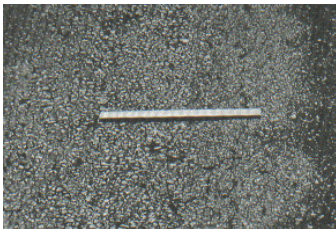


Figura A19-a. Meteorización / desprendimiento de agregados de baja severidad.

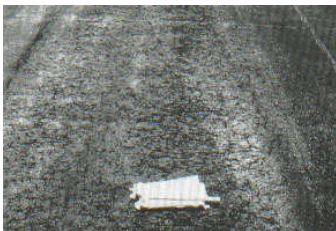


Figura A19-b. Meteorización / desprendimiento de agregados de severidad media.



Figura A19-c. Meteorización / desprendimiento de agregados de alta severidad.

## MANUAL DE DAÑOS EN VÍAS CON SUPERFICIE EN CONCRETO DE CEMENTO PÓRTLAND

### 21. BLOWUP - BUCKLING.

*Descripción:* Los blowups o buckles ocurren en tiempo cálido, usualmente en una grieta o junta transversal que no es lo suficientemente amplia para permitir la expansión de la losa. Por lo general, el ancho insuficiente se debe a la infiltración de materiales incompresibles en el espacio de la junta. Cuando la expansión no puede disipar suficiente presión, ocurrirá un movimiento hacia arriba de los bordes de la losa (Buckling) o fragmentación en la vecindad de la junta. También pueden ocurrir en los sumideros y en los bordes de las zanjas realizadas para la instalación de servicios públicos.

#### *Niveles de Severidad*

L: Causa una calidad de tránsito de baja severidad.

M: Causa una calidad de tránsito de severidad media.

H: Causa una calidad de tránsito de alta severidad.

#### *Medida*

En una grieta, un *blowup* se cuenta como presente en una losa. Sin embargo, si ocurre en una junta y afecta a dos losas se cuenta en ambas. Cuando la severidad del *blowup* deja el pavimento inutilizable, este debe repararse de inmediato.

#### *Opciones de Reparación*

L: No se hace nada. Parcheo profundo o parcial.

M: Parcheo profundo. Reemplazo de la losa.

H: Parcheo profundo. Reemplazo de la losa.

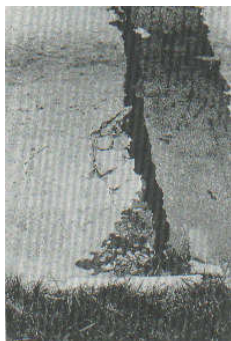


Figura C21-a. Blowup / Buckling de baja severidad.



Figura C21-b. Blowup / Buckling de baja severidad.



Figura C21-c. Blowup / Buckling de baja severidad.

## 22. GRIETA DE ESQUINA

*Descripción:* Una *grieta de esquina* es una grieta que intercepta las juntas de una losa a una distancia menor o igual que la mitad de la longitud de la misma en ambos lados, medida desde la esquina. Por ejemplo, una losa con dimensiones de 3.70 m por 6.10 m presenta una grieta a 1.50 m en un lado y a 3.70 m en el otro lado, esta grieta no se considera *grieta de esquina* sino *grieta diagonal*; sin embargo, una grieta que intercepta un lado a 1.20 m y el otro lado a 2.40 m si es una *grieta de esquina*. Una *grieta de esquina* se diferencia de un *descascamiento de esquina* en que aquella se extiende verticalmente a través de todo el espesor de la losa, mientras que el otro intercepta la junta en un ángulo. Generalmente, la repetición de cargas combinada con la pérdida de soporte y los esfuerzos de alabeo originan las grietas de esquina.

### Niveles de Severidad

L: La grieta esta definida por una grieta de baja severidad y el área entre la grieta y las juntas está ligeramente agrietada o no presenta grieta alguna.

M: Se define por una grieta de severidad media o el área entre la grieta y las juntas presenta una grieta de severidad media (M)

H: Se define por una grieta de severidad alta o el área entre la junta y las grietas esta muy agrietada.

### Medida

La losa dañada se registra como una (1) losa si:

1. Sólo tiene una grieta de esquina.
2. Contiene más de una grieta de una severidad particular.
3. Contiene dos o más grietas de severidades diferentes.

Para dos o más grietas se registrará el mayor nivel de severidad. Por ejemplo, una losa tiene una *grieta de esquina* de severidad baja y una de severidad media, deberá contabilizarse como una (1) losa con una *grieta de esquina* media.

### Opciones de reparación

L: No se hace nada. Sellado de grietas de más de 3 mm.

M: Sellado de grietas. Parqueo profundo.

H: Parqueo profundo.

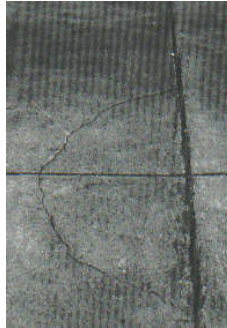


Figura C22-a. Grieta de esquina de baja severidad.

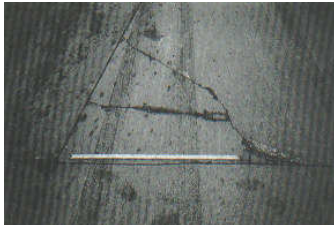


Figura C22-b. Grieta de esquina de severidad media.



Figura C22-c. Grieta de esquina de alta severidad.

### 23. LOSA DIVIDIDA.

*Descripción:* La losa es *dividida* por grietas en cuatro o más pedazos debido a sobrecarga o a soporte inadecuado. Si todos los pedazos o grietas están contenidos en una *grieta de esquina*, el daño se clasifica como una *grieta de esquina severa*.

*Niveles de severidad*

En el Cuadro 23.1 se anotan los niveles de severidad para losas divididas.

**Cuadro 23.1. Niveles de Severidad para Losa Dividida**

Severidad de la mayoría de las grietas	Número de pedazos en la losa agrietada		
	4 a 5	6 a 8	8 ó más
L	L	L	M
M	M	M	H
H	M	M	H

*Medida*

Si la *losa dividida* es de severidad media o alta, no se contabiliza otro tipo de daño.

*Opciones de reparación*

L: No se hace nada. Sellado de grietas de ancho mayor de 3mm.

M: Reemplazo de la losa.

H: Reemplazo de la losa.



Figura C23-a. Losa dividida de baja severidad.



Figura C23-b. Losa dividida de severidad media.



Figura C23-c. Losa dividida de alta severidad.

#### **24. GRIETA DE DURABILIDAD "D".**

*Descripción:* Las grietas de durabilidad "D" son causadas por la expansión de los agregados grandes debido al proceso de congelamiento y descongelamiento, el cual, con el tiempo, fractura gradualmente el concreto. Usualmente, este daño aparece como un patrón de grietas paralelas y cercanas a una junta o a una grieta lineal. Dado que el concreto se satura cerca de las juntas y las grietas, es común encontrar un depósito de color oscuro en las inmediaciones de las grietas "D". Este tipo de daño puede llevar a la destrucción eventual de la totalidad de la losa.

##### *Niveles de severidad*

L: Las grietas "D" cubren menos del 15% del área de la losa. La mayoría de las grietas están cerradas, pero unas pocas piezas pueden haberse desprendido.

M: Existe una de las siguientes condiciones:

1. Las grietas "D" cubren menos del 15% del área de la losa y la mayoría de los pedazos se han desprendido o pueden removerse con facilidad.
2. Las grietas "D" cubren más del 15% del área. La mayoría de las grietas están cerradas, pero unos pocos pedazos se han desprendido o pueden removerse fácilmente.

H: Las grietas "D" cubren más del 15% del área y la mayoría de los pedazos se han desprendido o pueden removerse fácilmente.

##### *Medida*

Cuando el daño se localiza y se califica en una severidad, se cuenta como una losa. Si existe más de un nivel de severidad, la losa se cuenta como poseedora del nivel de daño más alto. Por ejemplo, si grietas "D" de baja y media severidad están en la misma losa, la losa se registra como de severidad media únicamente.

##### *Opciones de reparación*

L: No se hace nada.

M: Parcheo profundo. Reconstrucción de juntas.

H: Parcheo profundo. Reconstrucción de juntas. Reemplazo de la losa.

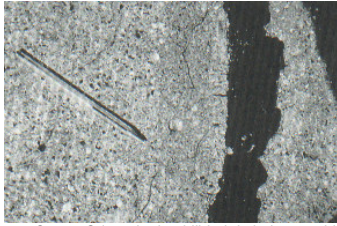


Figura C24-a. Grieta de durabilidad de baja severidad.



Figura C24-b. Grieta de durabilidad de severidad media.

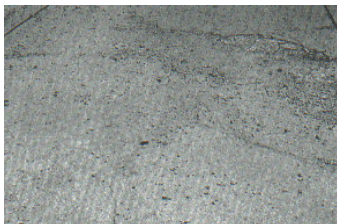


Figura C24-c. Grieta de durabilidad de alta severidad.

## 25. ESCALA.

*Descripción:* Escala es la diferencia de nivel a través de la junta. Algunas causas comunes que la originan son:

1. Asentamiento debido una fundación blanda.
2. Bombeo o erosión del material debajo de la losa.
3. Alabeo de los bordes de la losa debido a cambios de temperatura o humedad.

### *Niveles de Severidad*

Se definen por la diferencia de niveles a través de la grieta o junta como se indica en el Cuadro 25.1.

**Cuadro 25.1 Niveles de Severidad para Escala.**

Nivel de severidad	Diferencia en elevación
L	3 a 10 mm
M	10 a 19 mm
H	Mayor que 19 mm

### *Medida*

La *escala* a través de una junta se cuenta como una losa. Se cuentan únicamente las losas afectadas. Las *escalas* a través de una grieta no se cuentan como daño pero se consideran para definir la severidad de las grietas.

### *Opciones de reparación*

L: No se hace nada. Fresado.

M: Fresado.

H: Fresado.





Figura C25-a. Escala de baja severidad.



Figura C25-b. Escala de severidad media.

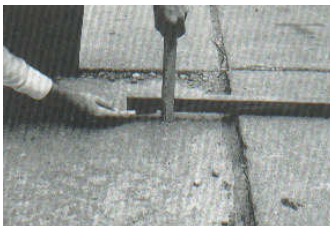


Figura C25-c. Escala de alta severidad.

## **26. DAÑO DEL SELLO DE LA JUNTA.**

*Descripción:* Es cualquier condición que permite que suelo o roca se acumule en las juntas, o que permite la infiltración de agua en forma importante. La acumulación de material incompresible impide que la losa se expanda y puede resultar en fragmentación, levantamiento o descascaramiento de los bordes de la junta. Un material llenante adecuado impide que lo anterior ocurra. Los tipos típicos del daño de junta son:

1. Desprendimiento del sellante de la junta.
2. Extrusión del sellante.
3. Crecimiento de vegetación.
4. Endurecimiento del material llenante (oxidación).
5. Pérdida de adherencia a los bordes de la losa.
6. Falta o ausencia del sellante en la junta.

### Niveles de Severidad

L: El *sellante* está en una condición buena en forma general en toda la sección. Se comporta bien, con solo daño menor.

M: Está en condición regular en toda la sección, con uno o más de los tipos de daño que ocurre en un grado moderado. El sellante requiere reemplazo en dos años.

H: Está en condición generalmente buena en toda la sección, con uno o más de los daños mencionados arriba, los cuales ocurren en un grado severo. El sellante requiere reemplazo inmediato.

### Medida

No se registra losa por losa sino que se evalúa con base en la condición total del *sellante* en toda el área.

### Opciones de reparación

L: No se hace nada.

M: Resellado de juntas.

H: Resellado de juntas.



Figura C26-a. Daño del sello de junta de baja severidad.

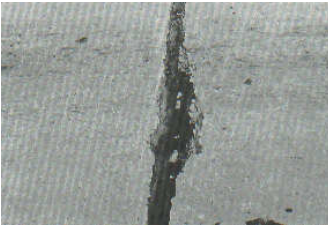


Figura C26-b. Daño del sello de junta de severidad media.



Figura C26-c. Daño del sello de junta de alta severidad.

### **27. DESNIVEL CARRIL / BERMA.**

*Descripción:* El *desnivel carril / berma* es la diferencia entre el asentamiento o erosión de la berma y el borde del pavimento. La diferencia de niveles puede constituirse como una amenaza para la seguridad. También puede ser causada por el incremento de la infiltración de agua.

#### *Nivel de severidad*

L: La diferencia entre el borde del pavimento y la berma es de 25.0 mm a 51.0 mm.

M: La diferencia de niveles es de 51.0 mm a 102.0 mm.

H: La diferencia de niveles es mayor que 102.0 mm.

#### *Medida*

El *desnivel carril / berma* se calcula promediando los desniveles máximo y mínimo a lo largo de la losa. Cada losa que exhiba el daño se mide separadamente y se registra como una losa con el nivel de severidad apropiado.

#### *Opciones de reparación*

L, M, H: Renivelación y llenado de bermas para coincidir con el nivel del carril.



Figura C27-a. Desnivel carril / berma de baja severidad.



Figura C27-b. Desnivel carril / berma de severidad media.

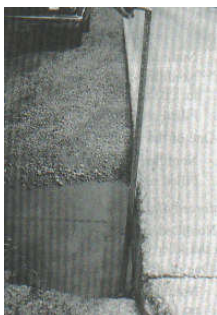


Figura C27-c. Desnivel carril / berma de alta severidad.

## 28. GRIETAS LINEALES (Grietas longitudinales, transversales y diagonales).

*Descripción:* Estas grietas, que dividen la losa en dos o tres pedazos, son causadas usualmente por una combinación de la repetición de las cargas de tránsito y el alabeo por gradiente térmico o de humedad. Las losas divididas en cuatro o más pedazos se contabilizan como *losas divididas*. Comúnmente, las *grietas* de baja severidad están relacionadas con el alabeo o la fricción y no se consideran daños estructurales importantes. Las *grietas capilares*, de pocos pies de longitud y que no se propagan en todo la extensión de la losa, se contabilizan como *grietas de retracción*.

### *Niveles de severidad*

#### Losas sin refuerzo

L: Grietas no selladas (incluye llenante inadecuado) con ancho menor que 12.0 mm, o grietas selladas de cualquier ancho con llenante en condición satisfactoria. No existe escala.

M: Existe una de las siguientes condiciones:

1. Grieta no sellada con ancho entre 12.0 mm y 51.0 mm.
2. Grieta no sellada de cualquier ancho hasta 51.0 mm con escala menor que 10.0 mm.
3. Grieta sellada de cualquier ancho con escala menor que 10.0 mm.

H: Existe una de las siguientes condiciones:

1. Grieta no sellada con ancho mayor que 51.0 mm.
2. Grieta sellada o no de cualquier ancho con escala mayor que 10.0 mm.

#### Losas con refuerzo

L: Grietas no selladas con ancho entre 3.0 mm y 25.0 mm, o grietas selladas de cualquier ancho con llenante en condición satisfactoria. No existe escala.

M: Existe una de las siguientes condiciones:

1. Grieta no sellada con un ancho entre 25.0 mm y 76.0 mm y sin escala.
2. Grieta no sellada de cualquier ancho hasta 76.0 mm con escala menor que 10.0 mm.
3. Grieta sellada de cualquier ancho con escala hasta de 10.0 mm.

H: Existe una de las siguientes condiciones:

1. Grieta no sellada de más de 76.0 mm de ancho.
2. Grieta sellada o no de cualquier ancho y con escala mayor que 10.0 mm.

### *Medida*

Una vez se ha establecido la severidad, el daño se registra como una losa. Si dos grietas de severidad media se presentan en una losa, se cuenta dicha losa como una poseedora de grieta de alta severidad. Las losas divididas en cuatro o más pedazos se cuentan como *losas divididas*. Las losas de longitud mayor que 9.10 m se dividen en "losas" de aproximadamente igual longitud y que tienen juntas imaginarias, las cuales se asumen están en perfecta condición.

### *Opciones de reparación*

L: No se hace nada. Sellado de grietas más anchas que 3.0 mm.

M: Sellado de grietas.

H: Sellado de grietas. Parcheo profundo. Reemplazo de la losa.



Figura C28-a. Grietas lineales de baja severidad en losa de concreto simple.



Figura C28-b. Grietas lineales de severidad media en losa de concreto reforzado.



Figura C28-c. Grietas lineales de alta severidad en losa de concreto simple.

### **29. PARCHE GRANDE (MAYOR DE 0.45 M<sup>2</sup>) Y ACOMETIDAS DE SERVICIOS PÚBLICOS.**

*Descripción:* Un *parche* es un área donde el pavimento original ha sido removido y reemplazado por material nuevo. Una *excavación de servicios públicos* (utility cut) es un *parche* que ha reemplazado el pavimento original para permitir la instalación o mantenimiento de instalaciones subterráneas. Los niveles de severidad de una *excavación de servicios* son los mismos que para el *parche* regular.

#### *Niveles de severidad*

L: El *parche* está funcionando bien, con poco o ningún daño.

M: El *parche* está moderadamente deteriorado o moderadamente descascarado en sus bordes. El material del *parche* puede ser retirado con esfuerzo considerable.

H: El *parche* está muy dañado. El estado de deterioro exige reemplazo.

#### *Medida*

Si una losa tiene uno o más *parches* con el mismo nivel de severidad, se cuenta como una losa que tiene ese daño. Si una sola losa tiene más de un nivel de severidad, se cuenta como una losa con el mayor nivel de severidad. Si la causa del *parche* es más severa, únicamente el daño original se cuenta.

#### *Opciones para Reparación*

L: No se hace nada.

M: Sellado de grietas. Reemplazo del *parche*.

H: Reemplazo del *parche*.



Figura C29-a. Parcho grande y acometidas de servicios públicos de baja severidad.

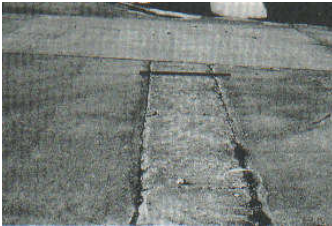


Figura C29-b. Parcho grande y acometida de servicios públicos de severidad media.

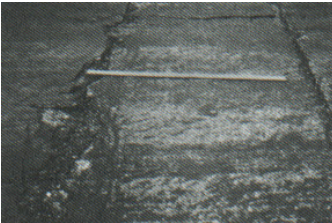


Figura C29-c. Parcho grande y acometidas de servicios públicos de alta severidad.

### **30. PARCHE PEQUEÑO (MENOR DE 0.45 M<sup>2</sup>).**

*Descripción:* Es un área donde el pavimento original ha sido removido y reemplazado por un material de relleno.

#### *Niveles de Severidad*

L: El *parcho* está funcionando bien, con poco o ningún daño.

M: El *parcho* está moderadamente deteriorado. El material del *parcho* puede ser retirado con considerable esfuerzo.

H: El *parcho* está muy deteriorado. La extensión del daño exige reemplazo.

#### *Medida*

Si una losa presenta uno o más parches con el mismo nivel de severidad, se registra como una losa que tiene ese daño. Si una sola losa tiene más de un nivel de severidad, se registra como una losa con el mayor nivel de daño. Si la causa del parche es más severa, únicamente se contabiliza el daño original.

#### *Opciones para Reparación*

L: No se hace nada.

M: No se hace nada. Reemplazo del parche.

H: Reemplazo del parche.



Figura C30-a. Parche pequeño de baja severidad.

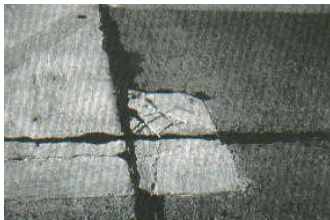


Figura C30-b. Parche pequeño de severidad media.



Figura C30-c. Parche pequeño de alta severidad.

### **31. PULIMENTO DE AGREGADOS.**

*Descripción:* Este daño se causa por aplicaciones repetidas de cargas del tránsito. Cuando los agregados en la superficie se vuelven suaves al tacto, se reduce considerablemente la adherencia con las llantas. Cuando la porción del agregado que se extiende sobre la superficie es pequeña, la textura de pavimento no contribuye significativamente a reducir la velocidad del vehículo. El *pulimento de agregados* que se extiende sobre el concreto es despreciable y suave al tacto. Este tipo de daño se reporta cuando el resultado de un ensayo de resistencia al deslizamiento es bajo o ha disminuido significativamente respecto a evaluaciones previas.

#### *Niveles de Severidad*

No se definen grados de severidad. Sin embargo, el grado de pulimento deberá ser significativo antes de incluirlo en un inventario de la condición y calificarlo como un defecto.

#### *Medida*

Una losa con agregado pulido se cuenta como una losa.

#### *Opciones de reparación*

L, M y H: Ranurado de la superficie. Sobrecarpeta.



Figura C31. Pulimento de agregados.

### **32. POPOUTS.**

*Descripción:* Un *popout* es un pequeño pedazo de pavimento que se desprende de la superficie del mismo. Puede deberse a partículas blandas o fragmentos de madera rotos y desgastados por el tránsito. Varían en tamaño con diámetros entre 25.0 mm y 102.0 mm y en espesor de 13.0 mm a 51.0 mm.

#### *Niveles de severidad*

No se definen grados de severidad. Sin embargo, el *popout* debe ser extenso antes que se registre como un daño. La densidad promedio debe exceder aproximadamente tres por metro cuadrado en toda el área de la losa.

#### *Medida*

Debe medirse la densidad del daño. Si existe alguna duda de que el promedio es mayor que tres *popout* por metro cuadrado, deben revisarse al menos tres áreas de un metro cuadrado elegidas al azar. Cuando el promedio es mayor que dicha densidad, debe contabilizarse la losa.

#### *Opciones de reparación*

L, M y H: No se hace nada.

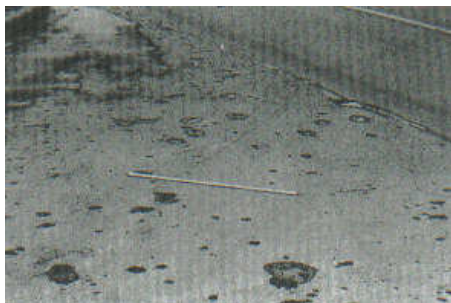


Figura C32. Popout.

### **33. BOMBEO.**

*Descripción:* El *bombeo* es la expulsión de material de la fundación de la losa a través de las juntas o grietas. Esto se origina por la deflexión de la losa debida a las cargas. Cuando una carga pasa sobre la junta entre las losas, el agua es primero forzada bajo losa delantera y luego hacia atrás bajo la losa trasera. Esta acción erosiona y eventualmente remueve las partículas de suelo lo cual generan una pérdida progresiva del soporte del pavimento. El *bombeo* puede identificarse por manchas en la superficie y la evidencia de material de base o subrasante en el pavimento cerca de las juntas o grietas. El *bombeo* cerca de las juntas es causado por un sellante pobre de la junta e indica la pérdida de soporte. Eventualmente, la repetición de cargas producirá grietas. El *bombeo* también puede ocurrir a lo largo del borde de la losa causando pérdida de soporte.

#### *Niveles de Severidad*

No se definen grados de severidad. Es suficiente indicar la existencia.

#### *Medida*

El *bombeo* de una junta entre dos losas se contabiliza como dos losas. Sin embargo, si las juntas restantes alrededor de la losa tienen bombeo, se agrega una losa por junta adicional con *bombeo*.

#### *Opciones de reparación*

L, M y H: Sellado de juntas y grietas. Restauración de la transferencia de cargas.



Figura C33-a. Bombeo.



Figura C33-b. Bombeo.

### 34. PUNZONAMIENTO.

*Descripción:* Este daño es un área localizada de la losa que está rota en pedazos. Puede tomar muchas formas y figuras diferentes pero, usualmente, está definido por una *grieta* y una *junta* o dos *grietas* muy próximas, usualmente con 1.52 m entre sí. Este daño se origina por la repetición de cargas pesadas, el espesor inadecuado de la losa, la pérdida de soporte de la fundación o una deficiencia localizada de construcción del concreto (por ejemplo, hormigueros)

*Niveles de Severidad*

**Cuadro 34.1. Niveles de Severidad para Punzonamiento**

Severidad de la mayoría de las grietas	Número de pedazos		
	2 a 3	4 a 5	Más de 5
L	L	L	M
M	L	M	H
H	M	H	H

*Medida*

Si la losa tiene uno o más punzonamientos, se contabiliza como si tuviera uno en el mayor nivel de severidad que se presente.

*Opciones de reparación*

L: No se hace nada. Sellado de grietas.

M: Parcheo profundo.

H: Parcheo profundo.





Figura C34-a. Punzonamiento de baja severidad.



Figura C34-b. Punzonamiento de severidad media.

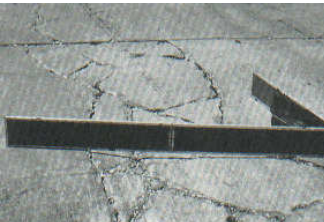


Figura C34-c. Punzonamiento de alta severidad.

### **35. CRUCE DE VÍA FÉRREA.**

*Descripción:* El daño de cruce de vía férrea se caracteriza por depresiones o abultamientos alrededor de los rieles.

#### *Niveles de severidad*

L: El cruce de vía férrea produce calidad de tránsito de baja severidad.

M: El cruce de la vía férrea produce calidad de tránsito de severidad media.

H: El cruce de la vía férrea produce calidad de tránsito de alta severidad.

#### *Medida*

Se registra el número de losas atravesadas por los rieles de la vía férrea. Cualquier gran abultamiento producido por los rieles debe contarse como parte del cruce.

#### *Opciones de reparación*

L: No se hace nada.

M: Parqueo parcial de la aproximación. Reconstrucción del cruce.

H: Parqueo parcial de la aproximación. Reconstrucción del cruce.

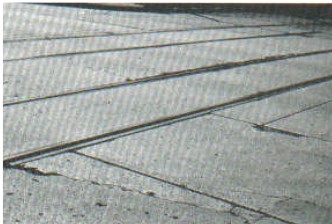


Figura C35-a. Cruce de vía férrea de baja severidad.



Figura C35-b. Cruce de vía férrea de severidad media.

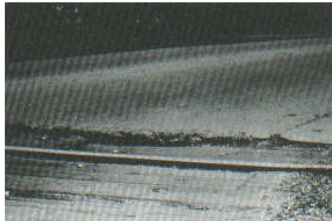


Figura C35-c. Cruce de vía férrea de alta severidad.

### **36. DESCONCHAMIENTO, MAPA DE GRIETAS, CRAQUELADO.**

*Descripción:* El *mapa de grietas* o *craquelado* (*crazing*) se refiere a una red de grietas superficiales, finas o capilares, que se extienden únicamente en la parte superior de la superficie del concreto. Las *grietas* tienden a interceptarse en ángulos de 120 grados. Generalmente, este daño ocurre por exceso de manipulación en el terminado y puede producir el *descamado*, que es la rotura de la superficie de la losa a una profundidad aproximada de 6.0 mm a 13.0 mm. El *descamado* también puede ser causado por incorrecta construcción y por agregados de mala calidad.

#### *Niveles de Severidad*

L: El *craquelado* se presenta en la mayor parte del área de la losa; la superficie esta en buena condición con solo un *descamado* menor presente.

M: La losa está *descamada*, pero menos del 15% de la losa está afectada.

H: La losa esta *descamada* en más del 15% de su área.

#### *Medida*

Una losa *descamada* se contabiliza como una losa. El *craquelado* de baja severidad debe contabilizarse únicamente si el *descamado* potencial es inminente, o unas pocas piezas pequeñas se han salido.

#### *Opciones para Reparación*

L: No se hace nada.

M: No se hace nada. Reemplazo de la losa.

H: Parcheo profundo o parcial. Reemplazo de la losa. Sobrecarpeta.



Figura C36-a. Desconchamiento / Mapa de grietas / Craquelado de baja severidad.



Figura C36-b. Desconchamiento / Mapa de grietas / Craquelado de severidad media.



Figura C36-c. Desconchamiento / Mapa de grietas / Craquelado de alta severidad.

### 37. GRIETAS DE RETRACCIÓN.

*Descripción:* Son *grietas capilares* usualmente de unos pocos pies de longitud y no se extienden a lo largo de toda la losa. Se forman durante el fraguado y curado del concreto y generalmente no se extienden a través del espesor de la losa.

#### *Niveles de Severidad*

No se definen niveles de severidad. Basta con indicar que están presentes.

#### *Medida*

Si una o más *grietas de retracción* existen en una losa en particular, se cuenta como una losa con *grietas de retracción*.

#### *Opciones de reparación*

L, M y H: No se hace nada.



Figura C37. Grietas de contracción.

### 38. DESCASCARAMIENTO DE ESQUINA

*Descripción:* Es la rotura de la losa a 0.6 m de la esquina aproximadamente. Un *descascamiento de esquina* difiere de la *grieta de esquina* en que el descascamiento usualmente buza hacia abajo para interceptar la junta, mientras que la grieta se extiende verticalmente a través de la esquina de losa. Un *descascamiento* menor que 127 mm medidos en ambos lados desde la grieta hasta la esquina no deberá registrarse.

#### Niveles de severidad

En el Cuadro 38.1 se listan los niveles de severidad para el *descascamiento de esquina*. El *descascamiento de esquina* con un área menor que 6452 mm<sup>2</sup> desde la grieta hasta la esquina en ambos lados no deberá contarse.

**Cuadro 38.1 Niveles de Severidad para Descascamiento de Esquina.**

Profundidad del Descascamiento	Dimensiones de los lados del descascamiento	
	127.0 x 127.0 mm a 305.0 x 305.0 mm	Mayor que 305.0 x 305.0 mm
Menor de 25.0 mm	L	L
> 25.0 mm a 51.0 mm	L	M
Mayor de 51.0 mm	M	H

#### Medida

Si en una losa hay una o más grietas con descascamiento con el mismo nivel de severidad, la losa se registra como una losa con descascamiento de esquina. Si ocurre más de un nivel de severidad, se cuenta como una losa con el mayor nivel de severidad.

#### Opciones de reparación

L: No se hace nada.

M: Parqueo parcial.

H: Parqueo parcial.



Figura C38-a. Descascamiento de esquina de baja severidad.

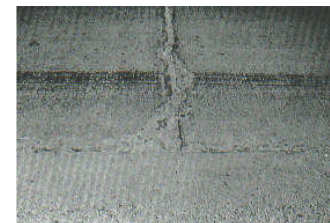


Figura C38-b. Descascamiento de esquina de severidad media.



Figura C38-c. Descascamiento de esquina de alta severidad.

### 39. DESCASCARAMIENTO DE JUNTA.

*Descripción:* Es la rotura de los bordes de la losa en los 0.60 m de la junta. Generalmente no se extiende verticalmente a través de la losa si no que intercepta la junta en ángulo. Se origina por:

1. Esfuerzos excesivos en la junta causados por las cargas de tránsito o por la infiltración de materiales incompresibles.
2. Concreto débil en la junta por exceso de manipulación.

#### Niveles de Severidad

En el Cuadro 39.1 se ilustran los niveles de severidad para *descascaramiento de junta*. Una junta desgastada, en la cual el concreto ha sido desgastado a lo largo de toda la junta se califica como de baja severidad.

**Cuadro 39.1 Niveles de Severidad Descascaramiento de Junta**

Fragmentos del Descascaramiento	Ancho del descascaramiento	Longitud del descascaramiento	
		< 0.6m	> 0.6 m
Duros. No puede removerse fácilmente (pueden faltar algunos pocos fragmentos).	< 102 mm	L	L
	> 102 mm	L	L
Suelos. Pueden removerse y algunos fragmentos pueden faltar. Si la mayoría o todos los fragmentos faltan, el descascaramiento es superficial, menos de 25.0 mm.	< 102 mm	L	M
	>102 mm	L	M
Desaparecidos. La mayoría, o todos los fragmentos han sido removidos.	< 102 mm	L	M
	> 102 mm	M	H

#### Medida

Si el *descascaramiento* se presenta a lo largo del borde de una losa, esta se cuenta como una losa con *descascaramiento de junta*. Si está sobre más de un borde de la misma losa, el borde que tenga la mayor severidad se cuenta y se registra como una losa. El *descascaramiento de junta* también puede ocurrir a lo largo de los bordes de dos losas adyacentes. Si este es el caso, cada losa se contabiliza con *descascaramiento de junta*.

#### Opciones para Reparación

L: No se hace nada.

M: Parqueo parcial.

H: Parqueo parcial. Reconstrucción de la junta.



Figura C39-a. Descascaramiento de junta de baja severidad.



Figura C39-b. Descascaramiento de junta de severidad media.

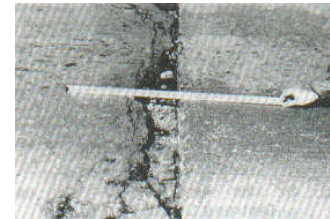


Figura C39-c. Descascaramiento de junta de alta severidad.

## GLOSARIO INGLÉS – ESPAÑOL DE LOS TIPOS DE LOS DAÑOS

### SUPERFICIE ASFÁLTICA.

Alligator Cracking	Piel de Cocodrilo
Bleeding	Exudación
Block Cracking	Agrietamiento en Bloque
Bumps and Sags	Abultamientos y Hundimientos
Corrugation	Corrugación
Depression	Depresión
Edge Cracking	Grieta de Borde
Joint Reflection Cracking	Grieta de Reflexión De Junta
Lane / Shoulder Drop Off	Desnivel Carril / Berma
Longitudinal & Transversal Cracking	Grietas Longitudinales y Transversales
Patching & Utility Patching	Parqueo y acometidas de servicios
Polished Aggregates	Pulimento de Agregados
Potholes	Huecos
Railroad Crossing	Cruce de Vía Férrea
Rutting	Ahuellamiento
Shoving	Desplazamiento
Slippage Cracking	Grietas Parabólicas o por deslizamiento
Swell	Hinchamiento
Weathering / Raveling	Meteorización / Desprendimiento de Agregados

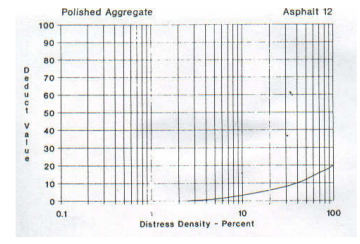
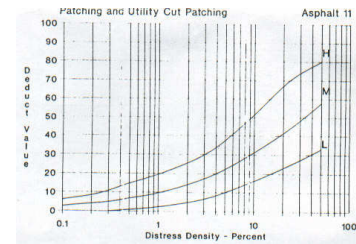
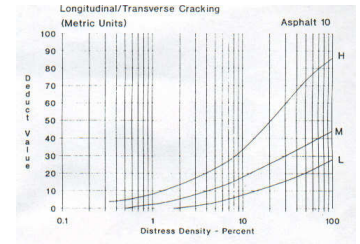
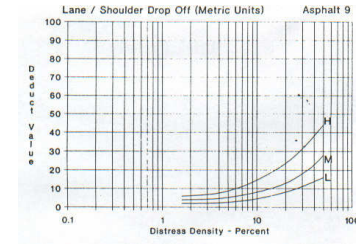
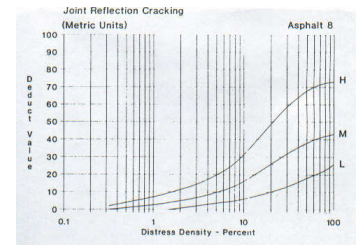
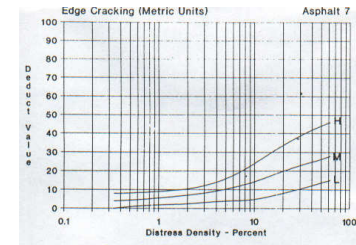
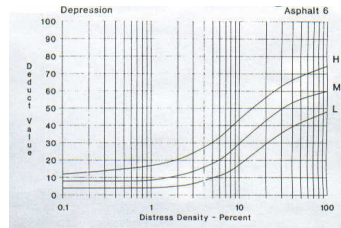
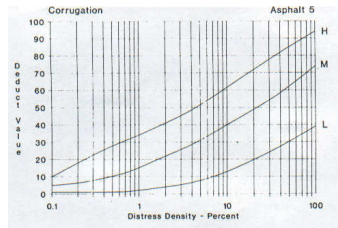
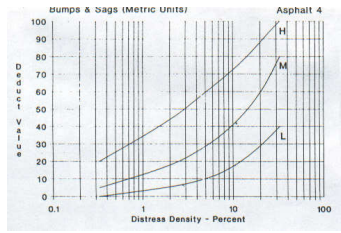
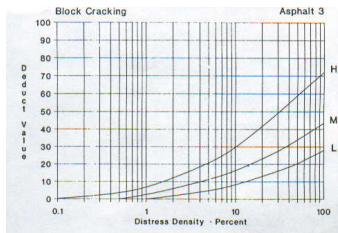
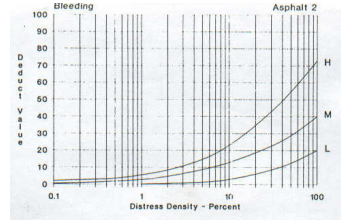
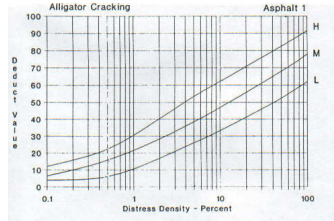
### SUPERFICIE DE CONCRETO DE CEMENTO PÓRTLAND.

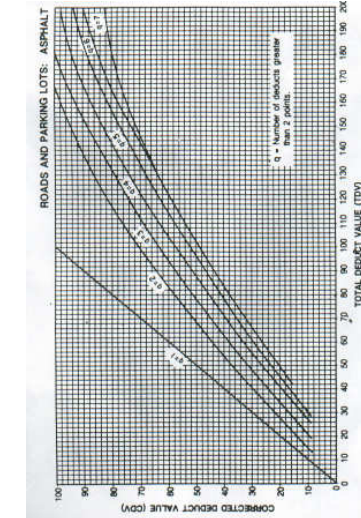
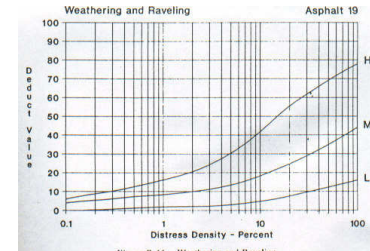
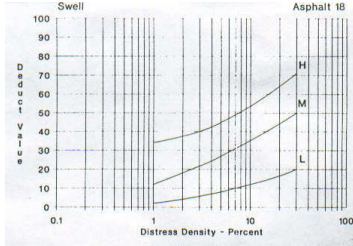
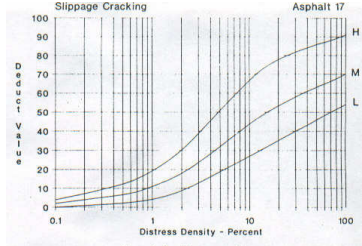
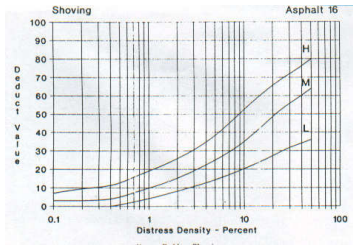
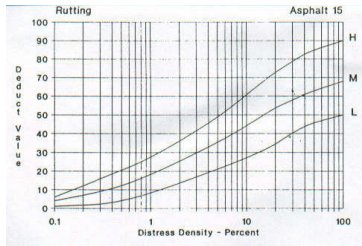
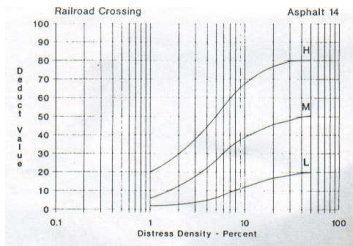
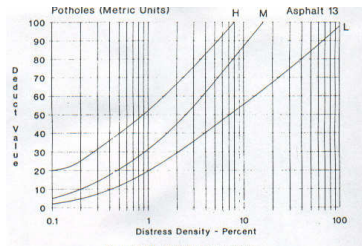
Blow up / Buckling	Blowup / Buckling
Corner Break	Grieta de Esquina
Divided Slab	Losa Dividida
Durability "D" Crack	Grieta de Durabilidad "D"
Faulting	Escala
Joint Seal	Sello de Junta
Lane / Shoulder Drop Off	Desnivel Carril / Berma
Linear Cracking	Grietas Lineales
Patching (Large)	Parqueo grande
Patching (Small)	Parqueo pequeño
Polished Aggregates	Pulimento de Agregados
Popouts	Popouts
Pumping	Bombeo
Punch-out	Punzonamiento
Railroad crossing	Cruce de Vía Férrea
Scaling / Map Cracking / Crazeing	Desconchamiento / Mapa de Grietas / Craquelado
Shrinkage Cracks	Grietas de Retracción
Spalling Corner	Descascaramiento de Esquina
Spalling Joint	Descascaramiento de Junta

## BIBLIOGRAFÍA

- SHAHIN, Mohamed Y. Pavement Management For Airports, Roads And Parking Lots. Chapman & Hall. New York. USA. 1994.
- VÁSQUEZ TORRES, Luis Carlos. Notas del Curso de Pavimentos Avanzados de la Especialización en Vías y Transporte de la Universidad Nacional de Colombia. Sede Manizales. Manizales. Colombia. 2000.
- Todas las fotografías pertenecen al libro de M. Shahin.

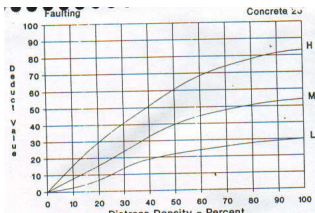
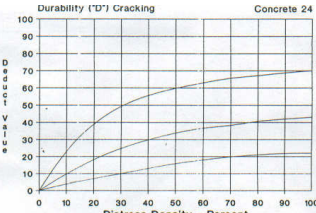
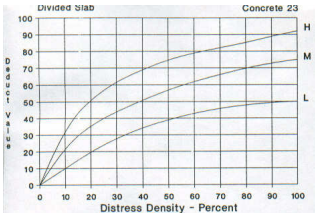
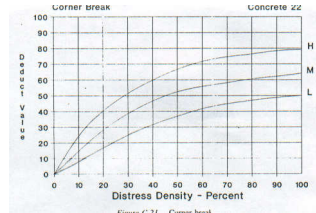
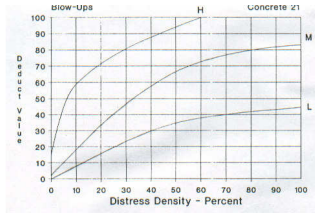
### CURVAS PARA PAVIMENTOS ASFÁLTICOS







**CURVAS PARA PAVIMENTOS DE CONCRETO**

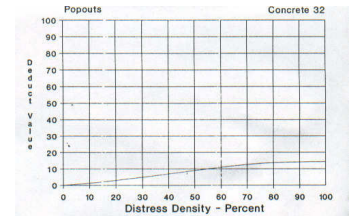
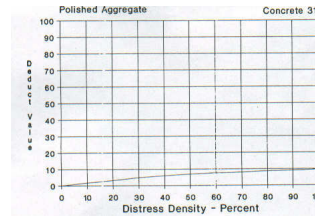
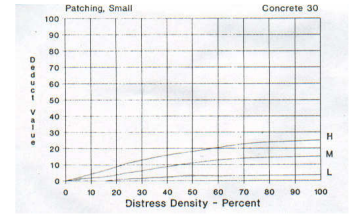
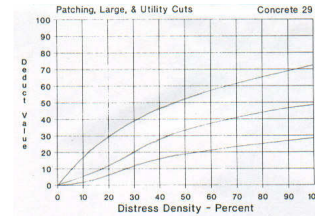
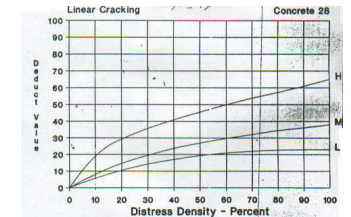
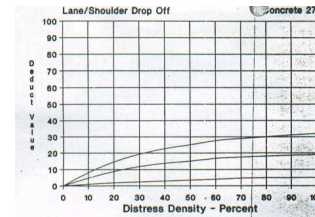


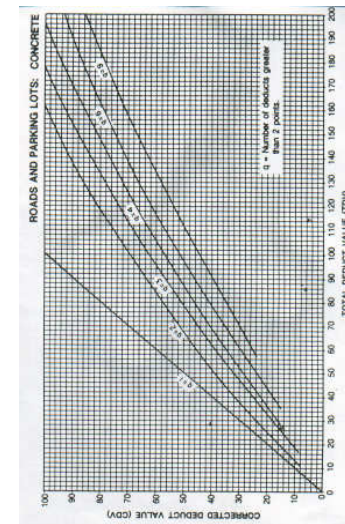
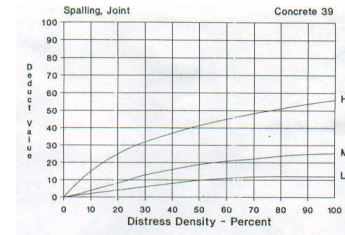
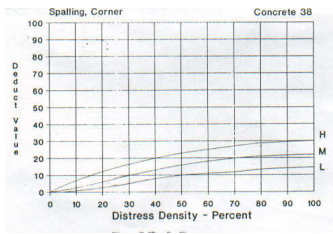
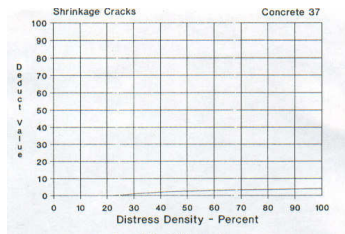
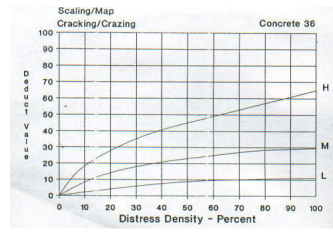
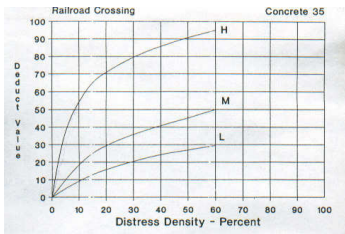
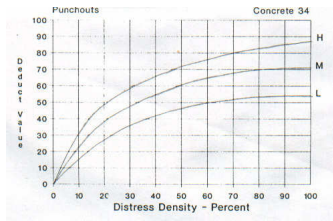
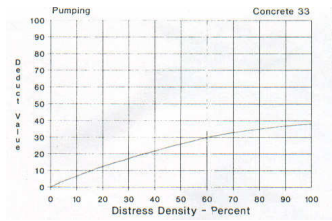
**Joint Seal Damage** Concrete 26

Joint seal damage is not rated by density. The severity of the distress is determined by the sealant's overall condition for a particular sample unit.

The deduct values for the three levels of severity are:

LOW	2 points
MEDIUM	4 points
HIGH	8 points





**ANEXO 3**  
**DESCRIPCIÓN DE ALTERNATIVAS DE TRATAMIENTOS DE**  
**PAVIMENTOS**

## **PAVIMENTOS DE HORMIGÓN**

- **SELLADO DE JUNTURAS EN PAVIMENTO DE HORMIGÓN**

Los trabajos de sellado de juntas corresponden al proceso de limpieza y sellado o resellado de las juntas en los pavimentos de hormigón.

Esta solución es utilizada para detener la infiltración de agua hacia la fundación del pavimento y evitar la acumulación de elementos incompresibles en las juntas. La infiltración de agua, causa el debilitamiento del soporte y eventual bombeo pudiendo llegar a producir grietas de esquina y fragmentación de losas. Por su parte, la acumulación de materiales incompresibles en las juntas, induce el desconche del hormigón en el borde de las juntas y es una fuente de F.O.D. (Foreign Object Damage).

### ***Técnica de aplicación***

Los trabajos de sello de juntas, consisten en primer lugar en remover el material de sello antiguo con herramientas manuales para no desconchar el hormigón existente, este procedimiento también puede ser ejecutado con agua a alta presión. La profundidad de la remoción es generalmente el doble del ancho final de la junta, promediando 2,5 cm.

Dado que el material de sello se debe adherir a las caras de la junta, se debe tener cuidado de limpiar prolijamente la junta eliminando todos los restos de material que pudieran quedar en el interior de esta. La labor de limpieza se puede realizar mediante arenado, con aire comprimido o cepillo de acero.

Hay casos en que es necesario aserrar o restituir las caras de la junta. La junta deberá ser restituida si sus caras no son verticales o si se hace necesario ajustarla a un ancho y profundidad especificada para obtener el factor de forma adecuado y obtener una perfecta liga del sello. El factor de forma es la relación entre la profundidad y el ancho el que debe estar entre 0,5 y 2,0 para minimizar la tensión del material de sello. Se recomienda no ensanchar la junta más de 20 mm. En el caso de que las juntas se

encuentren severamente desconchadas, deberán ser reparadas por medio de bacheos a profundidad parcial.

Después de ejecutado el aserrado, limpiar la junta con aire comprimido y escobillado enérgico para dejar las caras limpias y desalojar los restos de hormigón.

Luego se procede a Instalar el cordón de respaldo a la profundidad adecuada, asegurándose que el material no quede torcido o comprimido en exceso.

Finalmente se coloca el material de sello con un aplicador a presión, desde el fondo hacia arriba. No se debe rellenar hasta el borde de la junta, se debe dejar un margen desde el borde del pavimento de 3 mm para evitar su succión.

- **SELLADO DE GRIETAS**

El sellado de grietas corresponde al proceso de limpieza y sellado o resellado de grietas en un pavimento de hormigón.

Esta técnica es utilizada para detener la infiltración de agua hacia la fundación del pavimento y evitar la acumulación de elementos incompresibles en las juntas. La infiltración de agua, causa el debilitamiento del soporte y eventual bombeo pudiendo llegar a producir grietas de esquina y fragmentación de losas. Por su parte, la acumulación de materiales incompresibles en las juntas, induce el desconche del hormigón en el borde de las juntas y es una fuente de F.O.D.

### ***Técnica de aplicación***

Si la grieta se encuentra previamente sellada, se deberá remover el material sellante.

Acanalar la grieta con herramientas adecuada, esto puede realizarse con un ruteador con eje vertical. No se debe usarse en este procedimiento acanalador rotatorio de impacto de eje horizontal ya que produce desconches en el hormigón. Este procedimiento puede también realizarse a mano, utilizando un gancho metálico.

El tipo de sellado, se determina dependiendo del ancho de la grieta y la cantidad de desconches que presente la misma. Como recomendación se plantean los siguientes procedimientos:

- Para grietas hasta 3mm sin desconches, no ensanchar ni sellar. En caso de presentar desconches menores; limpiar con aire comprimido y sellar.
- Grietas entre 3 mm y 10 mm, sin desconches y con los bordes irregulares, soplar o acanalar antes de sellar. Si se observan desconches menores, acanalar y sellar.
- Grietas entre 10 mm y 20 mm, sin desconches, realizar acanalado y considerar la utilización del cordón de respaldo, si la grieta es muy profunda. Si la grieta presenta desconches mayores, repararlos como desconches de junta.
- Grietas mayores a 20 mm, sin desconches, realizar acanalado y considerar la utilización del cordón de respaldo, si la grieta es muy profunda. Si la grieta presenta desconches mayores reconstruir la grieta como si fuera una junta.
- Si la grieta tiene un ancho cercano a 40 mm. Puede tratarse temporalmente como un bache y rellenarse con mezcla asfáltica, si no está trabajando. Para una reparación permanente reconstruir como si fuera una junta.

Después de acanalar, arenar la junta, luego limpiar con aire comprimido. Como mínimo se debe soplar y sacar todos los restos que queden en la cavidad y limpiar enérgicamente con escobilla de acero.

Como paso final se debe instalar el cordón de respaldo, en el caso que se necesite y se sella la grieta con un material sellante adecuado, desde el fondo de la grieta.

- **CEPILLADO DE PAVIMENTOS DE HORMIGÓN (DIAMOND GRINDING)**

El cepillado de pavimentos, consiste en remover una delgada capa superficial del pavimento existente mediante una barra rotatoria compuesta de una serie de discos diamantados dispuestos uno muy cerca del otro.

Este método se utiliza para reperfilear pavimentos de hormigón con juntas que han desarrollado una excesiva irregularidad debido al escalonamiento o por alabeo de las losas. Se utiliza también para restaurar el perfil transversal para mejorar el drenaje del pavimento y también para mejorar la textura de la superficie.

***Técnica de aplicación***

El cepillado deberá efectuarse antes que el escalonamiento se torne excesivo para evitar costos excesivos en los trabajos.

Antes de la aplicación de este tipo de trabajos, es posible que los pavimentos requieran de otro tipo de reparaciones como bacheos (de espesor parcial o total), rellenos bajo las losas y restitución de transferencia de cargas.

Se debe cuidar que los sellos de grietas y juntas se realicen con posterioridad a los trabajos de cepillado.

- **BACHEO EN HORMIGÓN ESPESOR PARCIAL**

Se denomina bacheo a profundidad parcial a la remoción parcial del espesor de losas en áreas localizadas que se encuentran deterioradas o desconchadas del pavimento y su reemplazo por materiales adecuados tales como morteros de cemento o epóxicos.

Esta técnica se utiliza para reparar deterioros en pavimentos de hormigón que están confinados en la superficie de la losa en unos pocos centímetros, tales como desconches de juntas o de esquinas.

***Técnica de aplicación***

La técnica del bacheo a profundidad parcial consta en primer lugar con el cuadramiento del área a reemplazar, incluyendo el área deteriorada más un margen de 10 cm.

A continuación se lleva a cabo la ejecución de un corte vertical con disco diamantado de profundidad mínima de 5 cm alrededor de la zona marcada, asegurándose de que los cortes se intersecten, para obtener un parche cuadrado o rectangular con caras verticales.

El rompimiento del hormigón se puede ejecutar con martillos neumáticos hasta llegar al hormigón sano, retirando todo el hormigón suelto y limpiando la zona con aire comprimido para remover todo el polvo y restos pequeños, y así poder realizar la aplicación del puente de adherencia.

Antes de colocar el material de relleno (morteros epóxicos o resinas epóxicas) se aplica el puente de adherencia se ejecuta en un espesor aproximado de 1,5 mm en toda el área del parche, incluyendo las paredes verticales. En el caso de que el material a colocar no necesitase de un puente de adherencia, se procederá a humedecer la superficie, cuidando de no dejar agua libre. Se deberá colocar algún elemento en la junta de pavimento que permita formar la junta en la zona que se encuentra en reparación.

La colocación del hormigón en el parche se debe realizar cuidando de no dejar caer la mezcla desde una altura mayor a 30 cm. Como terminación se le dará un escobillado similar al adyacente. Después que el hormigón haya adquirido su resistencia inicial se retira el inserto con que se formó la junta.

Luego se aplica un curado mínimo de tres días al parche; a menos que se use resina o mortero epóxicos; con algún compuesto de curado pigmentado. Posteriormente se realiza la rectificación de la junta para finalizar con su limpieza y relleno con un material apropiado.

- **BACHEO EN HORMIGÓN ESPESOR TOTAL Y REEMPLAZO DE LOSAS**

Este tipo de reparación se refiere al reemplazo total o a una parte de la losa en todo el espesor de ella. Cuando se abarca toda la losa, se trata de "reemplazo de losas".



Un parche que abarca todo el espesor de la losa es utilizado para reparar una gran variedad de deterioros, la mayoría de los cuales se producen cerca de las juntas, grietas de esquina o grietas tipo "D". Esta reparación, si se ejecuta cercana a juntas o grietas requiere mayor detalle al restaurar la transferencia de carga entre ellas.

Este tipo de trabajo también puede ser utilizado en la reparación de juntas o grietas reflejadas en un recapado asfáltico sobre pavimento de hormigón, reparándose la losa subyacente.

### ***Técnica de aplicación***

En primer lugar se debe cuadrar el área que va a ser reparada, incluyendo cualquier daño adyacente. Para prevenir que el parche quede suelto, se recomienda que la dimensión mínima sea mayor a 1.800 mm. Estas dimensiones mínimas también están sujetas a la utilización de artefactos para la transferencia de carga, tales como barras de amarre o de transferencia de carga.

Se continúa con el aserrado del contorno del área a reparar, a excepción de los lados que correspondan a juntas. El aserrado se puede realizar en toda la profundidad de la losa o a una profundidad parcial. Se debe tener en cuenta que el aserrado parcial deja una traba por efecto de los agregados, pero genera potenciales desconches en el fondo de la losa durante el proceso de demolición y remoción del hormigón. La rotura del hormigón debe ser realizada desde el centro del área aserrada, ya sea con combos o martillos neumáticos o hidráulicos

Una vez finalizado el aserrado se debe realizar la remoción del hormigón demolido y preparación de la fundación y eliminación de la humedad excesiva. Dado el proceso de rotura y remoción del hormigón, la parte superior de las sub bases granulares suelen soltarse y resulta difícil compactar pequeños espesores, por lo que se recomienda el reemplazo de la parte suelta de la sub base por hormigón (aumentando el espesor de la losa).

Luego se debe enderezar o realinear las barras de amarre o de traspaso de carga existentes o instalar nuevas barras de ambos tipos cuando el proyecto lo requiera

mediante la perforación de agujeros del diámetro adecuado en la cara de la losa existente.

Finalmente se realiza la colocación del hormigón, asegurándose que los bordes reciban una buena vibración. En caso que la zona reparada no pueda cerrarse al tráfico por varios días, se deberá considerar el uso de hormigones de resistencia temprana.

- **REHABILITACIÓN DE PAVIMENTOS**

La rehabilitación de pavimentos es una actividad mayor y tiene varias consecuencias sobre los recursos e interrupción de tránsito debido a la longitud y extensión de la vías cerradas. Los volúmenes de tránsito de las autopistas, especialmente en áreas urbanas, han tenido un aumento tremendo por sobre los 20 años, llevando en muchos casos a la aparición de fallas más temprano de lo esperado en los pavimentos.

### **Mezclas asfálticas especiales**

A continuación se analizan algunas mezclas asfálticas especiales utilizadas para mejora o rehabilitar la condición funcional de un pavimento existente. En general se aplican en espesores bajos y utilizan ligantes modificados.

- **Mezcla drenante**

Las mezclas drenantes poseen un esqueleto mineral con un gran porcentaje de huecos, lo cual permite evacuar el agua de un pavimento prácticamente al mismo tiempo que cae sobre él, de este modo se obtienen pavimentos muy seguros ya que se evita el patinaje e hidropneumático de los vehículos, lo que mejora sustancialmente la visibilidad en condiciones climáticas lluviosas.

En estas mezclas las exigencias en el ensayo de Desgaste de los Ángeles y en el de Partículas Chancadas son mayores que en el caso de mezclas convencionales.

Para lograr el efecto drenante, estas mezclas deben tener un alto porcentaje de huecos, por lo que la granulometría del árido debe ser discontinua y abierta.

El ligante utilizado en este caso es del tipo elastomérico, el cual posee propiedades de adhesividad muy mejoradas en relación con los asfaltos tradicionales.

El diseño de estas mezclas tiene como objetivo buscar el contenido mínimo de asfalto, que asegure la adhesividad de la mezcla. Esto se realiza con el método Cantabro.

No se requiere ningún equipamiento especial para la confección y colocación de las mezclas drenantes, estas se elaboran en plantas asfálticas convencionales, se colocan con terminadora y su compactación se ejecuta solo con rodillo liso.

- **Mezcla SMA (Stone Mastic Asphalt)**

En las mezclas SMA el efecto estabilizador es realizado por un mortero rico en asfalto el cual cohesiona las partículas más gruesas, obteniendo una mezcla con una alta resistencia a la deformación permanente y muy durable.

Para poder incorporar gran cantidad de asfalto a una mezcla de debe tener especial control con las segregaciones del material y con el potencial drenaje del ligante asfáltico durante el proceso constructivo. Para controlar estos puntos en estas mezclas se incorporan fibras de celulosa que consiguen controlar estos potenciales efectos.

Respecto a la granulometría del agregado, para lograr el mortero rico en asfalto que hace como aglutinante de las partículas mayores, la granulometría del árido debe ser discontinúa y cerrada con un alto porcentaje de finos bajo malla 200, por lo cual normalmente es necesario incorporar además un filler mineral.

El ligante asfáltico es del tipo elastomérico, el cual brinda propiedades de adhesividad muy mejoradas respecto de los asfaltos tradicionales.

Estas mezclas se elaboran en plantas asfálticas convencionales, en las cuales es necesario efectuar modificaciones menores para poder incorporar adecuadamente la fibra de celulosa. La colocación y compactación se realiza de la misma forma que las mezclas tradicionales.

- **Asfalto Caucho**

En este caso el asfalto se modifica a través de la incorporación de caucho obtenido de neumáticos desechados. El caucho granulado puede obtenerse mediante el método de Recauchado o por el de Triturado, siendo este último el más utilizado en la industria del asfalto.

Para la elaboración de las mezclas con asfalto caucho existen dos procesos, sin embargo el que más se usa es el proceso húmedo, en donde el caucho granulado es incorporado al asfalto para luego de un proceso de agitación controlada obtener el asfalto caucho, para posteriormente elaborar la mezcla asfáltica.

El objetivo de incorporar el caucho al asfalto es mejorar algunas de sus propiedades con el objeto de producir mezclas que tengan una mayor resistencia mecánica y sean más durables.

En Chile se han realizado algunas experiencias con resultados buenos y malos. Dado el alto costo de este método, es poco probable su utilización en el corto plazo.

### **Reciclado De Pavimentos Asfálticos**

El reciclado es una solución técnica que puede ser aplicado para rehabilitar un pavimento, sin embargo no siempre es la más económicamente más adecuada.

Las variables que se deben analizar para decidir la mejor alternativa de reciclado son:

- a. El estado del pavimento. Dependiendo de los deterioros presentes se puede optar por reciclados en caliente o en frío. Normalmente los reciclados en caliente son utilizados para el mejoramiento de fallas superficiales como oxidamiento y desgastes severos o ahuellamientos superficiales. Por otro lado los reciclados en frío se utilizan en la rehabilitación de pavimentos con deterioros severos desde el punto de vista funcional como estructural, normalmente pavimentos al final de su vida útil.
- b. Características de los materiales constituyentes del pavimento a reciclar.

- c. Homogeneidad del pavimento a reciclar. Hay caminos cuyos pavimentos han sido contruidos en diferentes etapas, o bien han recibido tratamientos de conservación.

A continuación se describen y analizan distintas alternativas de reciclado.

- **Reciclado en caliente in situ**

Se utiliza para la rehabilitación de fallas superficiales. Dada la tecnología utilizada, esta solución se de espacial interés en vías urbanas y con pocas singularidades.

Su aplicación requiere un análisis previo del pavimento a reciclar desde el punto de vista geométrico, tipo de estructuras y fallas y del estudio de los materiales constituyentes. Esta información es fundamental para establecer los diferentes diseños a utilizar durante la construcción. Para cada una de las diferentes secciones de pavimento se debe estudiar los materiales que constituyen la estructura existente, para esto se analizan testigos extraídos de cada sección. De acuerdo con los resultados obtenidos se confeccionan los diferentes diseños y se establece la necesidad de incorporar nuevos materiales o aditivos.

La ejecución de este tipo de reciclado se realiza con el denominado tren de reciclado en caliente, cuyo elemento principal es la máquina recicladora, la cual calienta el pavimento existente, luego lo fresa y lo mezcla con los aditivos y materiales nuevos que deben ser incorporados para finalmente extender el material reciclado de manera similar a lo que hace un terminadora (finisher). Tras la máquina recicladora van los rodillos que trabajan de la misma forma como si fuera una colocación de mezcla en caliente tradicional.

Algunas consideraciones que se deben tener en cuenta son las siguientes:

- a. El espesor a reciclar debe ser al menos el 60% del espesor total de la carpeta.
- b. Recuperar el ligante desde una muestra de pavimento para determinar sus propiedades, es un trabajo costoso y complejo de realizar.
- c. No hay aún un conocimiento acabado del efecto en el desempeño de las mezclas de los aditivos que se incorporan al asfalto.

- d. Dada la naturaleza del proceso constructivo existen defectos de contaminación sobre el medio ambiente importantes durante la ejecución de los trabajos.
- e. La tecnología usada permite un gran rendimiento con una alta velocidad de ejecución, ideal para aplicar en autopistas y vías de gran extensión.

El reciclado en planta consiste en la utilización del material obtenido del fresado del pavimento existente o RAP (Recycled Asphalt Pavement), en la confección de mezclas asfálticas para ser utilizados en la rehabilitación del mismo pavimento u otro cualquiera.

En este caso el RAP se traslada a una planta de mezcla en caliente y es incorporado en algún porcentaje durante la confección de la nueva mezcla asfáltica en caliente, la cual luego continúa en su proceso de colocación y terminación.

El porcentaje de RAP que se incorpora depende de la calidad y cantidad de ligante de mezcla reciclada, del tipo de mezcla a la que se incorporará el RAP y del tipo de planta asfáltica utilizada.

En el caso de planta en frío el RAP es procesado en plantas de asfalto en frío, aquí el material es mezclado generalmente con emulsiones, para producir mezclas en fríos utilizadas principalmente para bacheos o como bases asfálticas previo a la colocación de las capas de rodado.

- **Reciclado en frío in situ**

Este tipo de reciclado se utiliza en la rehabilitación de pavimentos muy deteriorados, que presentan fallas estructurales severas y que generalmente ya han cumplido su vida de diseño. Consiste en reutilizar el material del pavimento, tanto la mezcla asfáltica como la base granular para confeccionar una nueva base mejorada a través de la incorporación de un agente estabilizador, obteniendo de esta manera un pavimento con una gran capacidad estructural. En este tipo de solución siempre se debe considerar la aplicación de un sello final o carpeta de rodado, la cual cumple un doble objetivo, por un lado protege la estructura del clima, evitando que pierda su capacidad portante y además brinda al usuario un mejor confort y seguridad durante la conducción.

Al igual que en el reciclado en frío requiere analizar el pavimento a reciclar desde el punto de vista geométrico, tipo de estructuras y fallas, el estudio de materiales constituyentes es considerado como un elemento clave previo a la ejecución.

Los agentes estabilizadores se clasifican en dos tipos, los asfálticos y los no asfálticos. Los primeros corresponden a emulsiones asfálticas y asfaltos espumados, los segundos existen de tipos como son por ejemplo: cemento, cal, bichufita, sal, etc.

La elección del tipo de estabilizador se basa en aspectos económicos, capacidad estructural requerida, homogeneidad del pavimento existente, características del material a reutilizar y del tipo de equipo reciclador a utilizar. A diferencia del reciclado en caliente in situ, el análisis de los materiales existentes no incluye el asfalto, en este caso todo el material reutilizado es considerado como agregado y el análisis se focaliza en determinar la mezcla óptima entre RAP/base y agente estabilizador.

El proceso constructivo es ejecutado por un tren de reciclado conformado por el equipo reciclador, camión de agua, camión de agente estabilizador, motoniveladora y rodillos. Pueden incorporarse además equipos distribuidores de materiales nuevos si se requiere.

En este proceso el equipo más importante es el reciclador, el cual fresa, tritura, inyecta el agente estabilizador y mezcla, dejando tras él un material de base mejorada, el que posteriormente es distribuido por la motoniveladora para terminar con su compactación. Existen equipos recicladores que poseen una mesa terminadora en su parte posterior, con lo cual no es necesario usar la moto. Estos equipos son utilizados en reciclaje en frío in situ con emulsión en pavimentos full asfalto (solo se fresa la mezcla, no se incluye la base granular)

## **PAVIMENTOS ASFÁLTICOS**

- **SELLADO DE GRIETAS**

Los trabajos de sellado de grietas corresponden al proceso de limpieza y sellado o resellado de las grietas.

Esta solución es utilizada para detener la infiltración de agua, en el caso de pavimentos altamente agrietados tanto en extensión como en cantidad y evitar la acumulación de elementos incompresibles en las grietas.

Esta técnica debe utilizarse como una medida preventiva cuando la condición del pavimento es buena o muy buena. El sello de grietas en un pavimento deteriorado no es económicamente conveniente.

En el caso de pavimentos con agrietamiento generalizado en lugar de sellar las grietas de manera individual es más recomendable usar un Sello de Lechada (Slurry Seal) o un Sello Neblina (Fog Seal) dependiendo de la extensión y severidad de la zona afectada.

Las grietas pueden ser selladas con alguno de los siguientes materiales:

- a. Cemento asfáltico con cemento Pórtland: Se utiliza en grietas angostas menores de 8 mm.
- b. Mezcla de arena más emulsión (Tipo SS-1 o CSS-1): Este tipo de mezcla se emplea en grietas de ancho entre 8 y 40 mm.
- c. Mezcla asfáltica en caliente: Se utiliza en grietas de ancho mayor a 40mm

### ***Técnica de aplicación***

El procedimiento de esta reparación, comprende las siguientes etapas:

Remover los sellos antiguos y formar la caja para recibir el sellante. Este trabajo consiste básicamente en el barrido de la grieta con escobillón de acero de manera de remover las partículas pequeñas y basuras, y el posterior soplado con aire comprimido



para retirar el polvo, arena u otro material suelto y depositado en la grieta. Luego hay que examinar que no haya partículas sueltas o acunadas para lo cual se puede utilizar puntas o ganchos de acero, luego de lo cual se vuelve a barrer y soplar la junta.

La profundidad de la caja para recibir el sello deberá ser a lo menos el ancho de la grieta más 6 mm.

Después de acanalar, se debe volver a limpiar la grieta con aire comprimido, aspirar o barrer los restos.

Finalmente se procede a aplicar el material sellante. No se debe rellenar en demasía la grieta; dejar una huelga de 3mm desde el borde del pavimento.

- SELLO NEBLINA (FOG SEAL)

Es una aplicación suave de emulsión asfáltica de quiebre lento.

Se utiliza para rejuvenecer superficies de asfalto envejecidas u oxidadas, y también para sellar fisuramientos extensos de ancho menor a 2 mm. Permite reducir la entrada de aire y agua al pavimento y evitar así su desintegración.

### ***Técnica de aplicación***

El área a sellar debe estar limpia y seca. Para barrer se utiliza un escobillón mecánico de modo de eliminar todo rastro de suciedad. Se debe eliminar todos los restos adheridos a la superficie, ya que estos impiden una buena adherencia entre el pavimento existente y la emulsión.

Una vez ejecutado el barrido, se procede a soplar la superficie con aire comprimido con el fin de eliminar los restos de polvo producidos durante el barrido.

La aplicación del sello se debe efectuar cuando la temperatura ambientes sea mayor a 10 °C y sin pronostico de lluvia. La temperatura de la emulsión al momento de ser aplicada

debe estar entre 24 y 54 °C, y para esto se utiliza una barra rociadora, cuidando de no verter material en exceso.

No es necesario esparcir agregados de cobertura ya que bajo condiciones normales el comienzo de fraguado es rápido, lo que permite abrir al tránsito luego de 1 o 2 horas después de ejecutados los trabajos, de manera que el sello no se adhiera a los neumáticos de los vehículos.

- SELLO DE LECHADA ASFÁLTICA (SLURRY SEAL)

El Sello de Lechada Asfáltica es una mezcla de agregados finos bien graduados, de un relleno mineral o filler y de una emulsión asfáltica de quiebre lento y residuo blando (SS-1 o CSS-1) en clima frío y de residuo duro (SS-1h o CSS-1h) en clima caluroso.

Este tipo de solución de reparación permite corregir fallas menores, sellando grietas superficiales como es el caso de una piel de cocodrilo incipiente y que no presente deformaciones, deteniendo la desintegración, impermeabilizando superficies porosas y mejorando la resistencia al deslizamiento, logrando de esta manera restablecer la integridad funcional del pavimento y además previniendo el deterioro adicional que afectaría de manera negativa la calidad de la carpeta de rodado y la seguridad e integridad de las capas inferiores.

El espesor de estos sellos oscila entre los 5 y 10 mm, pudiendo llegar como máximo a 12 mm para rellenar irregularidades superficiales.

No se recomienda la aplicación de sellos de lechada en áreas pequeñas. La superficie a sellar debe abarcar al menos el ancho de todo el pavimento y de longitud no menor a 150 m.

Los sellos de lechada pueden ser tipo A, usados para penetración máxima de grietas en áreas con bajos volúmenes de tránsito, o tipo B más utilizada en áreas de tránsito moderado para sellar o corregir una severa desintegración y/u oxidación, o bien para mejorar la resistencia al deslizamiento.

### ***Técnica de aplicación***

Antes de la aplicación de la mezcla debe limpiarse toda suciedad, polvo, aceites o cualquier otro objeto extraño presente en la superficie del pavimento, mediante un escobillón mecánico para luego soplar con aire comprimido. Por lo general, previo a la colocación del sello se debe aplicar un riego de emulsión asfáltica del mismo tipo y grado de la lechada que se aplicará, esta emulsión deberá estar diluida en agua en una proporción 1:1 y en una razón de 0,70 Kg/m<sup>2</sup> aproximadamente.

La lechada debe ser aplicada únicamente cuando la temperatura ambiente sea superior a 15 °C y continúe ascendiendo, y sin posibilidad de lluvia.

La mezcla se realiza en una planta transportable, la cual posee una caja esparcidora que permite la colocación de los espesores adecuados. La caja esparcidora puede también estar equipada con palas agitadoras para mantener la lechada en constante movimiento y así contribuir a que la mezcla esté uniformemente distribuida.

En caso de superficies de pavimento muy pequeñas, la aplicación de la lechada puede efectuarse en forma manual mediante baldeo y nivelada con lámina de doma delgada, la que es pasada en forma rasante sobre la lechada de modo de esparcirla de manera uniforme.

La compactación no es estrictamente necesaria, pues el mismo tránsito ayudará a cerrar cualquier fisura fina que se presente. Una lechada recién colocada no puede ser abierta al tránsito hasta que haya curado totalmente, por lo que se recomienda esperar 1 o 2 días.

- **BACHEO ASFÁLTICO PROFUNDO**

Esta reparación consiste en el reemplazar en todo el espesor de una carpeta asfáltica, pudiendo o no incluir el reemplazo de las capas de base y sub bases.

La técnica de bacheo asfáltico profundo, se utiliza para reparar deterioros relacionados con fallas estructurales y de materiales tales como piel de cocodrilo, ahuellamiento y

corrugamientos. En el caso de grietas por deslizamiento donde la falla puede estar limitada a la capa superior de la carpeta asfáltica, la profundidad del parche puede limitarse sólo a ésta última, si se puede remover fácilmente.

Para efectuar un bacheo se puede utilizar mezclas asfálticas en frío o en caliente.

### ***Técnica de aplicación***

La ejecución de esta solución requiere en primer lugar cuadrar el área a ser bacheada para ser cotada. La demarcación debe considerar entre 15 a 30 cm hacia afuera de la zona deteriorada. Los cortes deben ser ejecutados en forma recta y generando caras verticales. El perímetro del parche no debe ser necesariamente rectangular.

Después de cortar se procede a remover el material de área en reparación. Si la base o la sub base se encuentran dañadas se debe proceder a removerlas y reemplazar el material y compactar. Como mínimo se debe recompactar el material existente.

Después de la nivelación y compactación, se debe limpiar cuidadosamente tanto la zona a bachear como la superficie del pavimento adyacente al parche, de modo de evitar que algunos objetos extraños caigan al riego de liga o en el mezcla asfáltica de relleno.

Posteriormente se aplica un ligero riego de liga en los bordes del parche y una imprimación en el fondo.

Luego hay que rellenar y compactar en capas sucesivas de 5 a 7 cm de espesor con mezcla asfáltica de calidad similar a la del pavimento existente, hasta lograr el espesor total deseado.

La compactación, de acuerdo al tamaño de la reparación, puede realizarse con rodillo neumático, rodillo vibratorio, placa compactadota o pisón mecánico.

Si la zona presenta ahuellamiento, el rodillado debe hacerse transversalmente de tal manera que el rodillo se mantenga sobre el material de bacheo y no sobre el pavimento

antiguo. Finalmente se debe sellar el perímetro del parche en un ancho de 3 a 6 cm. para evitar la infiltración de agua.

**ANEXO 4**  
**MICROPAVER**

**ANEXO 4.1**  
**INGRESO Y SALIDA DE DATOS EN MICROPAVER 5.3**

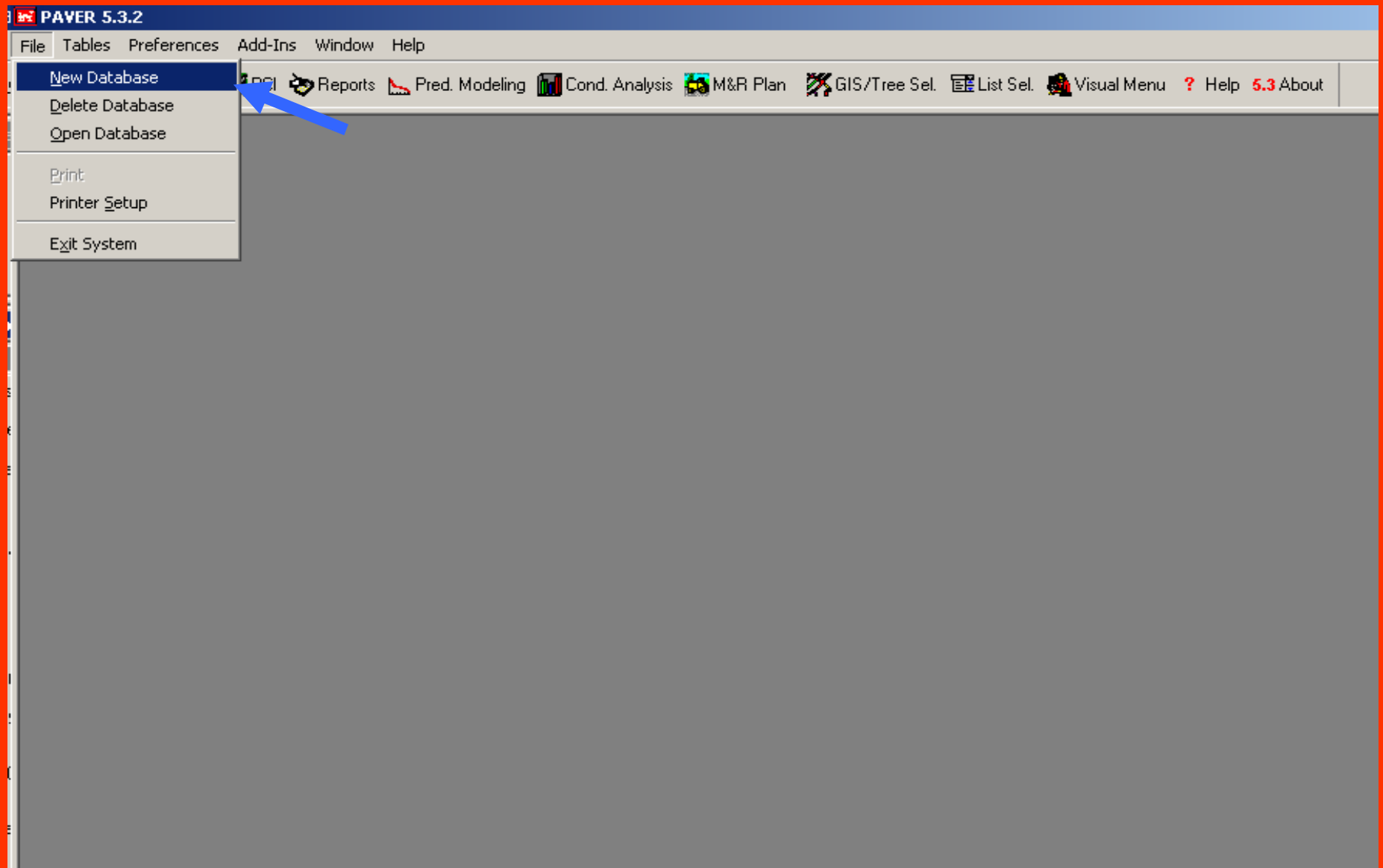
# *Micro* **PAVER**



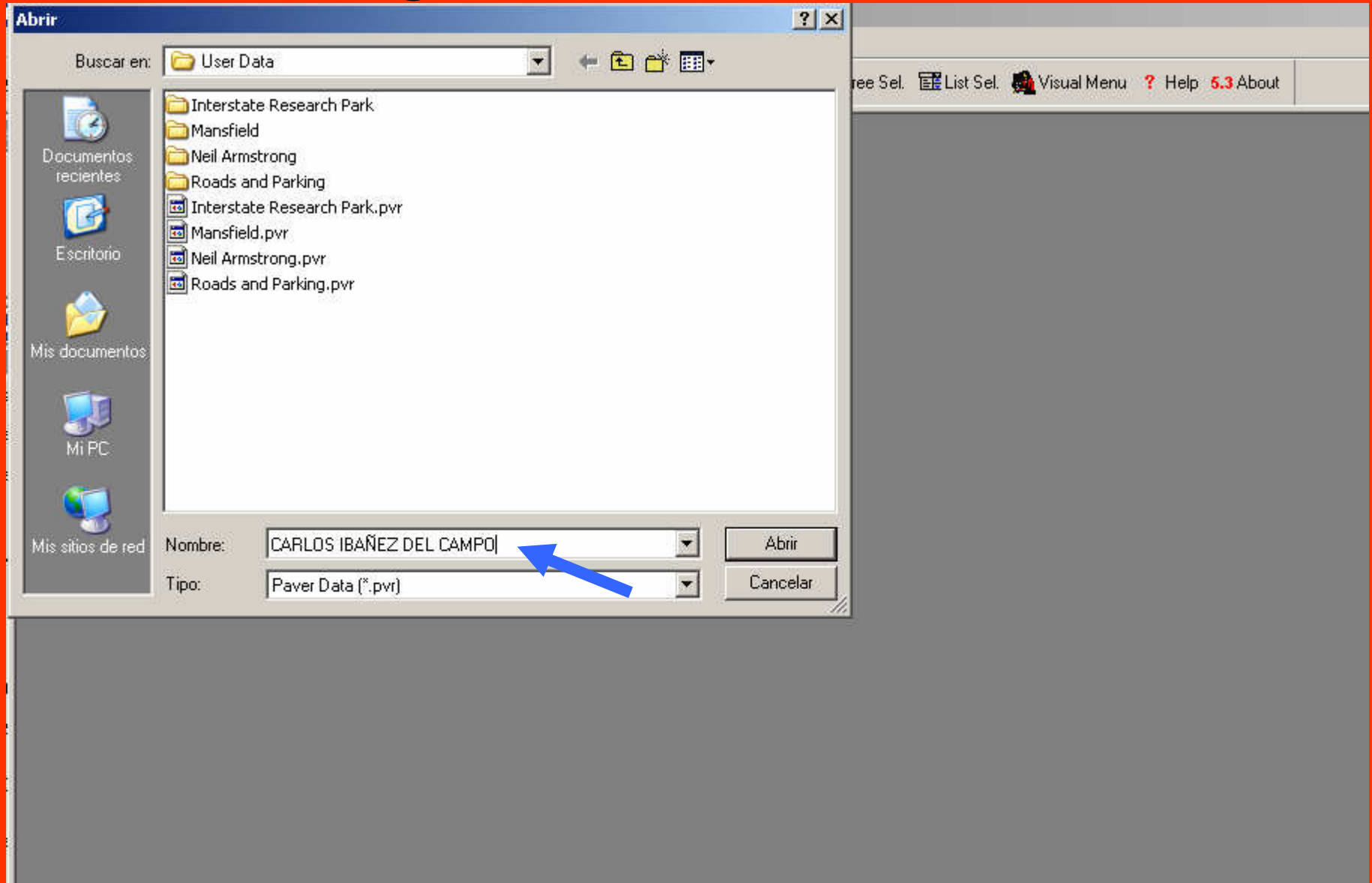
US Army Corps  
of Engineers.



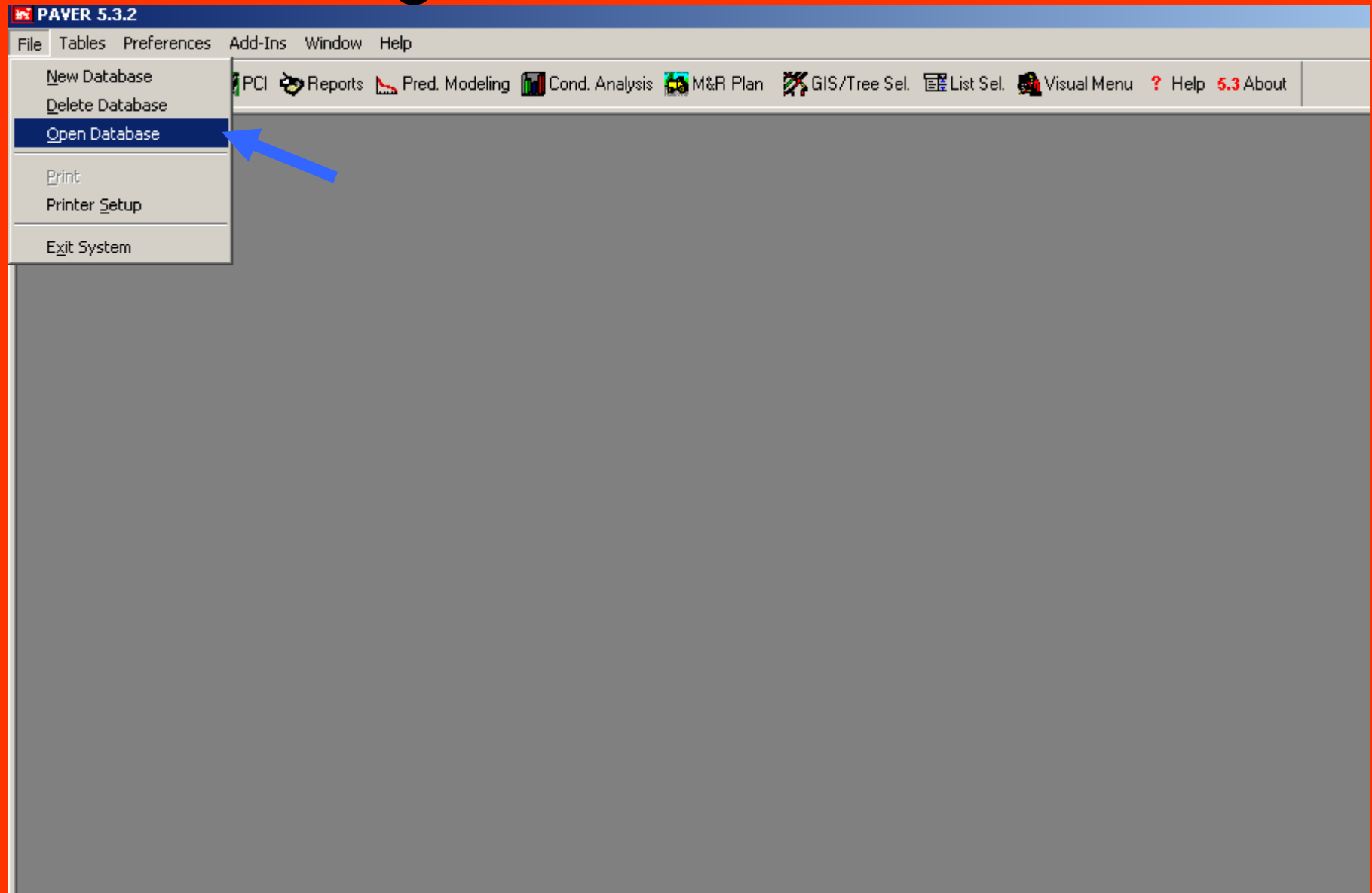
# Ingreso de datos



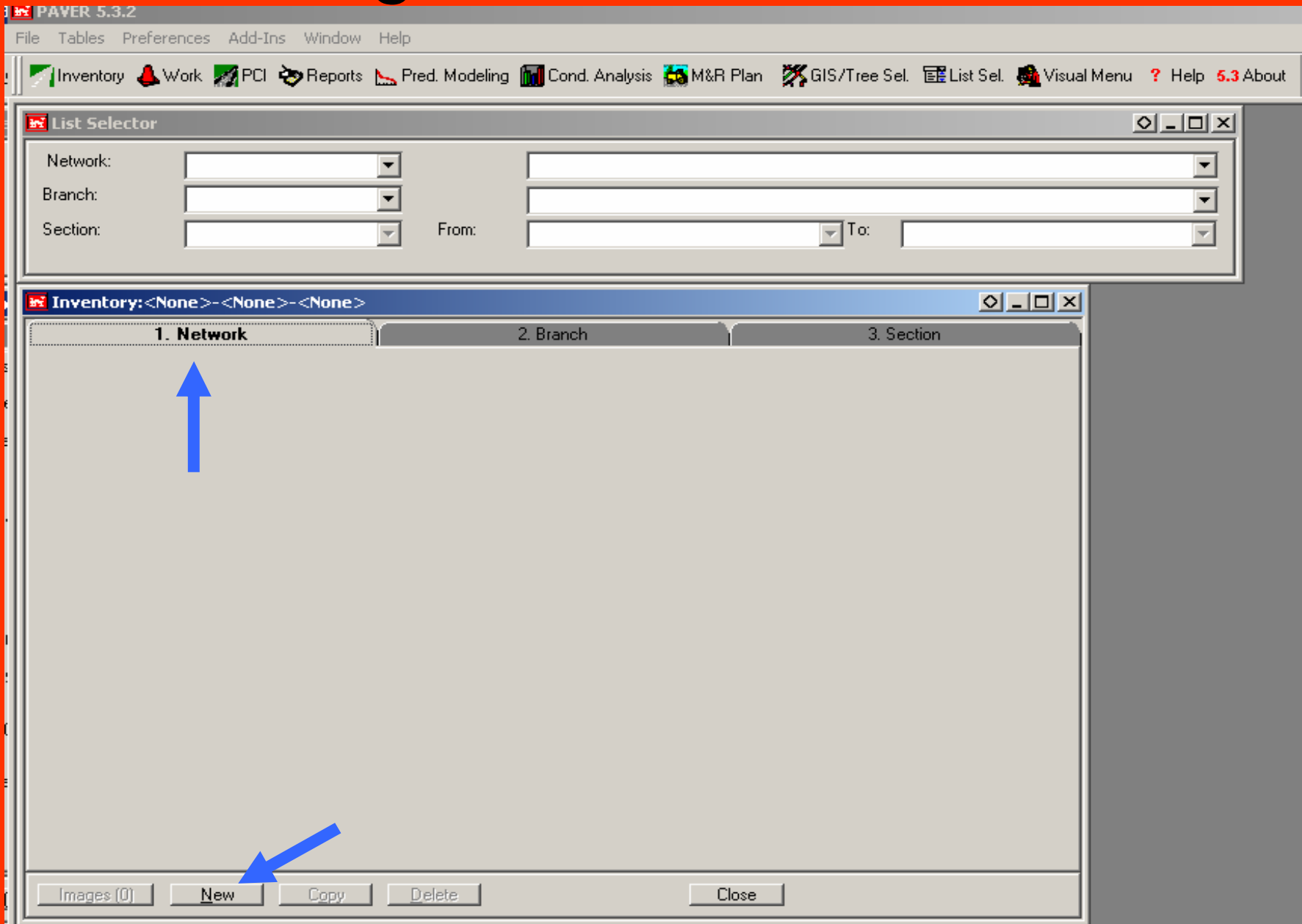
# Ingreso de datos



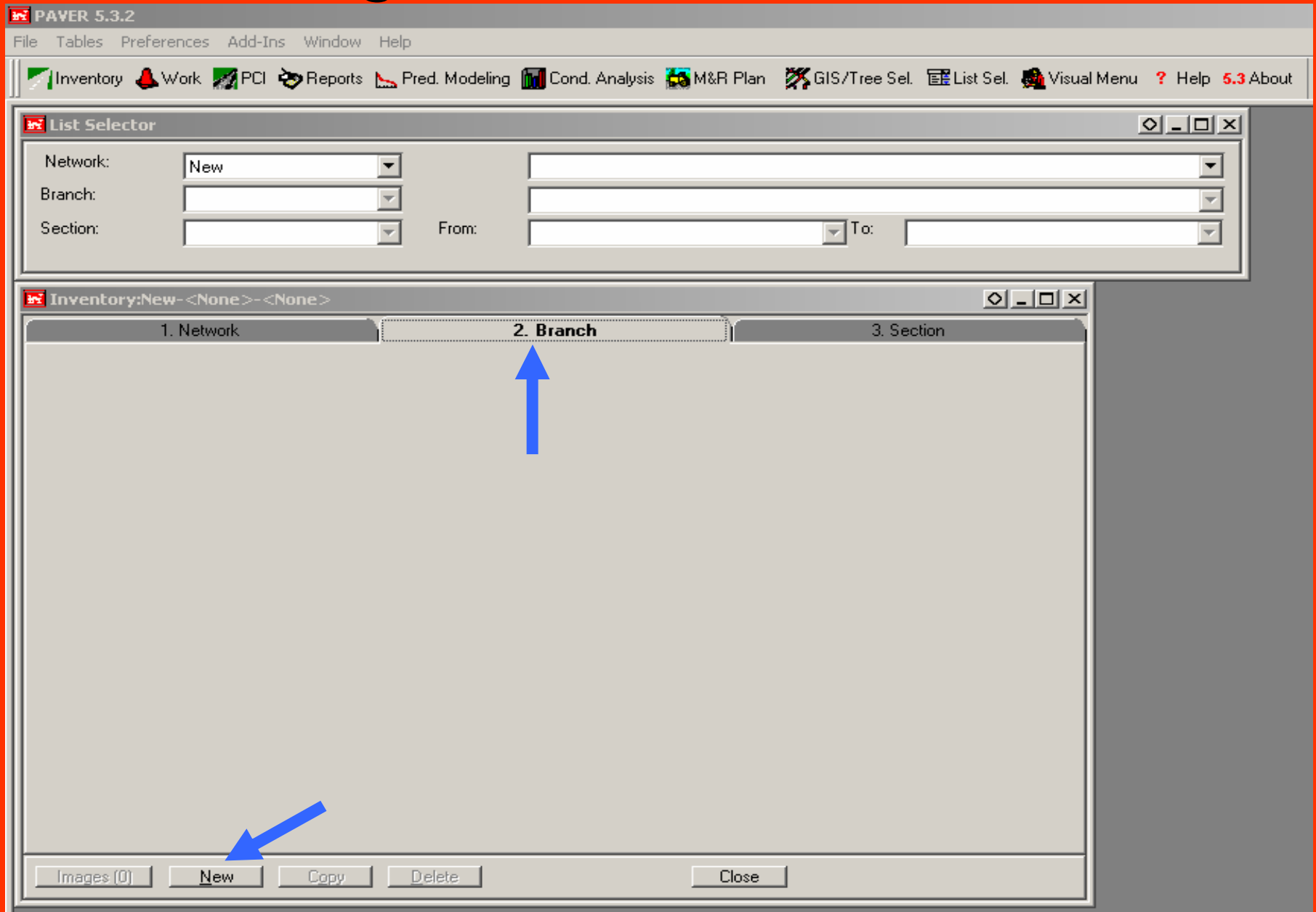
# Ingreso de datos



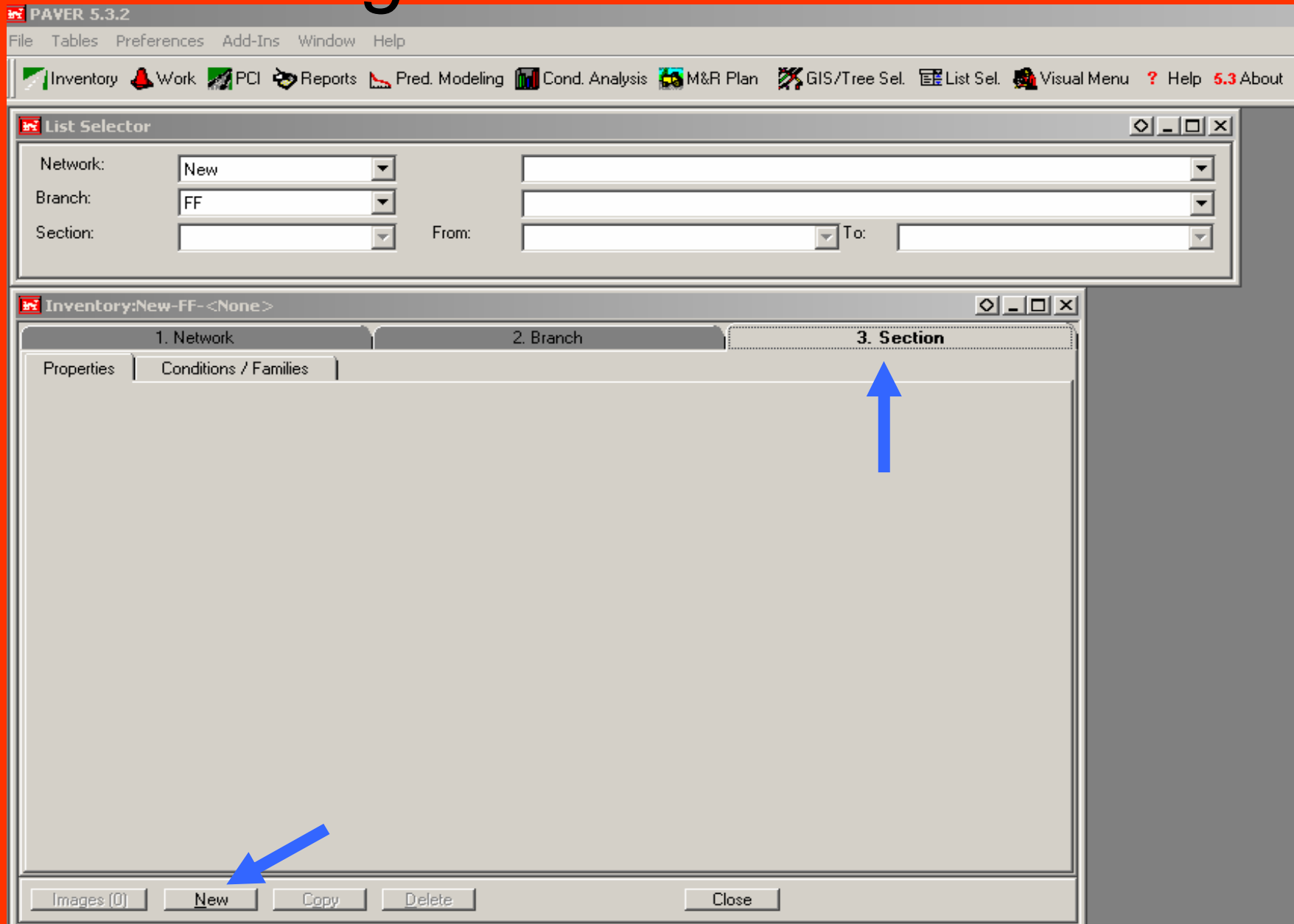
# Ingreso de datos



# Ingreso de datos



# Ingreso de datos



# Ingreso y Salida de datos

The screenshot displays the PAVER 5.3.2 software interface. The main window is titled "List Selector" and shows the following configuration:

- Network: IBAÑEZ
- Branch: DESAHOGOS
- Section: DB-1
- From: 0.000
- To: 0.123,50

A blue arrow labeled "1" points to the "PCI" icon in the top toolbar.

The "Inve" window, titled "PCI:IBAÑEZ-DESAHOGOS-DB-1", displays the following data:

**Summary data at time of inspection**

- Branch Use: TAXIWAY
- Section Surface Type: AC
- Section True Area: 3,613 SqM
- Section Length: 123.5 M
- Section Width: 23 M

Inspection Date: 10/03/2007

Sample Unit: 01

Sample Unit Size: 460.00 SqM

No distresses found during inspection.

**Distress Type**

- 41 ALLIGATOR CR
- 42 BLEEDING
- 43 BLOCK CR
- 44 CORRUGATION
- 45 DEPRESSION
- 46 JET BLAST
- 47 JT REF. CR
- 48 L T CR
- 49 OIL SPILLAGE
- 50 PATCHING
- 51 POLISHED AG
- 52 WEATH/RAVEL
- 53 RUTTING
- 54 SHOIVING
- 55 SLIPPAGE CR
- 56 SWELLING

**Distress Severity**

- Low
- Medium
- High
- N/A

**Distress Quantity**

Buttons: Edit Inspections, Edit Sample Units, Calculate Conditions, Add Distress, Delete Distress, Replace Distress.

Table:

Distress	Description	Severity	Quantity	Units	Comments
----------	-------------	----------	----------	-------	----------

Buttons: Previous Sample Unit, Next Sample Unit, Images (0), Close.

Blue arrows labeled "2", "3", and "4" point to the "Edit Inspections" button, "Edit Sample Units" button, and "Calculate Conditions" button, respectively.

# Salida de datos

PAVER 5.3.2  
File Tables Preferences Add-Ins Window Help

Inventory Work PCI Reports Pred. Modeling Cond. Analysis M&R Plan GIS/Tree Sel. List Sel. Visual Menu ? Help 5.3 About

List Select Assessment Results

Network: Network ID: IBÁÑEZ  
Branch: Branch ID: DESAHOGOS Branch Name: Desahogos: DB-1; DC-1; DD-1; DE-1 Section Area: 3,613. SqM  
Section: Section ID: DB-1 Section Length: 123.5 M Section Width: 23. M

Index: PCI Date: 10/03/2007 Condition: 100 Excelente Std Dev.: .

Condition Indices Sample Distresses Sample Conditions Section Extrapolated Distresses

Condition Index	Condition Value
IAR	100.0
IA	100.0
SCI FAA	100.0
PCI	100.0

Nuevos indicadores  
Valor del PCI por sección

Print Close

Distress	Description	Severity	Quantity	Units	Comments
----------	-------------	----------	----------	-------	----------

Add Distress  
Delete Distress  
Replace Distress



# Salida de datos - Reportes

The screenshot displays the PAVER 5.3.2 software interface. The main window is titled "List Selector" and contains several dropdown menus for filtering data. A blue arrow points to the "Reports" icon in the top toolbar. Below the "List Selector" window, a "Reports" dialog box is open, showing a list of report types with radio buttons and red arrows pointing to each option:

- Summary Charts
- Standard Reports
- Re-Inspection Reports
- User-Defined Reports
- GIS Reports

Below the list, there is a text box containing the following description in red text:

Reportes que entregan resúmenes de las salidas de Micropaver como valores de indicadores (PCI, IA, SCI) por Sección o por Unidad Muestral, según el filtro que se requiera. Además de proporcionar la herramienta GIS, la cual permite visualizar cartográficamente los resultados de las inspecciones realizadas.

At the bottom of the dialog box, there are two buttons: "Continue" and "Close".

# *Salida de datos*

- *Familias de Curvas*

- Debido a la distribución de los aeródromos/aeropuertos a lo largo del país, junto con las diferencias en cuanto al tráfico aéreo que experimentan estos, entre otros, se considera que no es apropiado agrupar todos los aeródromos en una misma familia, puesto que los pavimentos de estos se encuentran sometidos a condiciones distintas y por ende, el comportamiento durante el transcurso del tiempo será desigual y poco representativo de la realidad.
- Por lo anterior y con el fin de realizar una adecuada proyección de la condición de los pavimentos de los diversos aeropuertos/aeródromos de la red primaria y secundaria, para los próximos 4 años, se agruparon aquellos aeropuertos que presentan características similares, formando, de esta forma, familias de curvas que son representativas para cada zona. Los criterios de agrupación utilizados son clima, tráfico aéreo, ramas (pista y umbrales; rodajes y desahogos; plataformas) y superficie o materialidad de las ramas.

# Salida de datos – Familias de Curvas

The screenshot displays the PAVER 5.3.2 software interface. The main window is titled "Prediction Modeling" and shows a "Family Type" dropdown set to "PCI vs. Age" and a "Model:" dropdown set to "DEFAULT - SAMPLE". The central area of the window displays "No Data Available". A red callout box with a castle icon and a blue arrow pointing to the "Model:" dropdown contains the following text:

La curva utilizada por la DAP para realizar las proyecciones del indicador PCI es la que entrega por defecto el programa, la cual no es representativa de los pavimentos chilenos, por ende las proyecciones de éstos tampoco lo serán.

Below the main window, there are several tabs: "4 Options", "5 View Equation a", "1. Collect Model Data", "2 Review Model Data", and "3 Use Boundary/Outlet". The "1. Collect Model Data" tab is active, showing "Select Inventory Items" with radio buttons for "All Items" (selected) and "Build Selection", and an "Edit Selection" button. At the bottom, there are buttons for "New", "Rename", "Get Data", "Delete", and "Copy".

# Salida de datos – Familias de Curvas

The screenshot displays the PAVER 5.3.2 interface. The main window is titled "Prediction Modeling" and shows a graph of PCI (Pavement Condition Index) versus Age. The graph plots PCI on the y-axis (0 to 100) against Age on the x-axis (0 to 30). Two curves are shown: a red curve and a green curve, both showing a decrease in PCI as age increases. The red curve starts at approximately 95 at age 0 and drops to about 65 at age 30. The green curve starts at approximately 90 at age 0 and drops to about 60 at age 30. There are several data points marked with 'x' on the curves. The "Family Type" is set to "PCI vs. Age" and the "Model" is "E/D/P/R - ZONA EXTREMO SUR - T".

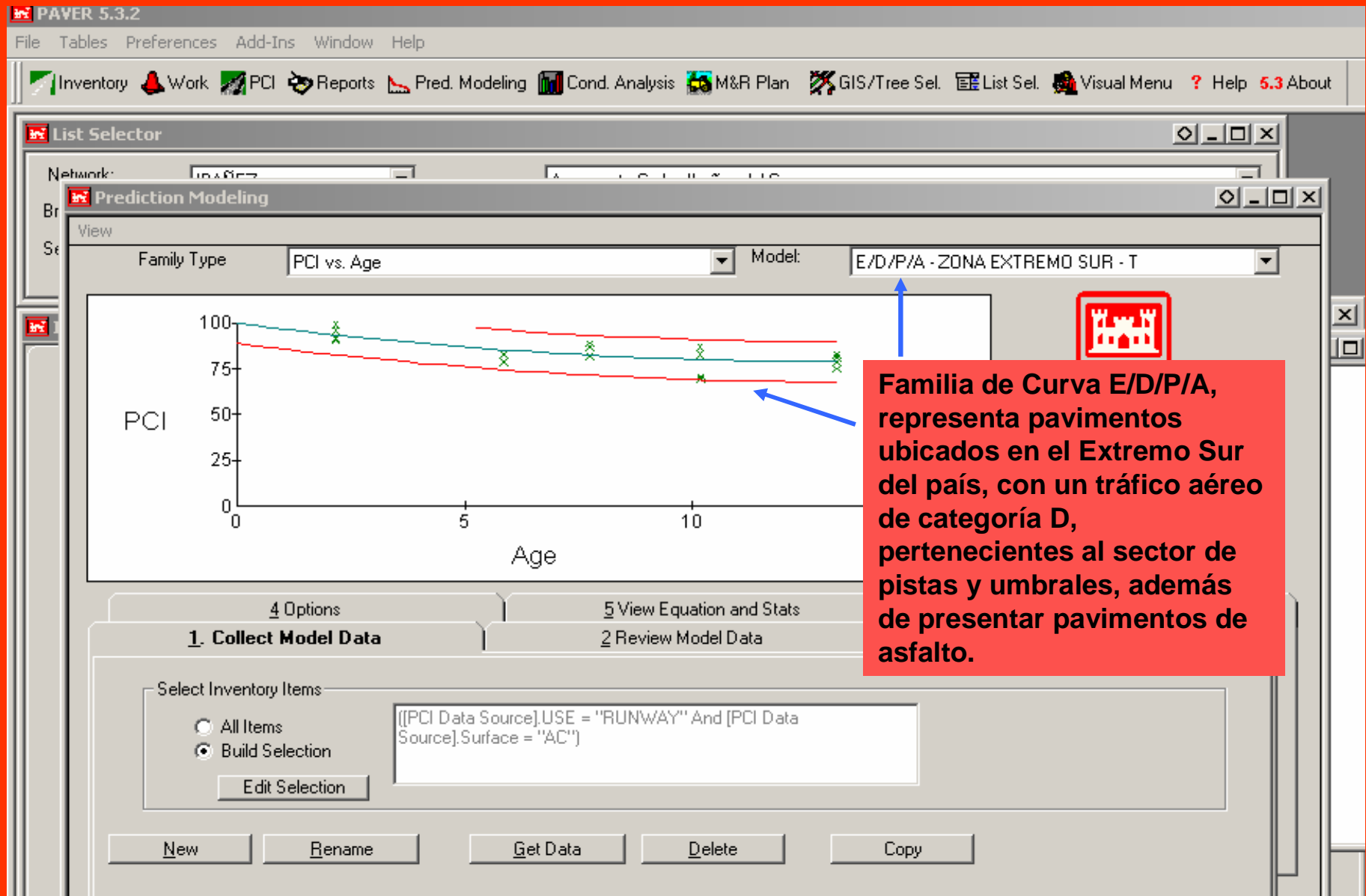
Below the graph, there are two tabs: "1. Collect Model Data" and "2. Review Model Data". The "Collect Model Data" tab is active, showing "Select Inventory Items" with radio buttons for "All Items" and "Build Selection". The "Build Selection" option is selected. Below this, there is a text box containing the selection criteria: "[PCI Data Source].USE = 'RUNWAY' And [PCI Data Source].Surface = 'AC'".

At the bottom of the window, there are buttons for "New", "Rename", "Get Data", "Delete", and "Copy".

A red callout box on the right side of the graph contains the following text:

**Familia de Curva E/D/P/R, representa pavimentos ubicados en el Extremo Sur del país, con un tráfico aéreo de categoría D, pertenecientes al sector de pistas y umbrales, además de presentar pavimentos recapados de asfalto sobre hormigón.**

# Salida de datos – Familias de Curvas



# Salida de datos – Familias de Curvas

PAVER 5.3.2

File Tables Preferences Add-Ins Window Help

Inventory Work PCI Reports Pred. Modeling Cond. Analysis M&R Plan GIS/Tree Sel. List Sel. Visual Menu ? Help 5.3 About

List Selector

Network: [...]

**Prediction Modeling**

View

Family Type: PCI vs. Age Model: E/D/R/R - ZONA EXTREMO SUR - T

Age	PCI (Red Line)	PCI (Teal Line)
0	85	100
1	85	100
2	85	100
3	85	100
4	85	100
5	85	100
6	85	100
7	85	100
8	85	100
9	85	100
10	85	100

4 Options 5 View Equation and Stats

1. Collect Model Data 2 Review Model Data

Select Inventory Items

All Items  Build Selection

Edit Selection

[[[PCI Data Source].USE = "TAXIWAY" And [PCI Data Source].Surface = "AC"]

New Rename Get Data Delete Copy

**Familia de Curva E/D/R/R, representa pavimentos ubicados en el Extremo Sur del país, con un tráfico aéreo de categoría D, pertenecientes al sector de rodajes y desahogos, además de presentar pavimentos recapados de asfalto sobre hormigón.**

# Salida de datos – Familias de Curvas

The screenshot displays the PAVER 5.3.2 interface. The main window is titled "Prediction Modeling" and shows a scatter plot of PCI (Pavement Condition Index) on the y-axis (ranging from 0 to 100) versus Age on the x-axis (ranging from 0 to 50). The plot contains several data points marked with green 'x's and two regression lines: a red line and a teal line. The red line is steeper and lower, while the teal line is less steep and higher. A red icon of a castle is visible in the top right corner of the plot area. Below the plot, there are two tabs: "1. Collect Model Data" and "2. Review Model Data". The "Collect Model Data" tab is active, showing a "Select Inventory Items" section with radio buttons for "All Items" and "Build Selection" (selected). Below this is a text box containing the query: `[[PCI Data Source].USE = "RUNWAY" And [PCI Data Source].Surface = "PCC"]`. At the bottom of the window, there are buttons for "New", "Rename", "Get Data", "Delete", and "Copy".

Family Type: PCI vs. Age      Model: E/D/P/H - ZONA EXTREMO SUR - T

PCI

Age

4 Options      5 View Equation and Stats  
1. Collect Model Data      2. Review Model Data

Select Inventory Items

All Items  
 Build Selection

Edit Selection

[[PCI Data Source].USE = "RUNWAY" And [PCI Data Source].Surface = "PCC"]

New      Rename      Get Data      Delete      Copy

Familia de Curva E/D/P/H, representa pavimentos ubicados en el Extremo Sur del país, con un tráfico aéreo de categoría D, pertenecientes al sector de pistas y umbrales, además de presentar pavimentos de hormigón.

# Salida de datos – Proyecciones

PAVER 5.3.2 - [EMS Report Viewer (C:\EMS Program Files\PAVER\rpcdeflt.rpc)]

File Tables Preferences Add-Ins Window Help

Inventory Work PCI Reports Pred. Modeling **Cond. Analysis** M&R Plan GIS/Tree Sel. List Sel. Visual Menu ? Help 5.3 About

View

Go To Summary Close

Inventory Items

NetworkID	BranchID	SectionID	Use	Rank	Surface	Branch Area	BranchAreaUnits	NetworkName
IBANEZ	PISTA12-30	PIC-4	RUNWAY	P	AC	63,564.0	SqM	Aeropuerto
IBANEZ	PISTA12-30	PIC-3	RUNWAY	P	AC	63,564.0	SqM	Aeropuerto
IBANEZ	PISTA12-30	PIC-1	RUNWAY	P	APC	63,564.0	SqM	Aeropuerto
IBANEZ	PISTA07-25	PI-14	RUNWAY	P	AC	115,920.0	SqM	Aeropuerto
IBANEZ	PISTA07-25	PI-10	RUNWAY	P	APC	115,920.0	SqM	Aeropuerto
IBANEZ	PISTA07-25	PI-9	RUNWAY	P	APC	115,920.0	SqM	Aeropuerto
▶ IBANEZ	PISTA07-25	PI-11	RUNWAY	P	APC	115,920.0	SqM	Aeropuerto
IBANEZ	PISTA07-25	PI-5	RUNWAY	P	APC	115,920.0	SqM	Aeropuerto

Link { IBANEZ PISTA07-25 PI-11 }

Network ID	Branch ID	Section ID	Activity Date	Activity	Condition	Age	Condition Category	Area
▶ IBANEZ	PISTA07-25	PI-11	12/03/2007	Inspection	64.0	29	Bueno	3,075.
IBANEZ	PISTA07-25	PI-11	23/10/2007	Prediction	63.0	30	Bueno	3,075.
IBANEZ	PISTA07-25	PI-11	23/10/2008	Prediction	62.0	31	Bueno	3,075.
IBANEZ	PISTA07-25	PI-11	23/10/2009	Prediction	61.0	32	Bueno	3,075.
IBANEZ	PISTA07-25	PI-11	23/10/2010	Prediction	60.0	33	Bueno	3,075.
IBANEZ	PISTA07-25	PI-11	23/10/2011	Prediction	59.0	34	Bueno	3,075.
IBANEZ	PISTA07-25	PI-11	23/10/2012	Prediction	58.0	35	Bueno	3,075.

Proyecciones hasta el año 2012  
Sección: PI-11

Section Condition PI-11

Section Condition List



# Salida de datos – Presupuesto

PAVER 5.3.2 - [EMS Report Viewer (C:\EMS Program Files\PAVER\rpwwdeflt.rpw)]

File Tables Preferences Add-Ins Window Help

Inventory Work PCI Reports Pred. Modeling Cond. Analysis **M&R Plan** GIS/Tree Sel. List Sel. Visual Menu ? Help 5.3 About

View

Go To Summary Close

Applied Policy Consequence

Network	Branch	Section	Section Area	Start Condition	Policy	Cost	End Condition
IBÁÑEZ	DESAHOGOS	DE-1	7,230. SqM	91	DAP 03	\$1,903,643.25	93
IBÁÑEZ	PISTA01-19	PDI-3	7,874. SqM	100	No distresses,	\$0.00	100
IBÁÑEZ	PISTA01-19	PID-1	15,745. SqM	100	No distresses,	\$0.00	100
IBÁÑEZ	PISTA01-19	PID-2	22,275. SqM	34	DAP 03	\$439,829,600.00	55
IBÁÑEZ	PISTA07-25	PI-1	19,800. SqM	95	DAP 03	\$4,220,601.00	95
IBÁÑEZ	PISTA07-25	PI-10	6,150. SqM	79	DAP 03	\$2,440,573.75	90
▶ IBÁÑEZ	PISTA07-25	PI-11	3,075. SqM	64	DAP 03	\$3,448,875.75	86
IBÁÑEZ	PISTA07-25	PI-12	15,120. SqM	98	DAP 03	\$326,592.00	98
IBÁÑEZ	PISTA07-25	PI-13	2,325. SqM	90	DAP 03	\$1,244,323.88	88

Applied Policy Details

Branch	Section	Distress Code	Description	Severity	Distress Qty	Distress Unit	Percent	Work Description	Work Qty	Work Unit	Unit Cost	Work Cost
PISTA07-25	PI-11	50	PATCHING	M	1.	SQM	.03	Patching - AC Deep	2.3	SqM	\$9,900.00	\$22,472.63
PISTA07-25	PI-11	48	L & T CR	M	30.	M	.29	Crack Sealing - AC	29.5	M	\$2,200.00	\$64,878.71
PISTA07-25	PI-11	48	L & T CR	M	30.	M	.29	Crack Sealing - AC	29.5	M	\$2,200.00	\$64,878.71
PISTA07-25	PI-11	48	L & T CR	L	21.	M	.2	Crack Sealing - AC	20.	M	\$2,200.00	\$44,094.04
PISTA07-25	PI-11	50	PATCHING	H	45.	SQM	1.44	Patching - AC Deep	52.9	SqM	\$9,900.00	\$523,686.66
PISTA07-25	PI-11	50	PATCHING	H	45.	SQM	1.44	Patching - AC Deep	52.9	SqM	\$9,900.00	\$523,686.66
PISTA07-25	PI-11	50	PATCHING	L	5.	SQM	.14	Patching - AC Leveling	7.2	SqM	\$7,700.00	\$55,660.65
PISTA07-25	PI-11	50	PATCHING	M	1.	SQM	.03	Patching - AC Deep	2.3	SqM	\$9,900.00	\$22,472.63
PISTA07-25	PI-11	45	DEPRESSION	H	53.	SQM	1.72	Patching - AC Deep	62.2	SqM	\$9,900.00	\$615,965.41
PISTA07-25	PI-11	50	PATCHING	L	5.	SQM	.14	Patching - AC Leveling	7.2	SqM	\$7,700.00	\$55,660.65
PISTA07-25	PI-11	41	ALLIGATOR CR	L	5.	SQM	.13	Patching - AC Shallow	7.	SqM	\$8,800.00	\$61,629.95
PISTA07-25	PI-11	45	DEPRESSION	M	5.	SQM	.14	Patching - AC Deep	7.1	SqM	\$9,900.00	\$70,690.10
PISTA07-25	PI-11	41	ALLIGATOR CR	L	5.	SQM	.13	Patching - AC Shallow	7.	SqM	\$8,800.00	\$61,629.95
PISTA07-25	PI-11	41	ALLIGATOR CR	M	6.	SQM	.17	Patching - AC Deep	8.4	SqM	\$9,900.00	\$82,906.79
PISTA07-25	PI-11	41	ALLIGATOR CR	M	6.	SQM	.17	Patching - AC Deep	8.4	SqM	\$9,900.00	\$82,906.79

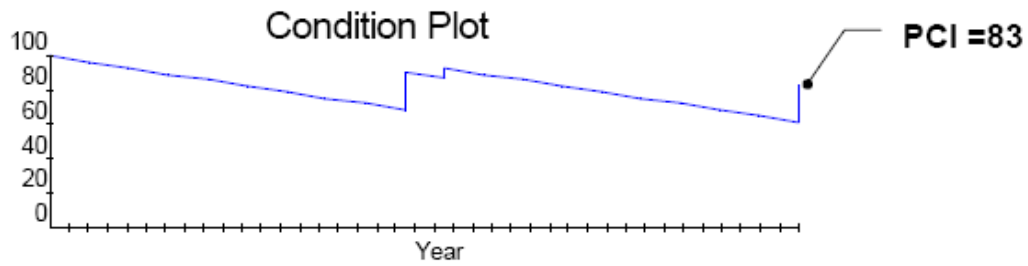
**ANEXO 4.2**

**EJEMPLOS DE APLICACIÓN DE MÓDULO DE  
PLANIFICACIÓN DE OBRAS**

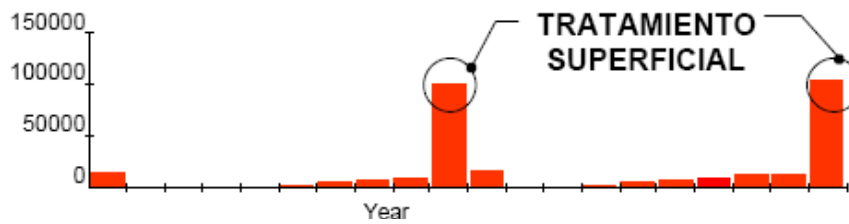
Este anexo tiene por objetivo el dar a conocer al lector las posibilidades que brinda el programa MicroPAVER en cuanto al análisis de distintas estrategias y políticas de conservación de pavimentos.

## CASO 1 - FONDOS ILIMITADOS

- Evolución del PCI

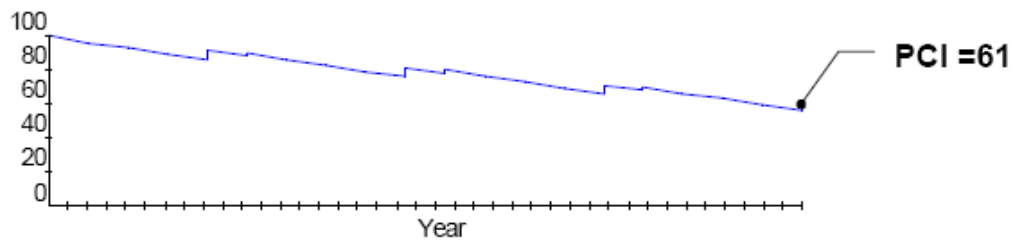


- Flujo de Fondos Requeridos

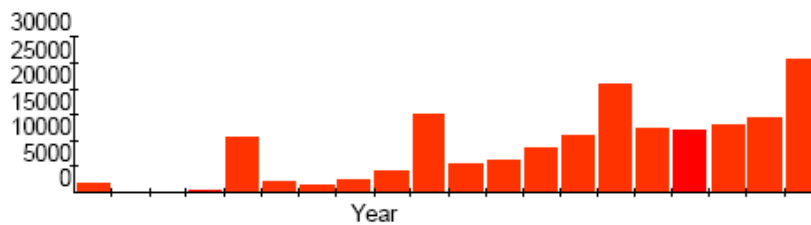


## CASO 2 - PRESUPUESTO ANUAL FIJO LIMITADO

- Evolución del PCI

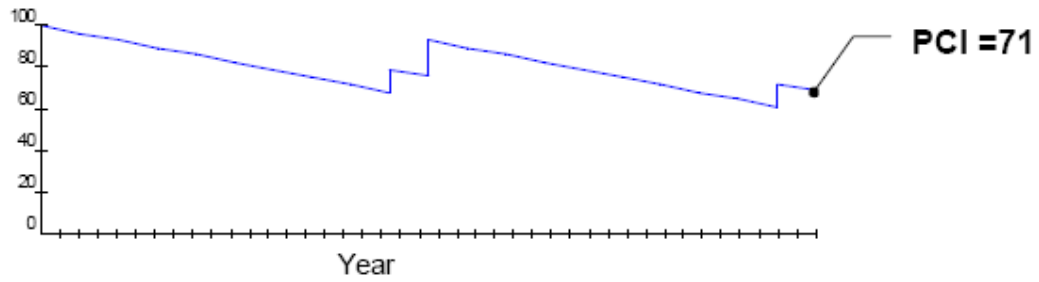


- Flujo de Fondos Requeridos

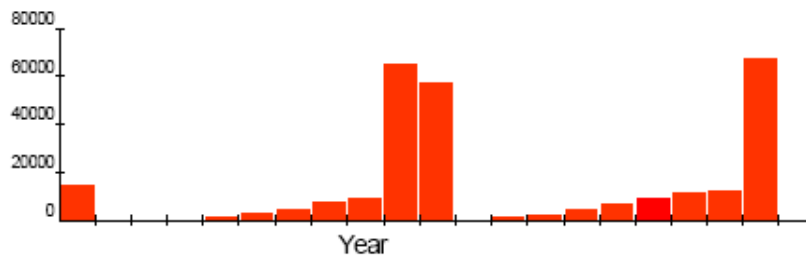


### CASO 3 - OBTENER PCI=70 AL FINAL DEL PERIODO

- Evolución del PCI

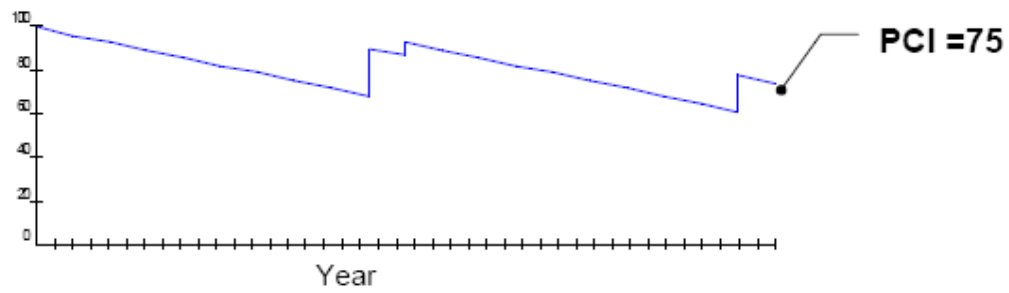


- Flujo de Fondos Requeridos

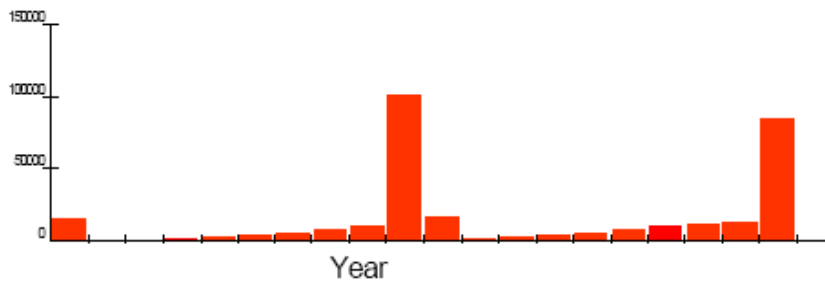


### CASO 4 - OBTENER PCI=75 AL FINAL DEL PERIODO

- Evolución del PCI

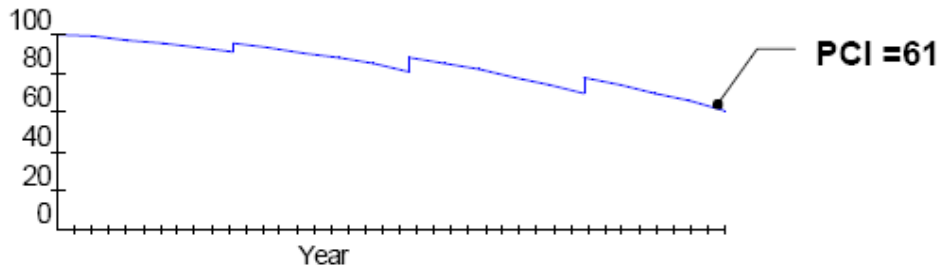


- Flujo de Fondos Requeridos

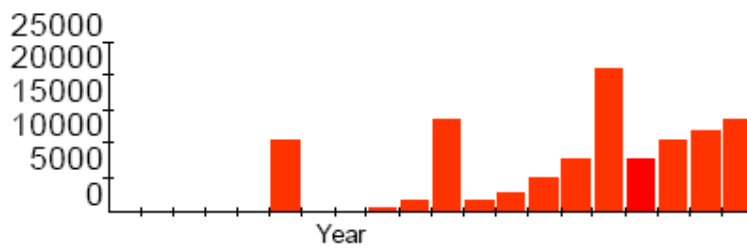


## CASO 5 - SIN INVERSION EN 5 AÑOS

- **Evolución del PCI**

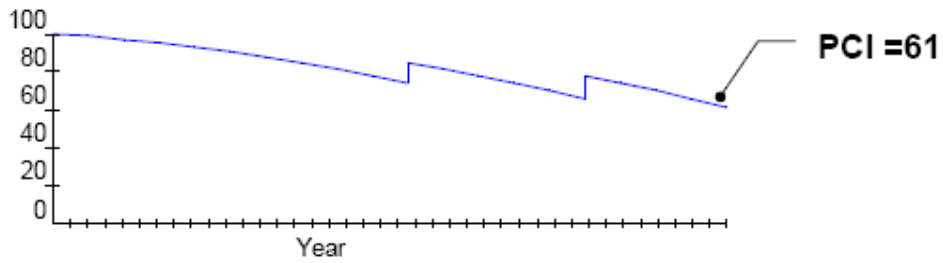


- **Flujo de Fondos Requeridos**

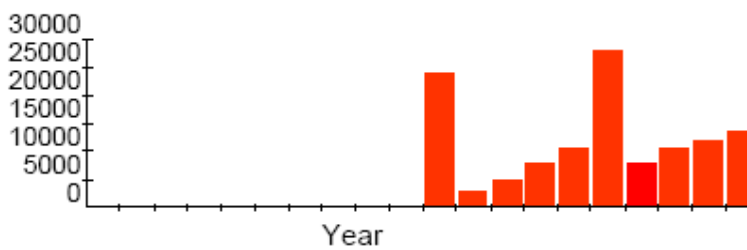


## CASO 6 - SIN INVERSION EN 10 AÑOS

- **Evolución del PCI**



- **Flujo de Fondos Requeridos**



**ANEXO 5**  
**EJEMPLOS DE ENTREGA DE INFORMACIÓN MEDIANTE PLANOS**

Este anexo ha sido incluido para que el lector no se encuentra familiarizado con la forma en que pueden presentarse los disitintos trabajos asociados con las distintas etapas que hay que realizar para la elección de un programa de conservación adecuado. En este anexo se incluyen planos generales en los que se muestra información sobre tipos de pavimentos, datos geotécnicos, secciones y ramas de una red aeroportuaria, y planos PCI obtenidos de una inspección realizada a principios del año 2007 y la evolución esperada en función de los datos obtenidos usando MicroPAVER.



**ANEXO 6**  
**DATOS RECOPIADOS DE PAVIMENTOS DE LA RED VIAL DE LA**  
**REGIÓN DE MAGALLANES**

**Código : 72A009 Rol : Ruta 9 N Nombre : Punta Arenas - Puerto Natales - Paso Baguales**

<b>Ki [Km]</b>	<b>Kf [Km]</b>	<b>Calzada</b>	<b>Tipo de Carpeta</b>	<b>IRI</b>
4,8	8,1	Doble	Hormigón	Sin Dato
8,1	12,3	Única	Hormigón	Sin Dato
12,3	13,0	Doble	Hormigón	Sin Dato
13,0	17,6	Única	Hormigón	Sin Dato
17,6	18,5	Doble	Hormigón	Sin Dato
18,5	19,5	Única	Hormigón	Sin Dato
19,5	20,5	Única	Hormigón	Sin Dato
20,5	22,5	Única	Hormigón	Sin Dato
22,5	23,5	Única	Hormigón	Sin Dato
23,5	25,5	Única	Hormigón	Sin Dato
25,5	26,5	Única	Hormigón	Sin Dato
26,5	27,5	Única	Hormigón	Sin Dato
27,5	28,5	Única	Hormigón	Sin Dato
28,5	29,2	Única	Hormigón	Sin Dato
31,7	34,8	Única	Hormigón	Sin Dato
34,8	40,2	Única	Asfalto	Sin Dato
40,2	44,2	Única	Hormigón	Sin Dato
44,2	50,2	Única	Hormigón	Sin Dato
50,2	51,2	Única	Hormigón	3,9
51,2	52,2	Única	Hormigón	3,7
52,2	53,2	Única	Hormigón	3,3
53,2	54,2	Única	Hormigón	4,0
54,2	55,2	Única	Hormigón	3,5
55,2	56,2	Única	Hormigón	3,0
56,2	57,2	Única	Hormigón	3,4
57,2	58,2	Única	Hormigón	3,4
58,2	59,2	Única	Hormigón	3,5
59,2	60,2	Única	Hormigón	3,1
60,2	61,2	Única	Hormigón	3,9
61,2	62,2	Única	Hormigón	3,2
62,2	63,2	Única	Hormigón	4,9
63,2	64,2	Única	Hormigón	3,8
64,2	65,2	Única	Hormigón	3,9
65,2	66,2	Única	Hormigón	3,5
66,2	67,2	Única	Hormigón	3,5
67,2	68,2	Única	Hormigón	3,7
68,2	69,2	Única	Hormigón	3,6
69,2	70,2	Única	Hormigón	3,6
70,2	71,2	Única	Hormigón	3,5
71,2	72,2	Única	Hormigón	3,8
72,2	73,2	Única	Hormigón	4,0
73,2	74,2	Única	Hormigón	3,3
73,2	74,2	Única	Hormigón	3,3
74,2	75,2	Única	Hormigón	3,3

<b>Ki [Km]</b>	<b>Kf [Km]</b>	<b>Calzada</b>	<b>Tipo de Carpeta</b>	<b>IRI</b>
75,2	76,2	Única	Hormigón	3,6
76,2	77,2	Única	Hormigón	3,1
77,2	78,2	Única	Hormigón	3,3
78,2	79,2	Única	Hormigón	3,0
79,2	80,2	Única	Hormigón	3,3
80,2	81,2	Única	Hormigón	3,3
81,2	82,2	Única	Hormigón	4,3
82,2	83,2	Única	Hormigón	4,1
83,2	84,2	Única	Hormigón	3,7
84,2	85,2	Única	Hormigón	3,5
85,2	86,2	Única	Hormigón	2,4
86,2	87,2	Única	Hormigón	2,4
87,2	88,2	Única	Hormigón	2,7
88,2	89,2	Única	Hormigón	2,5
89,2	90,2	Única	Hormigón	2,4
90,2	91,2	Única	Hormigón	2,3
91,2	92,2	Única	Hormigón	2,3
92,2	93,2	Única	Hormigón	2,6
93,2	94,2	Única	Hormigón	2,2
94,2	95,2	Única	Hormigón	2,1
95,2	96,2	Única	Hormigón	2,4
96,2	97,2	Única	Hormigón	2,8
97,2	98,2	Única	Hormigón	2,6
98,2	99,2	Única	Hormigón	2,5
99,2	100,2	Única	Hormigón	2,4
100,2	101,2	Única	Hormigón	2,5
120,2	121,2	Única	Hormigón	1,9
121,2	122,2	Única	Hormigón	2,0
122,2	123,2	Única	Hormigón	2,1
123,2	124,2	Única	Hormigón	2,2
124,2	125,2	Única	Hormigón	2,3
125,2	126,2	Única	Hormigón	2,1
126,2	127,2	Única	Hormigón	2,3
127,2	128,2	Única	Hormigón	2,4
128,2	129,2	Única	Hormigón	2,3
129,2	130,2	Única	Hormigón	2,4
160,2	161,2	Única	Hormigón	2,4
174,2	175,2	Única	Hormigón	2,2
175,2	176,2	Única	Hormigón	2,2
176,2	177,2	Única	Hormigón	2,1
177,2	178,2	Única	Hormigón	2,3
178,2	179,2	Única	Hormigón	2,2
179,2	180,2	Única	Hormigón	2,2
180,2	181,2	Única	Hormigón	2,4
181,2	182,2	Única	Hormigón	2,7
182,2	183,2	Única	Hormigón	2,1

<b>Ki [Km]</b>	<b>Kf [Km]</b>	<b>Calzada</b>	<b>Tipo de Carpeta</b>	<b>IRI</b>
183,2	184,2	Única	Hormigón	2,1
184,2	185,2	Única	Hormigón	2,2
185,2	186,2	Única	Hormigón	2,1
186,2	187,2	Única	Hormigón	1,8
187,2	188,2	Única	Hormigón	2,1
188,2	189,2	Única	Hormigón	1,9
189,2	190,2	Única	Hormigón	1,7
190,2	196,2	Única	Hormigón	2,4
196,2	197,2	Única	Hormigón	2,7
197,2	198,2	Única	Hormigón	2,7
198,2	199,2	Única	Hormigón	2,4
199,2	200,2	Única	Hormigón	2,4
200,2	201,2	Única	Hormigón	2,2
201,2	202,2	Única	Hormigón	2,1
202,2	203,2	Única	Hormigón	1,9
203,2	204,2	Única	Hormigón	2,0
204,2	205,2	Única	Hormigón	2,2
205,2	206,2	Única	Hormigón	2,3
206,2	207,2	Única	Hormigón	2,0
207,2	208,2	Única	Hormigón	1,9
208,2	209,2	Única	Hormigón	1,9
209,2	210,2	Única	Hormigón	2,1
210,2	211,2	Única	Hormigón	2,5
211,2	212,2	Única	Hormigón	2,7
212,2	213,2	Única	Hormigón	2,7
213,2	214,2	Única	Hormigón	2,7
214,2	215,2	Única	Hormigón	3,5
215,2	216,2	Única	Hormigón	4,1
216,2	217,2	Única	Hormigón	4,3
217,2	218,2	Única	Hormigón	4,2
218,2	219,2	Única	Hormigón	4,0
219,2	220,2	Única	Hormigón	4,0
220,2	221,2	Única	Hormigón	4,4
221,2	222,2	Única	Hormigón	4,1
222,2	223,2	Única	Hormigón	3,8
223,2	224,2	Única	Hormigón	4,0
224,2	225,2	Única	Hormigón	4,2
225,2	226,2	Única	Hormigón	3,7
226,2	227,2	Única	Hormigón	3,2
227,2	228,2	Única	Hormigón	3,2
228,2	229,2	Única	Hormigón	3,4
229,2	230,2	Única	Hormigón	4,7
230,2	231,2	Única	Hormigón	4,7
231,2	232,2	Única	Hormigón	Sin Dato
232,2	233,2	Única	Hormigón	Sin Dato
233,2	234,2	Única	Hormigón	Sin Dato

<b>Ki [Km]</b>	<b>Kf [Km]</b>	<b>Calzada</b>	<b>Tipo de Carpeta</b>	<b>IRI</b>
234,2	235,2	Única	Hormigón	Sin Dato
235,2	236,2	Única	Hormigón	Sin Dato
236,2	237,2	Única	Hormigón	Sin Dato
237,2	238,2	Única	Hormigón	Sin Dato
238,2	239,2	Única	Hormigón	Sin Dato
239,2	240,2	Única	Hormigón	Sin Dato
240,2	241,2	Única	Hormigón	Sin Dato
241,2	242,2	Única	Hormigón	Sin Dato
242,2	243,2	Única	Hormigón	Sin Dato
243,2	244,2	Única	Hormigón	Sin Dato
244,2	244,8	Única	Hormigón	Sin Dato
244,8	245,0	Única	Asfalto	Sin Dato
245,0	249,1	Única	Asfalto	Sin Dato
249,1	261,2	Única	Hormigón	Sin Dato

**Código : 72B255 Rol : Ruta 255 Ch Nombre : Gobernador Philippi - Monte Aymond**

<b>Ki [Km]</b>	<b>Kf [Km]</b>	<b>Calzada</b>	<b>Tipo de Carpeta</b>	<b>IRI</b>
0,0	15,0	Única	Asfalto	2,1
15,0	44,0	Única	Hormigón	2,0
44,0	49,0	Única	Hormigón	1,6
49,0	65,0	Única	Hormigón	1,7
65,0	68,0	Única	Hormigón	2,2
68,0	85,0	Única	Hormigón	1,6
85,0	86,0	Única	Hormigón	1,4
86,0	91,0	Única	Hormigón	1,5
91,0	92,0	Única	Hormigón	1,8
92,0	104,0	Única	Hormigón	1,8
103,0	104,0	Única	Hormigón	1,9
104,0	105,0	Única	Hormigón	Sin Dato
105,0	106,0	Única	Hormigón	Sin Dato
106,0	107,0	Única	Hormigón	Sin Dato
107,0	108,0	Única	Hormigón	Sin Dato
108,0	109,0	Única	Hormigón	Sin Dato
109,0	110,0	Única	Hormigón	Sin Dato
110,0	111,0	Única	Hormigón	Sin Dato
111,0	112,0	Única	Hormigón	Sin Dato
112,0	113,0	Única	Hormigón	Sin Dato
113,0	114,0	Única	Hormigón	Sin Dato
114,0	115,0	Única	Hormigón	Sin Dato
115,0	116,0	Única	Hormigón	Sin Dato
116,0	117,0	Única	Hormigón	Sin Dato
117,0	118,0	Única	Hormigón	Sin Dato
118,0	119,0	Única	Hormigón	Sin Dato

<b>Ki [Km]</b>	<b>Kf [Km]</b>	<b>Calzada</b>	<b>Tipo de Carpeta</b>	<b>IRI</b>
119,0	120,0	Única	Hormigón	Sin Dato
120,0	121,0	Única	Hormigón	Sin Dato
121,0	122,0	Única	Hormigón	Sin Dato
122,0	123,0	Única	Hormigón	Sin Dato
123,0	124,0	Única	Hormigón	Sin Dato
124,0	125,0	Única	Hormigón	Sin Dato
125,0	126,0	Única	Hormigón	Sin Dato
126,0	127,0	Única	Hormigón	Sin Dato
127,0	128,0	Única	Hormigón	Sin Dato
128,0	141,7	Única	Hormigón	Sin Dato

**Código : 72A257 Rol : Ruta 257 Ch Nombre : Kimiri Aike - Cullén - Paso San Sebastián**

<b>Ki [Km]</b>	<b>Kf [Km]</b>	<b>Calzada</b>	<b>Tipo de Carpeta</b>	<b>IRI</b>
0,0	43,0	Única	Hormigón	1,7
42,0	50,0	Única	Hormigón	1,4

**Código : 72B090 Rol : Ruta 9 S Nombre : Ruta 9, sector: Punta Arenas - Fuerte Bulnes**

<b>Ki [Km]</b>	<b>Kf [Km]</b>	<b>Calzada</b>	<b>Tipo de Carpeta</b>	<b>IRI</b>
2,0	3,0	Única	Hormigón	4,5
3,0	4,0	Única	Hormigón	5,9
4,0	5,0	Única	Hormigón	3,9
5,0	6,0	Única	Hormigón	3,2
6,0	8,0	Única	Hormigón	2,8
8,1	12,1	Única	Hormigón	1,4
12,1	15,1	Única	Hormigón	1,7
15,1	16,1	Única	Hormigón	1,6
16,1	33,1	Única	Hormigón	1,7
33,1	34,0	Única	Hormigón	Sin Dato

**Código : 72B0SR Rol : S/R Nombre : Acceso a Puerto de Punta Arenas**

<b>Ki [Km]</b>	<b>Kf [Km]</b>	<b>Calzada</b>	<b>Tipo de Carpeta</b>	<b>IRI</b>
0,0	2,0	Doble	Hormigón	Sin Dato
2,0	3,0	Doble	Hormigón	2,8
3,0	3,9	Doble	Hormigón	Sin Dato

**Código : 72B520 Rol : Y-520 Nombre : Acceso a Aeropuerto Presidente Ibáñez**

<b>Ki [Km]</b>	<b>Kf [Km]</b>	<b>Calzada</b>	<b>Tipo de Carpeta</b>	<b>IRI</b>
0,0	1,7	Única	Hormigón	Sin Dato

**Código : 72D625 Rol : Y-625 Nombre : Porvenir - Bahía Chilota - Parcelas**

<b>Ki [Km]</b>	<b>Kf [Km]</b>	<b>Calzada</b>	<b>Tipo de Carpeta</b>	<b>IRI</b>
0,0	1,0	Única	Hormigón	Sin Dato
1,0	2,0	Única	Hormigón	2,6
2,0	3,0	Única	Hormigón	Sin Dato
3,0	4,3	Única	Hormigón	2,2
4,3	4,7	Doble	Hormigón	Sin Dato