

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA  
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL**



**EVALUACIÓN SUPERFICIAL DE LA CARRETERA  
CAÑETE - YAUYOS - CHUPACA CON EL MÉTODO DEL PCI  
TRAMO Km. 59+000 - Km. 64+000**

**INFORME DE SUFICIENCIA**

Para optar el Título Profesional de

**INGENIERO CIVIL**

**CLAUDIA MARISOL SALINAS CURO**

Lima – Perú

2009

*A Dennis,  
por sus valiosos consejos...  
y a Sophia por su hermosa sonrisa...*

---

	p.
RESUMEN	3
LISTA DE CUADROS	4
LISTA DE GRÁFICOS Y DE FIGURAS	5
LISTA DE SÍMBOLOS Y DE SIGLAS	6
INTRODUCCIÓN	8
<b>CAPÍTULO I.- GENERALIDADES</b>	<b>10</b>
1.1 Antecedentes	10
1.2 Ubicación	14
1.2.1 Aspectos generales	14
1.2.2 Zona y poblaciones afectadas	16
1.3 Topografía	18
1.4 Geografía	20
1.5 Geología	20
1.6 Hidrología	21
1.7 Clima	22
1.8 Tramo evaluado Km. 59+000 - Km. 64+000	23
1.8.1 Estudio de suelos	23
1.8.2 Estado de la vía	23
<b>CAPÍTULO II.- ESTADO DEL ARTE</b>	<b>27</b>
2.1 Método del Índice de Condición del Pavimento (PCI)	27
2.1.1 Antecedentes y evolución	27
2.1.2 Aplicación en el Perú	28
2.2 Métodos empleados en la evaluación superficial	31
2.2.1 Metodología CONREVIAl	32
2.2.2 Evaluación de superficie de pavimento - PASER	33
2.2.3 Propuesta del MTC	35

---

<b>CAPÍTULO III.- MARCO TEÓRICO</b>	<b>38</b>
3.1 Evaluación superficial de pavimentos flexibles	38
3.1.1 Objetivos de la evaluación superficial	39
3.1.2 Criterios de mantenimiento y niveles de servicio	39
3.1.3 Causas de fallas	41
3.2 Índice de Condición del Pavimento - PCI	42
3.2.1 Norma ASTM D6433 - 03	42
3.2.2 Ecuación del PCI	45
3.2.3 Fallas consideradas en el método	45
3.2.4 Determinación del PCI	47
3.2.5 Escala de valores del PCI	50
3.3 Costos de mantenimiento para el tramo en estudio	51
3.3.1 Tratamiento sugerido a las fallas comunes y análisis de costos unitarios	51
<b>CAPÍTULO IV.- APLICACIÓN DEL MÉTODO DEL PCI EN EL TRAMO</b> <b>Km. 59 + 000 - Km. 64 + 000</b>	<b>63</b>
4.1 Trabajos de campo y de gabinete	63
4.1.1 Identificación del grado de severidad y metrado de fallas	63
4.1.2 Determinación de densidad	65
4.1.3 Uso de tablas y obtención de valores de deducción	66
4.1.4 Cálculo del PCI y determinación del grado de deterioro del pavimento	66
4.2 Estimación de costos de mantenimiento	69
<b>CAPÍTULO IV: ANÁLISIS DE RESULTADOS</b>	<b>70</b>
CONCLUSIONES	73
RECOMENDACIONES	75
BIBLIOGRAFÍA	77
ANEXOS	78

## RESUMEN

El presente trabajo se basa en el empleo de un método sencillo y práctico para la evaluación superficial de pavimentos; el cuál consiste en la observación de fallas en una vía para la determinación de un valor numérico denominado Índice de Condición del Pavimento (PCI).

De acuerdo a lo estipulado en el método, las fallas encontradas deben ser identificadas, catalogadas y cuantificadas, de tal manera que se obtenga la condición del pavimento en un determinado espacio y tiempo.

Del deterioro prematuro de la vía se pueden especular las posibles causas y plantear las posibles soluciones basándonos en la observación de los agentes causantes del mismo, cuantificar los daños ocasionados, estimar presupuestos de mantenimiento y rehabilitación estableciendo prioridades de acuerdo a la severidad de las fallas presentes.

Es así, que el objetivo general del presente trabajo será determinar las condiciones superficiales de la Carretera Cañete – Yauyos - Chupaca por el Método del PCI, del Km. 59+000 al Km. 64+000, identificando y cuantificando las posibles causas de su condición actual, a través de la interpretación y correlación de los parámetros obtenidos.

Además de lo citado, se han planteado objetivos específicos tales como: la evaluación superficial del tramo asignado considerando el catálogo de fallas del método, la calificación y cuantificación del deterioro de la carretera hallando el valor del PCI y el cálculo de los metrados y costos de los trabajos necesarios para la conservación y extensión de su vida útil.

## LISTA DE CUADROS

	p.	
Cuadro 1.01	Datos Generales del Contrato	14
Cuadro 1.02	Datos Generales de la Carretera	15
Cuadro 1.03	Población Actual	16
Cuadro 1.04	Localidades de la Región Yunga	18
Cuadro 1.05	Localidades de la Región Quechua	19
Cuadro 1.06	Localidades de la Región Suni o Jalca	19
Cuadro 1.07	Localidades de la Región Puna	20
Cuadro 1.08	Temperaturas y Precipitaciones Promedio	22
Cuadro 1.09	Estado Inicial de la Vía	24
Cuadro 1.10	Estado Actual de la Vía	24
Cuadro 2.01	Resultados de la Aplicación de YonaPMS.VIDEO Tramo 1	28
Cuadro 2.02	Resultados de la Aplicación de YonaPMS.VIDEO Tramo 2	29
Cuadro 2.03	Resumen de Resultados del PCI Tramo I y II	31
Cuadro 2.04	Rangos para definir Magnitud de Fallas	36
Cuadro 2.05	Catálogo Gráfico de Fallas en Pavimentos	37
Cuadro 3.01	Relación de Fallas del Método del PCI	46
Cuadro 3.02	Planilla de Metrado del PCI	48
Cuadro 3.03	Tratamiento manual de fisuras con emulsión CSS-1hp	52
Cuadro 3.04	Bacheo superficial con mezcla asfáltica en frío	53
Cuadro 3.05	Tratamiento manual de fisuras con Slurry Seal inc. ruteo	54
Cuadro 3.06	Chip Seal de 3/8"	55
Cuadro 3.07	Aplicación de Slurry Seal Modificado Tipo II	56
Cuadro 3.08	Aplicación de Slurry Seal Modificado Tipo III	57
Cuadro 3.09	Slurry Seal Modificado Tipo III para nivelación de rasante	58
Cuadro 3.10	Tratamiento de sellante elastomérico en caliente inc. ruteo	59
Cuadro 3.11	Tratamiento manual de grietas con Slurry Seal	59
Cuadro 3.12	Bacheo de bermas con Slurry Seal	60
Cuadro 3.13	Corrección de ahuellamiento	61
Cuadro 3.14	Tratamiento de corrimientos	62
Cuadro 4.01	Secciones Homogéneas en función de la Condición Superficial	68
Cuadro 4.02	Presupuesto Estimado para el Mantenimiento del Tramo en Estudio	69

## LISTA DE GRÁFICOS

	p.
Gráfico 1.01 Mapa de Paquetes de proyectos del Programa Proyecto Perú	13
Gráfico 1.02 Ubicación de la carretera	15
Gráfico 1.03 Ubicación de poblados	17
Gráfico 1.04 Perfil estratigráfico del tramo en estudio	23
Gráfico 1.05 Sección típica del tramo en estudio	25
Gráfico 2.01 Resultados de la Aplicación de YonaPMS.VIDEO Tramo 1	29
Gráfico 2.02 Resultados de la Aplicación de YonaPMS.VIDEO Tramo 2	30
Gráfico 2.03 Validación del cálculo del PCI	30
Gráfico 3.01 Curvas de Deterioro del Pavimento a través de Tiempo con y sin Mantenimiento Preventivo	38
Gráfico 4.01 PCI Manual – PCI Hoja de Cálculo	68

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1.01 Inicio de los Trabajos de Construcción de la Carretera en el año 1920	10
Figura 1.02 Actividades Ejecutadas para el Cambio de Estándar	25
Figura 1.03 Aplicación del Slurry Seal	26
Figura 2.01 Adecuación del Catálogo de Fallas sugerido por CONREVIAL	32
Figura 2.02 Formato empleado en el Manual de PASER y Falla Tipo	33
Figura 2.03 Condición de la Superficie y Actividades de Mantenimiento	34
Figura 3.01 Factores que afectan el comportamiento de los pavimentos flexibles	42
Figura 3.02 Diagrama de Flujo del Método del PCI	47
Figura 3.03 Escala de Valores del PCI y Tipo de Mantenimiento	50

## LISTA DE SÍMBOLOS Y DE SIGLAS

PCI	Pavement Condition Index
n:	Número de unidades de muestra a inspeccionar
N:	Número total de unidades de muestra de la sección
e:	Error permisible en determinación del PCI
$\sigma$ :	Desviación estándar
UMI:	Unidades de Muestra a inspeccionar
PCI <sub>i</sub> :	PCI de la unidad de muestra inspeccionada
PCI <sub>f</sub> :	PCI promedio de la sección
m:	Número máximo admisible de valores deducidos
q:	Número de valores deducidos mayores a 2
D:	Densidad de una falla expresada en porcentaje
F	Factor de ajuste de la fórmula del PCI
H	De la traducción en inglés HIGH, grado de severidad Alto.
L:	De la traducción en inglés LOW, grado de severidad Bajo.
M:	De la traducción en inglés MEDIUM, grado de severidad Medio.
S:	Grado de severidad que presenta la falla
T:	Tipo de falla encontrada
VD:	Valor de Deducción
VDC:	Valor de Deducción Corregido
VDT:	Valor de Deducción Total
VDC <sub>máx</sub> :	Valor de Deducción Corregido Máximo
APWA:	American Public Work Association
AASHTO:	American Association of State Highway Transportation Officials
ASTMD-3910:	Práctica Estándar para el Diseño, Ensayo y Construcción del Slurry Seal.
ASTMD-6433:	Práctica Estándar para Inspección del Índice de la Condición de Pavimentos para Caminos y Estacionamientos.
CSS-1hp:	Polímero de rotura rápida.
CRS-2hp:	Polímero modificado de rotura rápida, alta viscosidad y fuerte penetración.
FAA:	Federal Aviation Administration
ISSA A-105:	International Slurry Surfacing Association – Manual para el Uso de Emulsiones Asfálticas Slurry Seal.
IRI	International Roughness Index

SUCS:	Sistema Unificado de Clasificación de Suelos
GC-GM:	Grava limo-arcillosa
SC-SM:	Arena limo-arcillosa
CONREVIAL:	Consortio de Rehabilitación Vial
PASER:	Pavement Surface Evaluation and Rating
USACE:	United States Army Corps Engineers
YonaPMS.VIDEO:	Sistema de inventariado videográfico georeferenciado de alto pixelazo.

## INTRODUCCIÓN

La evaluación superficial de pavimentos empleando el Método del PCI brinda al especialista una poderosa herramienta para la administración y análisis de información de una vía basada en el cálculo del grado de deterioro de ésta. La aplicación de este método para la determinación de la condición de un pavimento desde el inicio de su puesta en servicio y durante el transcurso de su vida útil permitirá una mejora en los procesos de toma de decisiones para la conservación de una carretera, incrementará la calidad del transporte reduciendo la incomodidad de los usuarios y los tiempos de movilización entre otros beneficios. Su carácter cualitativo y cuantitativo permite identificar las zonas donde el pavimento requiere de un tratamiento inmediato o en el mejor de los casos de un mantenimiento preventivo adecuado, distribuyendo los fondos disponibles de una manera responsable y efectiva.

El objetivo general de este informe es la determinación de las condiciones superficiales de la Carretera Cañete – Yauyos - Chupaca por el Método del PCI, del Km. 59+000 al Km. 64+000, el cuál se logra identificando y cuantificando las fallas del pavimento; complementándose con los objetivos específicos los cuáles abarcan la evaluación superficial del tramo asignado empleando el catálogo de fallas del método, la calificación y cuantificación del deterioro de la carretera hallando el valor del PCI, el cálculo de los metrados y de los costos para los trabajos de mantenimiento en la carretera.

El método puede ser empleado en la evaluación superficial de pavimentos flexibles y rígidos de carreteras, de aeropuertos, de almacenes, u otras estructuras, tal como se explica en la norma que lo respalda; sin embargo, el estudio realizado en este informe está dirigido explícitamente a la evaluación de un pavimento flexible de una vía de penetración con características particulares tanto en la superficie como en su estructura y diseño geométrico.

En el Capítulo I se describen las generalidades de la carretera y del tramo a evaluar. Se hace mención a los antecedentes, evolución y estado actual de la carretera; además de los aspectos geomorfológicos, hidrológicos y climáticos de la zona en estudio. Y como parte importante del presente informe se hace mención al trabajo de mejoramiento del pavimento ejecutado en este último año

a lo largo del Km. 59 + 000 hasta el Km. 64 + 000; tramo asignado para la evaluación superficial respectiva.

En el Capítulo II se desarrolla el estado del arte del Método del Índice de Condición de Pavimentos – PCI, sus aplicaciones en el Perú y los métodos de evaluación superficial empleados en el país.

En el Capítulo III se describe el Marco Teórico del Método del PCI; donde se incluyen los conceptos básicos relacionados a la evaluación superficial de los pavimentos flexibles, sus objetivos, criterios de mantenimiento y niveles de servicio así como las principales causas de las fallas en los pavimentos. Además se incluyen los pasos a seguir para la obtención del PCI. Finalmente, se consideran los análisis de costos unitarios para la elaboración del presupuesto de mantenimiento y/o rehabilitación de un pavimento flexible.

En el Capítulo IV se realiza la aplicación del método en el tramo correspondiente para determinar su grado de deterioro y estimar los costos para el mantenimiento y/o rehabilitación con los metrados calculados por el método.

En el Capítulo V se analizan los resultados obtenidos y permite extraer las conclusiones sobre el estado de conservación del pavimento con el tratamiento superficial aplicado, determinando las posibles causas del deterioro, proponiendo los tratamientos para las fallas encontradas y las recomendaciones finales para extender la vida útil del pavimento evaluado.

## CAPÍTULO I

### GENERALIDADES

#### 1.1 ANTECEDENTES

La carretera de penetración y enlace entre Huancayo – Yauyos - Cañete, fue proyectada y ejecutada por tramos durante el gobierno del Sr. Augusto B. Leguía entre la década de 1920 a 1930 mediante la Ley decretada de la Conscripción Vial Territorial del Perú; sin embargo, debido a hechos lamentables ocurridos durante la construcción, y coincidiendo con la caída del gobierno de turno, todos los trabajos de la carretera quedaron paralizados hasta los años 1954 y 1957.

Por el lado de la Costa, durante el gobierno del Dr. Manuel Prado Ugarteche, entre los años 1940 y 1944 en conjunto con las autoridades de Yauyos, avanzan los trabajos de la carretera desde Cañete, llegando a Yauyos en abril de 1944, siendo inaugurado por el propio Presidente en junio del mismo año. Después de estos acontecimientos, quedó postergado todo trabajo de la carretera entre Yauyos - Huancayo.

Posteriormente en los años 1956 y 1957, el esfuerzo de los pobladores de Alis y de las autoridades de los poblados vecinos, logra enlazar la carretera con dicho poblado, incidiendo directamente para que el Gobierno Central prosiga los trabajos hasta concluir la carretera pero a cuenta del Estado.

Figura 1.01

#### INICIO DE LOS TRABAJOS DE CONSTRUCCIÓN DE LA CARRETERA EN EL AÑO 1920

(Fuente: Informe de Suficiencia, Sifuentes, 2009: p. 9)



A nivel de estudio definitivo se cuenta con el que elaboró el consorcio AYESA – ALPHA CONSULT en el año 1998 mediante contrato con PROMCEPRI (Comisión de Promoción de Concesiones Privadas).

Como antecedentes a nivel de pre-inversión se cuenta con el perfil elaborado por el Ing. Floriano Palacios León en el año 2003. Este perfil fue aprobado por la Oficina General de Presupuesto y Planificación (OPP) del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC) autorizando la elaboración del Estudio de Factibilidad del proyecto; y como parte de la política del estado de mantener la Red Vial del Perú en buenas condiciones de transitabilidad, el MTC mediante Resolución Ministerial N° 223-2007-MTC-02, modificada por Resolución Ministerial N° 408-2007-MTC/02, crea el Programa “Proyecto Perú”, definiéndose como un programa de infraestructura vial diseñado para mejorar las vías de integración de corredores económicos, conformando ejes de desarrollo sostenido con el fin de elevar el nivel de competitividad de las zonas rurales, en la Red Vial Nacional, Departamental y Vecinal.

Pavimentar catorce mil kilómetros de carreteras en el territorio nacional constituye el principal objetivo del Proyecto Perú, un ambicioso plan elaborado por el MTC, que en diez años prevé alcanzar dicha meta, privilegiando aquellas zonas del país donde mayor necesidad hay de contar con vías de transporte en óptimas condiciones.

La idea fuerza, en el esquema trazado con tal fin, es la de formar ejes para la integración de diversos departamentos, que a su vez se conecten con los grandes ejes viales existentes: la Carretera Panamericana y los ejes de Integración de la Infraestructura Regional Suramericana (IIRSA).

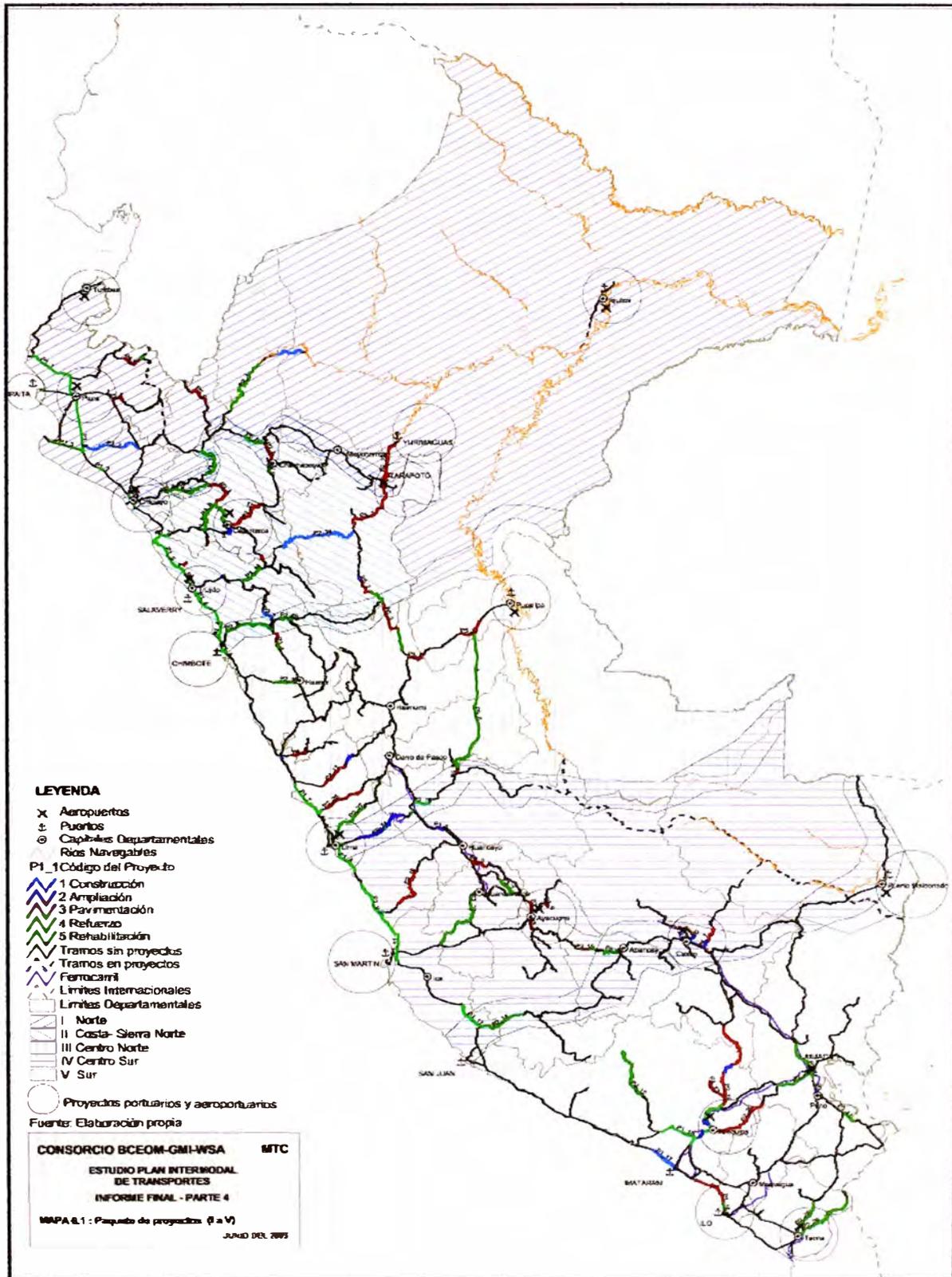
Para ello, se han identificado 35 corredores viales de carreteras de suelo afirmado (es decir, no asfaltado) y cuatro hidrovías, en los cuales se desarrollan proyectos en conjunto con los gobiernos regionales, locales y con otras carteras ministeriales. Dentro de una primera etapa se encuentra la de conservación vial, que comprende la pavimentación –hecha de manera económica- y una segunda etapa donde que se iniciará tras comprobar si el flujo del tránsito vehicular se incrementó, gracias a los trabajos realizados. En este punto se uniformizaría el ancho de la calzada de la pista, colocando sobre ella una base estabilizada.

Cuando el número de vehículos que transiten a diario por la vía sea de más de 200, se efectuarán las obras de pavimentación definitiva, con la carpeta asfáltica correspondiente.

El Programa “Proyecto Perú” aspira establecer un sistema de contratación de las actividades de conservación de la infraestructura vial, mediante contratos en los que las prestaciones se controlen por niveles de servicio y por plazos iguales o superiores a tres años, que implican el concepto de “transferencia de riesgo” al Contratista – Conservador. Dicha transferencia se rige bajo un sistema que desarrolla una cultura preventiva, con la finalidad de evitar el deterioro prematuro de las vías mediante intervenciones rutinarias y periódicas de manera oportuna. Esto significa en la práctica actuar permanentemente para mantener la carretera en óptimas condiciones de transitabilidad. (Gráfico 1.01: Mapa de Paquetes de Proyectos del Programa Proyecto Perú).

Es así que el Ministerio de Transportes y Comunicaciones convoca a Concurso Público CP N° 0034-2007-MTC/20 para el Servicio de Conservación Vial de la Carretera Cañete - Lunahuaná – Pacarán - Chupaca y Rehabilitación de Tramo Zuñiga - Dv. Yauyos – Roncha; y luego, con fecha 27 de diciembre de 2007 se firma el contrato entre el Ministerio de Transportes y Comunicaciones y el Consorcio Gestión de Carreteras (ICCGSA, CORPORACIÓN MAYO SAC, Empresa de Mantenimiento Vial La Marginal SRL) para la prestación del Servicios de Conservación Vial por Niveles de Servicio. (Cuadro 1.01: Datos Generales del Contrato firmado entre el MTC y el Contratista – Conservador).

**Gráfico 1.01**  
**MAPA DE PAQUETES DE PROYECTOS DEL PROGRAMA PROYECTO PERÚ**  
 (Fuente: MTC, 2005)



**Cuadro 1.01**  
**DATOS GENERALES DEL CONTRATO**  
(Fuente: Elaboración propia)

Carretera	Cañete – Yauyos - Chupaca
Longitud Total del Tramo	272.73 Km.
Contrato de Servicios	Nº 288-2007-MTC/20
Contratista-Conservador	Consortio Gestión de Carreteras (ICCGSA, Corporación Mayo SAC, Empresa de Mantenimiento Vial La Marginal SRL.
Valor Referencial	S/. 131'895,292.01
Monto del Contrato	S/. 131'589,139.71
Periodo del Contrato	05 años
Inicio del Contrato	01 de Febrero, 2008

## 1.2 UBICACIÓN

### 1.2.1 Aspectos generales

El tramo Cañete – Yauyos - Chupaca, pertenece a la Red Vial Nacional, con código de ruta R22 de 272.73 Km. de longitud, con origen en Cañete (Km. 001+085) y destino en Chupaca (Km. 273+581). La carretera une las localidades de San Vicente de Cañete, Lunahuaná, Pacarán, Zúñiga, San Juan, San Gerónimo, Catahuasi, Chichicay, Capillucas, Calachota, Magdalena, Tinco Huantán, Llapay, Alis, Tomas, Tinco Yauricocha, San José de Quero, Chachicocha, Collpa, Roncha y Chupaca.

La carretera limita por el Norte con los cuadrángulos de Huarochirí y La Oroya, por el Este con Andamarca y Pampas, por el Sur Tantará y Chincha y por el Oeste con Mala. (Gráfico 1.02: Ubicación de la Carretera).

Políticamente el tramo une las provincias de Cañete, Yauyos (Departamento de Lima) y Chupaca, Concepción (Departamento de Junín). (Cuadro 1.02: Datos Generales de la Carretera).

**Gráfico 1.02**  
**UBICACIÓN DE LA CARRETERA**

(Fuente: Adaptación propia de Informe de Suficiencia, Sifuentes, 2009: p. 17)



**Cuadro N° 1.02**  
**DATOS GENERALES DE LA CARRETERA**

(Fuente: Informe de Suficiencia, Cupe, 2008: p. 11)

Departamento /Región:	Lima - Junín
Provincia:	Cañete - Chupaca
Distrito:	San Vicente de Cañete
Localidad:	Varias entre Localidad San Vicente de Cañete y Localidad de Chupaca
Región Geográfica:	Costa (x) Sierra (x)
Altitud :	71 – 4751 m.s.n.m.
Latitud :	13°04'38.08"S    76°24'11.45"O (San Vicente)
	12°03'35.29"S    75°17'13.47"O (Chupaca)
Coordenadas :	348,000.55 E    8'553,201.88 S (San Vicente)
	468,680 E    8'666,783 S (Chupaca)

## 1.2.2 Zona y poblaciones afectadas

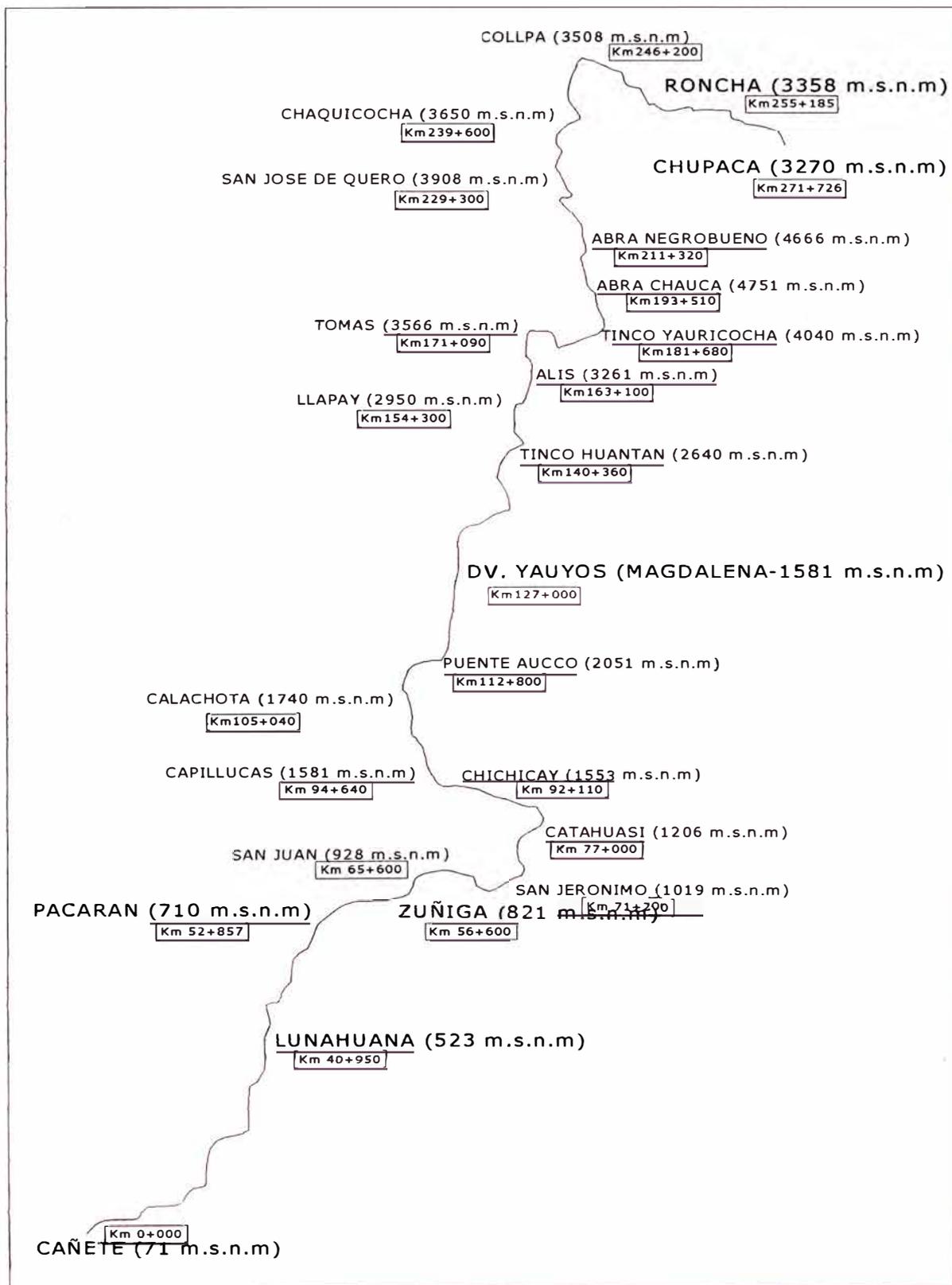
La carretera se desarrolla a lo largo de las regiones Lima y Junín entre las provincias de Cañete, Yauyos y Chupaca, pasando a través de varios poblados que se verán afectados de manera positiva o negativa con el mejoramiento de la transitabilidad de la vía. Considerando que las zonas aledañas a la carretera son netamente agrícolas, es de esperar que el impacto en la economía de la región sea importante; sin embargo la ausencia de una cultura de conservación por parte de los pobladores influirá en el deterioro progresivo de la carretera.

Las poblaciones y zonas afectadas se detallan en el Cuadro 1.03: Población Actual y Gráfico 1.03: Ubicación de Poblados.

**Cuadro 1.03**  
**POBLACION ACTUAL**  
(Fuente: INEI, 2007)

LOCALIDAD	POBLACIÓN ACTUAL (HABITANTES)
San Vicente de Cañete	46,464
Cerro azul	6,893
San Luis	11,94
Quilmana	13,663
Imperial	36,34
Nuevo Imperial	19,026
Lunahuaná	4,567
Pacarán	1,687
Zúñiga	1,582
Catahuasi	1,09
Huangascar	668
Alis	1,519
Carania	330
Huantan	926
Ayauca	1,773
Colonia	1,439
Laraos	960
Miraflores	441
Tupe	655
Tomas	1,077
Huancaya	1,001
Yanacancha	3,294
Chupaca	20,976
<b>TOTAL</b>	<b>178,311</b>

**Gráfico 1.03**  
**UBICACIÓN DE POBLADOS**  
 (Fuente: MTC, 2007)



### 1.3 TOPOGRAFÍA

El valle de Cañete es estrecho y de forma triangular, siendo más amplia en el límite con la región Chala o Costa y el vértice por el lugar donde ingresa generalmente uno de los afluentes principales del río; en este sector se encuentran terrazas que son empleadas para el cultivo. Una especie de quebrada se forma a manera de una estrecha garganta cuanto más se aproxima a los contrafuertes andinos.

Todas las superficies de los cerros son pétreas, rocosas, reseca y completamente desprovistas de condiciones naturales para la agricultura, por falta de agua.; estas características corresponden a la región **Yunga** (500 m.s.n.m. - 2300 m.s.n.m.).

Las localidades que se encuentran con esta configuración se presentan en el Cuadro 1.04.

**Cuadro 1.04**  
**LOCALIDADES DE LA REGIÓN YUNGA**  
(Fuente: Elaboración propia)

Localidad	Altitud (m.s.n.m.)	Progresiva (Km.)
Zúñiga	821	56+600
Catahuasi	1206	77+000
Capillucas	1581	94+640
Calachota	1740	105+040
Dv. Yauyos o Magdalena	2289	127+000

La vía continúa por la región **Quechua** (2300 m.s.n.m. – 3500 m.s.n.m.), donde por lo general luego de una estrecha garganta o pongo, se abre una nueva quebrada cuyos fondos planos son relativamente estrechos y son inmediatamente continuados por las faldas de los cerros de suave declive, interrumpidas por lomas. Entre loma y loma quedan pequeñas hondonadas, en cuyos fondos corren pequeños arroyos o nacen los puquiales. Sus aguas provienen de las filtraciones de las lluvias o de remotas lagunas de las regiones superiores.

Las localidades ubicadas en esta región se presentan en el Cuadro 1.05.

**Cuadro 1.05**  
**LOCALIDADES DE LA REGIÓN QUECHUA**

(Fuente: Elaboración propia)

Localidad	Altitud (m.s.n.m.)	Progresiva (Km.)
Tinco Huantan	2640	140+360
Llapay	2950	154+300
Alis	3261	163+100
Ronchas (al otro lado de la cordillera)	3358	255+185

Se continúa ascendiendo llegando a la región **Suni o Jalca** (3500 m.s.n.m. a 4000 m.s.n.m.), donde el escenario cambia a bruscas ascensiones de acantilados y cerros. En este sector normalmente no se encuentran valles, mas por el contrario se tienen quebradas estrechas que abren cañones muy profundos, erosionando las rocas vivas, de modo que al recorrer esta región por el fondo de las quebradas, a orillas del río, el horizonte perceptible se cierra en circuitos pequeños que dan la sensación de un lugar amurallado. Las localidades que corresponden a esta región se presentan en el Cuadro 1.06.

**Cuadro 1.06**  
**LOCALIDADES DE LA REGIÓN SUNI O JALCA**

(Fuente: Elaboración propia)

Localidad	Altitud (m.s.n.m.)	Progresiva (Km.)
Tomas	3566	171+090
San José de Quero (al otro lado de la cordillera)	3908	229+300
Chaquicocha (al otro lado de la cordillera)	3650	239+600
Collpa (al otro lado de la cordillera)	3508	246+200

La carretera atraviesa también la región **Puna**, que comprende alturas entre los 4000 m.s.n.m. y 4800 m.s.n.m. Esta región aparece a ambos lados del declive andino, separando cumbres nevadas entre sí, reuniendo las cumbres, de menos de 4800 metros para formar nudos y mesetas, y agrietando las cordilleras para dar paso a las abras. Se considera a la Puna como una gran llanura elevada o altiplano; sin embargo esta región ofrece muy variados relieves en relación con su ubicación. Las localidades que corresponden a esta región se presentan en el Cuadro 1.07.

**Cuadro 1.07**  
**LOCALIDADES DE LA REGIÓN PUNA**  
(Fuente: Elaboración propia)

Localidad	Altitud (m.s.n.m.)	Progresiva (Km.)
Tinco Yauricocha	4040	181+680
Abra Chaucha	4751	193+510
Abra Negro Bueno	4666	211+320

## 1.4 GEOGRAFÍA

Políticamente, la Cuenca del río Cañete forma parte de las provincias de Cañete y Yauyos, pertenecientes ambas al departamento de Lima.

La Cuenca del río Cañete tiene una extensión aproximada de 6192 Km<sup>2</sup>, de los cuales el 78.4% (4856 Km<sup>2</sup>) corresponde a la cuenca húmeda.

El río Cañete nace en la laguna Ticllacocha, ubicada al pie de las cordilleras de Ticlla y Pichahuarco, en la divisoria de cuencas con el río Mala. Sus recursos hídricos provienen de los aportes de la lluvia, así como los derivados de lagunas y deshielo de los nevados, ubicados estos principalmente en el extremo norte de la cuenca y sobre los 4500 m.s.n.m.

La longitud del río Cañete, entre su nacimiento y desembocadura, es de aproximadamente 220 Km., presentando una pendiente promedio de 2%; sin embargo, presenta sectores en donde la pendiente es mucho más pronunciada, especialmente en la parte alta, llegando hasta 8% en el tramo comprendido entre la localidad de Huancaya y la desembocadura del río Alis.

Las zonas generalmente afectadas por las lluvias están localizadas en las alturas de Matucana, Huarochirí, Oyón, Lunahuaná, etc. En general todas las cuencas hidrográficas de Lima aumentan su caudal, poniendo en peligro a las poblaciones y originan desabastecimiento, por el bloqueo de carreteras.

## 1.5 GEOLOGÍA

La ruta del tramo de estudio atraviesa las siguientes formaciones geológicas como son: Cañete, Cerro Negro, Torán, Cocachacra y Pariatambo.

Los procesos geodinámicos existentes en el área de estudio son esporádicos, no evidenciando procesos geodinámicos de mayor envergadura, y no existen puntos críticos que requieran tratamiento especial; sin embargo existe la posibilidad que debido a cortes de talud superior se generen procesos geodinámicos tales como: derrumbes, desprendimientos y desplomes.

Con relación a los problemas geotécnicos son mínimos, se aprecia pequeños hundimientos de plataforma por encharcamientos, debido a las aguas superficiales, asentamientos y ahuellamientos aislados.

## 1.6 HIDROLOGÍA

El patrón hidrográfico que constituye la zona de estudio se halla constituido por dos cuencas principales: la Cuenca del río Cunas y la Cuenca del río Cañete.

La cuenca del río Cunas, comprende aproximadamente los últimos 52 Km. del trazo, siendo su divisoria de aguas respecto a la cuenca del río Cañete, representado por los caseríos tales como: Laguna Cunacocha, Millpo, Pishapampa y Gentilmacha; toda esta red de drenaje se ha entallado sobre rocas calizas; este río Cunas, cambia de nombre al pasar por Chupaca, cambiando su nombre por río Chupaca.

En la parte alta de la cuenca, no existen explotaciones mineras, por lo cual, la contaminación por residuos mineros es casi nula y las aguas son claras y libres de minerales pesados.

En lo que respecta a la cuenca del río Cañete, es la más larga, comprende aproximadamente 155 Km.; se halla integrada por los tributarios principales, tales como: el río Allis, río Yauyos, río Huangascar y numerosas quebradas. Este río, se halla contaminado tanto por el aporte directo de aguas servidas de la mayoría de los poblados aledaños a la red hidrográfica del río Cañete y por vertimiento de residuos mineros de algunas compañías mineras que se hallan en la cuenca alta del río.

Las precipitaciones pluviométricas entre Lunahuaná y Yauyos se encuentran entre 100 a 150 mm anuales.

## 1.7 CLIMA

A continuación se señalan las temperaturas típicas que se dan en estas regiones:

**Yunga Marítima:** El tramo en estudio pertenece a esta región, la cuál se caracteriza por presentar sol dominante durante casi todo el año con noches frescas a causa de los vientos que bajan de las regiones más altas.

**Quechua:** El clima es templado con notable diferencia entre el día y la noche, el sol y la sombra. La humedad atmosférica es poco sensible, aún cuando el suelo es normalmente húmedo, como consecuencia de las lluvias que caen con regularidad en el verano (diciembre a marzo).

**Suni o Jalca:** El clima es frío debido a la elevación ya los vientos locales. El aire es transparente y las nubes se presentan en grandes cúmulos aborregados, simulando nítidas y caprichosas esculturas, muy blancas y brillantes.

**Puna:** La temperatura media anual es superior a 0°C e inferior a 7°C. La máxima entre setiembre y abril, es superior a 15°C llegando hasta 22°C. Las mínimas absolutas, entre mayo y agosto oscilan entre -9°C y -25°C. La precipitación fluctúa entre 200 mm y 1000 mm al año.

En el Cuadro 1.08 se presentan las temperaturas y las precipitaciones promedio anuales de las regiones por donde pasa la carretera en estudio.

**Cuadro 1.08**  
**TEMPERATURAS Y PRECIPITACIONES PROMEDIO**

(Fuente: Elaboración propia)

Región Natural	Rango de Temperaturas (°C)	Rango de Temperaturas Máx. (°C)	Rango de Temperaturas Mín. (°C)	Observaciones
Yunga Marítima	20 a 27	-	-	Precipitación promedio de 100 y 150 mm por año.
Quechua	11 a 16	22 a 29	7 a -4	Precipitaciones durante los meses de diciembre a marzo.
Suni o Jalca	7 a 10	> 20	-1 a -16	Precipitación promedio de 800 mm por año.
Puna	0 a 7	15 a 22	-9 a -25	Precipitación promedio de 200 - 1000 mm por año.

## 1.8 TRAMO EVALUADO Km. 59 + 000 – Km. 64 + 000

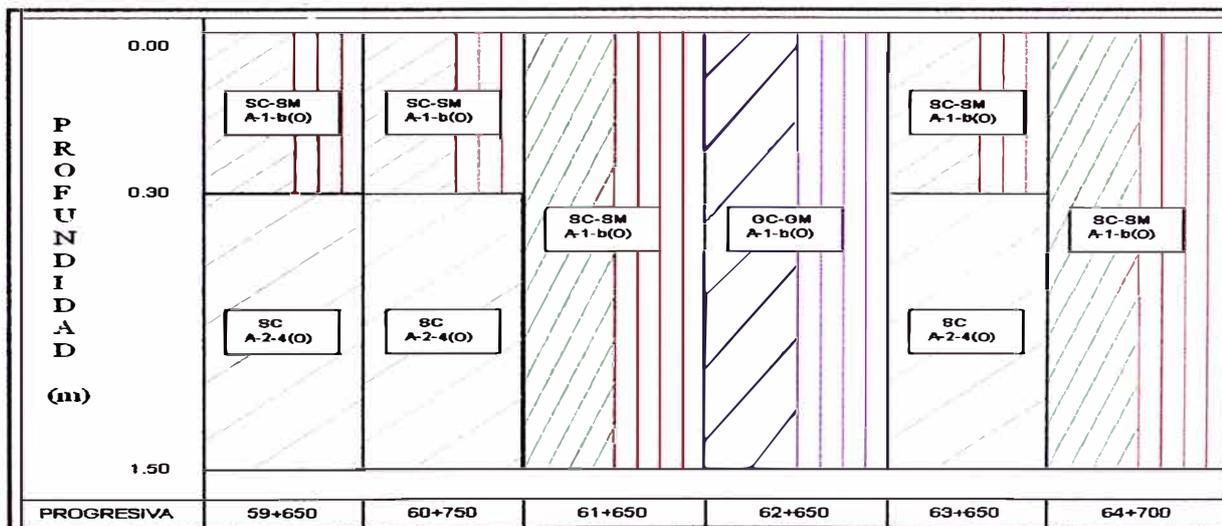
### 1.8.1 Estudio de suelos

En el tramo de estudio se tiene una capa superior de 30 cm de espesor como mínimo, que corresponde a antiguos trabajos de mantenimiento del afirmado, se trata de una arenas y gravas limosas que clasifica en el Sistema SUCS como SC-SM y GC-GM, mientras que en el sistema AASHTO como A-1-b(0) y A-1-a(0); la forma de los agregados gruesos es sub-angular, su matriz de color marrón claro es de escasa plasticidad; tiene bolonería comprendido entre 3% y 10% con tamaño máximo de 7". Bajo él se encuentra un material arenolimoso, cuya clasificación SUCS es SC y AASHTO es A-2-4(0), siendo los agregados gruesos también de forma sub-angular; este estrato también contiene bolonerías entre 2% y 8% cuyo tamaño máximo es de 6". En el Gráfico 1.04 se presenta el perfil estratigráfico de los cinco kilómetros a evaluar.

Gráfico 1.04

#### PERFIL ESTRATIGRÁFICO DEL TRAMO EN ESTUDIO

(Fuente: Adaptación propia del Expediente Técnico Consorcio Gestión de Carreteras, 2007)



### 1.8.2 Estado de la vía

El presente tramo corresponde a las localidades de Zúñiga y San Juan, el cuál ya ha sido intervenido durante los meses de mayo a junio del presente año y se encuentra en la etapa de conservación rutinaria para mantener su transitabilidad y serviciabilidad; sin embargo, antes del inicio de las actividades del Contratista - Conservador, la vía materia de estudio se encontraba a nivel de

afirmado y en mal estado de conservación. En el Cuadro 1.09 se presentan las condiciones de la vía antes de la intervención del Contratista - Conservador.

**Cuadro 1.09**  
**ESTADO INICIAL DE LA VÍA**

(Fuente: Elaboración propia)

Tramo	Vía	Tipo de Superficie de rodadura (Antes)	Longitud (Km.)
Cañete-Lunahuana	Asfaltada	Carpeta Asfáltica	40.95
Lunahuana-Pacarán	Asfaltada	Tratamiento superficial	11.907
Pacarán-Zuñiga	Afirmada	Afirmado	24.14
Zuñiga-Dv. Yauyos	Afirmada	Afirmado	50.00
Dv. Yauyos-Roncha	Afirmada	Afirmado	128.185
Roncha-Chupaca	Afirmada	Afirmado	16.541
<b>Total</b>			<b>271.726</b>

A la fecha, salvo por el sector comprendido entre Zúñiga (Km. 56+600) y Capillucas (Km. 94+640), en parte de la vía se ha apreciado un acelerado deterioro de la superficie de rodadura, debido al intenso tráfico ocasionado por las labores de construcción del proyecto hidroeléctrico El Platanal. A continuación se muestra el Cuadro 1.10 donde se detalla el tipo de superficie de rodadura aplicado por el Contratista – Conservador en cada tramo de la carretera.

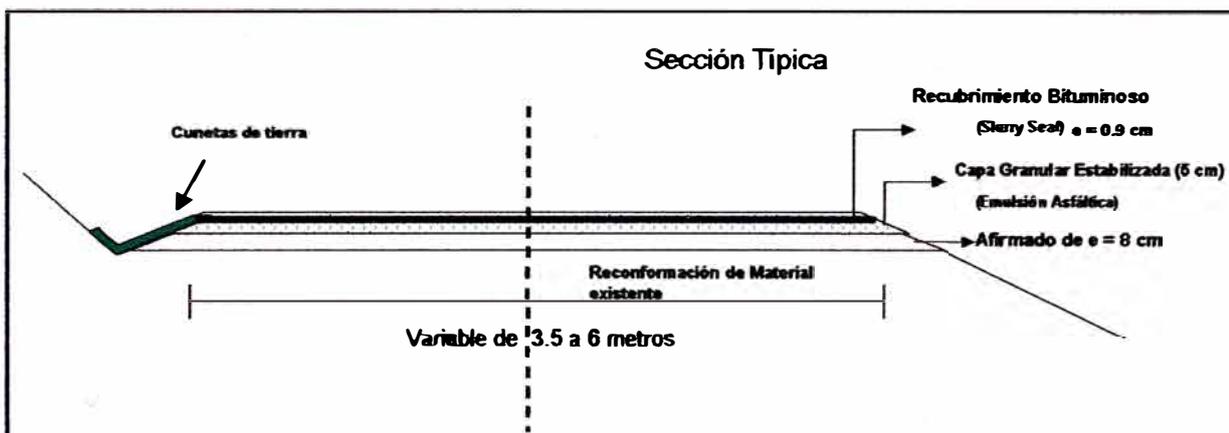
**Cuadro 1.10**  
**ESTADO ACTUAL DE LA VÍA**

(Fuente: Elaboración propia)

Tramo	Vía	Tipo de Superficie de rodadura (Ahora)	Longitud (Km.)
Cañete - Lunahuaná	Asfaltada	Carpeta Asfáltica	40.950
Lunahuaná-Pacarán	Asfaltada	Tratamiento Superficial	11.907
Pacarán - Catahuasi	Afirmada	Slurry Seal	24.14
Catahuasi - Dv. Yauyos	Afirmada	Monocapa	50.00
Dv. Yauyos - Tingo Alis – Roncha	Afirmada	Monocapa (33 Km.) - Afirmado (95.185 Km.)	128.185
Roncha-Chupaca	Afirmada	Afirmado	16.541
<b>Total</b>			<b>271.726</b>

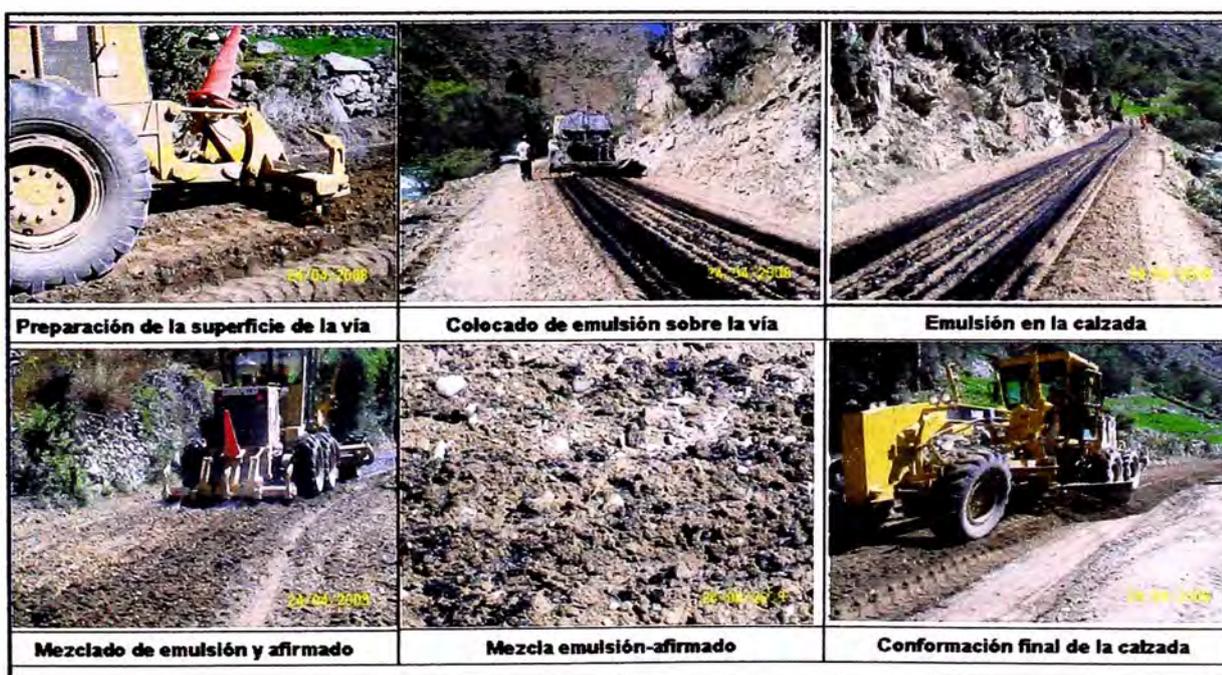
La estructura del pavimento correspondiente al tramo de estudio se aprecia en el Gráfico 1.05; es así que para conformar dicha estructura se procedió a cambiar el estándar de afirmado a una solución básica manteniendo intacta la geometría de la vía.

**Gráfico 1.05**  
**SECCIÓN TÍPICA DEL TRAMO EN ESTUDIO**  
(Fuente: Diapositivas de clase; 2009)



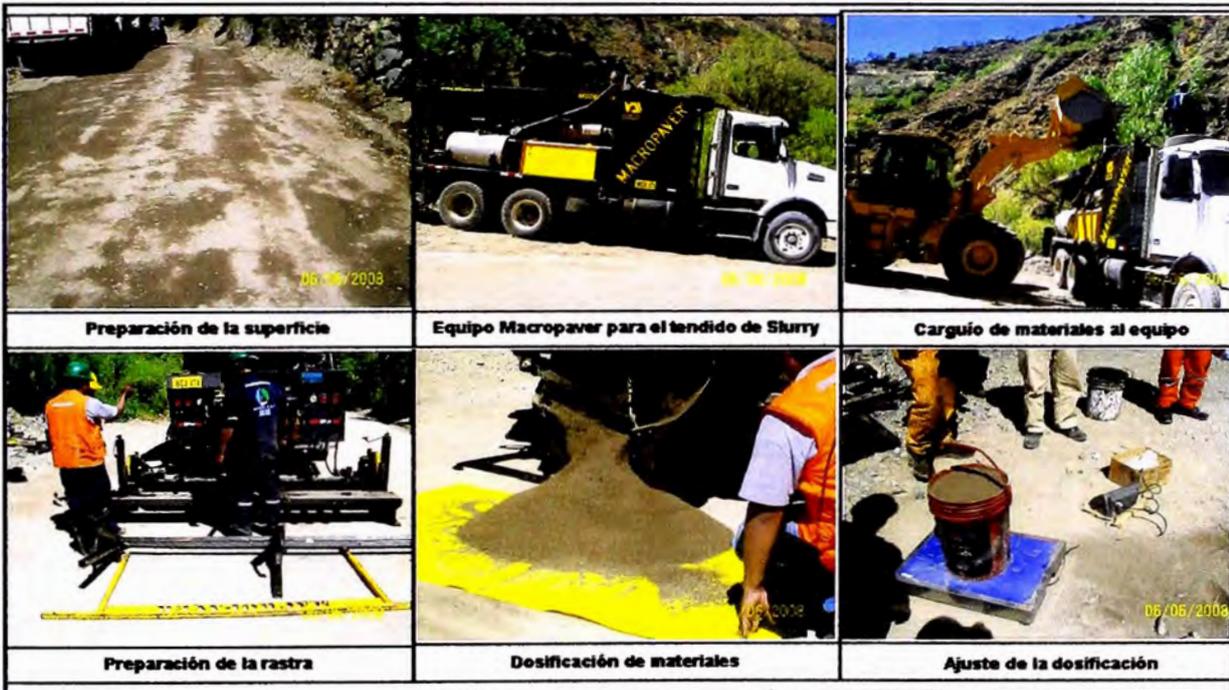
Para el cambio de estándar de afirmado a Solución Básica se estabilizó la base con emulsión asfáltica con la siguiente secuencia de actividades:

**Figura 1.02**  
**ACTIVIDADES EJECUTADAS PARA EL CAMBIO DE ESTÁNDAR**  
(Fuente: Diapositivas de clase; 2009)



Luego de conformada la base se procedió a la aplicación del mortero asfáltico (Slurry Seal). A continuación se muestra una secuencia fotográfica de la aplicación del recubrimiento bituminoso en la vía.

**Figura 1.03**  
**APLICACIÓN DEL SLURRY SEAL**  
 (Fuente: Diapositivas de clase; 2009)



## CAPÍTULO II ESTADO DEL ARTE

### MÉTODO DEL ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO

#### 2.1.1 Antecedentes y evolución

Fue desarrollado entre los años 1974 a 1976 por encargo del Centro de Ingeniería de la Fuerza Aérea de los EE UU, ejecutado por los ingenieros Mohamed Y. Shahin, Michael I. Darter y Starr D. Kohn, con el objetivo de obtener un sistema de administración del mantenimiento de pavimentos rígidos y flexibles, a través del Pavement Condition Index – PCI.

En el año 1978 el método P.C.I. fue publicado por el Cuerpo de Ingenieros de la Armada de Estados Unidos en el Reporte Técnico M-268, para la realizar la evaluación de pavimentos en aeropuertos, carreteras y estacionamientos, desde entonces ha sido ampliamente aceptado y formalmente adoptado, como procedimiento estandarizado, por diversas agencias como por ejemplo: la Federal Aviation Administration (FAA 1982), el U.S. Department of Defence (U.S. Air Force 1981 y U.S Army 1982), la American Public Work Association (APWA 1984), etc.

En 1982 la Federal Aviation Administration FAA, a través de su Circular AC 150/5380-6 de 03/12/1982, denominada “Guidelines and Procedures for Maintenance for Airport Pavement”, recomendó este método, teniendo amplio uso en los aeropuertos de EE UU, motivo por el cuál el PCI para aeropuertos ha sido publicado por la ASTM como método de análisis (ASTM 1983).

En la actualidad este procedimiento se encuentra bajo la jurisdicción del Comité ASTM E17 Sistemas de Pavimentos para Vehículos y bajo responsabilidad directa del Sub-comité E17.41 Gerencia de Pavimentos con el nombre de ASTM D6433 - 03.

La edición vigente fue aprobada el 01 de diciembre de 2003 y publicada en Enero, 2004, dicha edición originalmente fue aprobada en 1999. Última edición aprobada en 1999 como D6433-99.

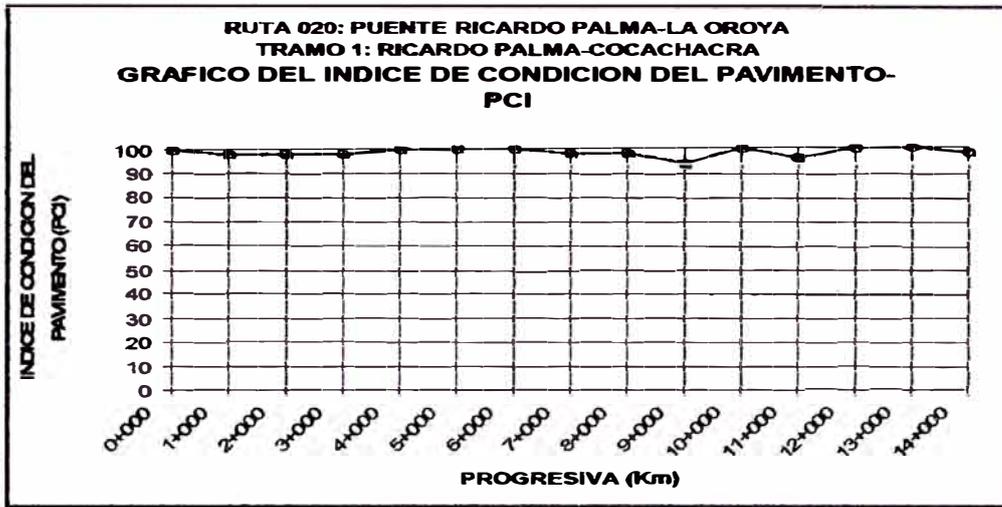
## 2.1.2 Aplicación en el Perú

En el Perú para la evaluación superficial de los pavimentos se empleó por muchos años un método propio del MTC denominado CONREVI, el cuál tiene la limitación de no llegar a un indicador final de la condición global del pavimento como sí lo tiene el Método del PCI. Para el cálculo del PCI se emplea una metodología tradicional de seleccionar muestras de ensayo y efectuar un recorrido de campo para la toma de datos; además se viene trabajando con un sistema de inventariado videográfico georeferenciado de alto pixelazo, denominado YonaPMS.VIDEO, el cuál posee un software que permite un viaje virtual a la carretera y el cálculo incorporado del PCI. Un ejemplo de la aplicación de este sistema lo tenemos en los Estudios de Ingeniería para la puesta a punto y programas de mantenimiento del Eje Multimodal IIRSA Amazonas Centro efectuado en el año 2006, donde se obtuvieron los siguientes resultados. En el Cuadro 2.01 y 2.02 se muestran los resultados del PCI en los tramos Ricardo Palma – Cocachacra y Huánuco - Caracol con la aplicación del sistema YonaPMS.VIDEO en el proyecto de mantenimiento; además en los Gráficos 2.01 y 2.02 se pueden apreciar los resultados del PCI en cada progresiva de los dos tramos evaluados.

**Cuadro 2.01**  
**RESULTADOS DE LA APLICACIÓN DE YonaPMS.VIDEO TRAMO 1**  
(Fuente: Google; 2009)

RUTA	TRAMO	PROGRESIVA	PCI
020	RICARDO PALMA - COCACHACRA	0+000	100
		1+000	98
		2+000	98
		3+000	98
		4+000	100
		5+000	100
		6+000	100
		7+000	98
		8+000	98
		9+000	94
		10+000	100
		11+000	96
		12+000	100
		13+000	100
14+000	98		

**Gráfico 2.01**  
**RESULTADOS DE LA APLICACIÓN DE YonaPMS.VIDEO TRAMO 1**  
 (Fuente: Google; 2009)

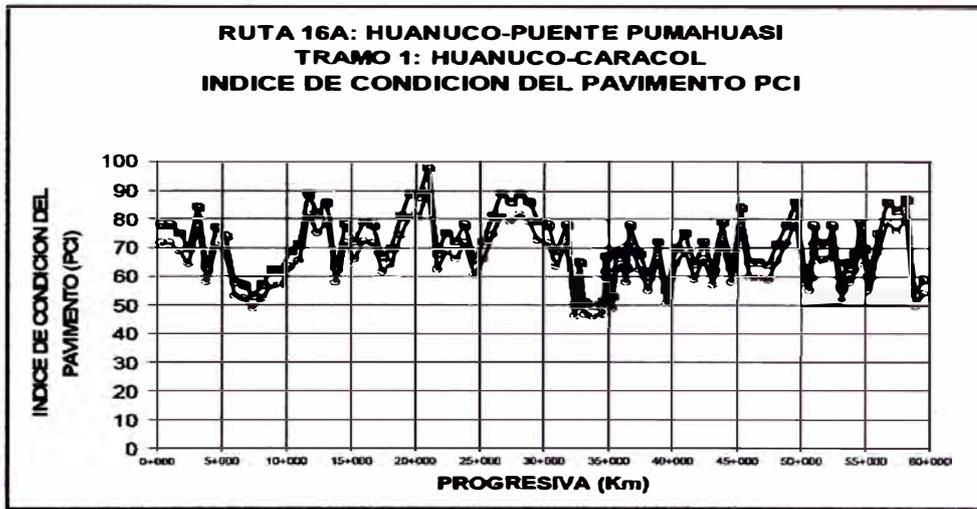


**Cuadro 2.02**  
**RESULTADOS DE LA APLICACIÓN DE YonaPMS.VIDEO TRAMO 2**  
 (Fuente: Google; 2009)

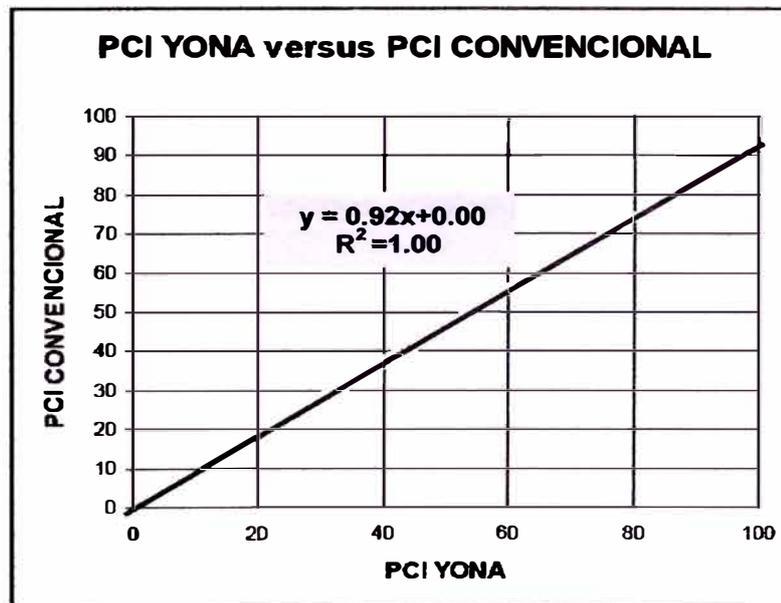
RUTA	TRAMO	PROGRESIVA	PCI
16A	HUÁNUCO - CARACOL	0+286	78
		1+000	78
		1+714	75
		2+429	70
		3+143	84
		3+857	63
		4+571	77
		5+286	74
		6+000	58
		6+714	57
		7+429	53
		8+143	57
		8+857	62
9+571	62		

Los resultados obtenidos mediante el programa YonaPMS.VIDEO fueron contrastados con los del PCI convencional y vertidos en el Gráfico 2.03, concluyendo así su efectividad.

**Gráfico 2.02**  
**RESULTADOS DE LA APLICACIÓN DE YonaPMS.VIDEO TRAMO 2**  
(Fuente: Google; 2009)



**Gráfico 2.03**  
**VALIDACIÓN DEL CÁLCULO DEL PCI**  
(Fuente: Google; 2009)



Otro ejemplo de aplicación del método convencional del PCI lo tenemos en los Estudios Complementarios de Ingeniería del Corredor Centro – Cosac I Y Elaboración del Expediente Técnico Tramo I: Av. Alfonso Ugarte – Av. España (Km. 0 + 000 Al Km. 2 + 152.26) y Tramo II: Av. Emancipación – Jr. Lampa (Km.

0 + 000 Al Km. 2 + 152.26); donde se obtuvieron los siguientes resultados agrupados en el Cuadro 2.03 y 2.04.

**Cuadro 2.03**  
**RESUMEN DE RESULTADOS DEL PCI TRAMO I y II**

(Fuente: Google; 2009)

AVENIDA	PISTA	CARRIL	PCI	CONDICIÓN DEL PAVIMENTO	CONSULTOR
Alfonso Ugarte	Principal	derecho	84	Muy Bueno	Elifio Quiñónez
	Principal	izquierdo	88	Excelente	Elifio Quiñónez
	Principal	derecho	55	Regular	Getinsa-Taryet
	Principal	izquierdo	62	Bueno	Getinsa-Taryet
España	Principal	D/I	49	Regular	Elifio Quiñónez
Emancipación	Principal	D/I	76	Muy Bueno	Elifio Quiñónez
	Principal	D/I	98	Excelente	Getinsa-Taryet
Lampa	Principal	D/I	76	Muy Bueno	Elifio Quiñónez
	Principal	D/I	94	Excelente	Getinsa-Taryet

## 2.2 MÉTODOS EMPLEADOS EN LA EVALUACIÓN SUPERFICIAL

Actualmente existe una gran cantidad de métodos de evaluación de las fallas superficiales de los pavimentos; sin embargo, hay limitaciones en como transformar los resultados de las evaluaciones en estrategias de mantenimiento de forma racional y económica, ya sea a través de los índices que puedan ser obtenidos o a través de la extensión y severidad de cada tipo de falla. A continuación se detallan tres métodos empleados en evaluaciones superficiales de pavimentos.

### 2.2.1 Metodología CONREVIAL

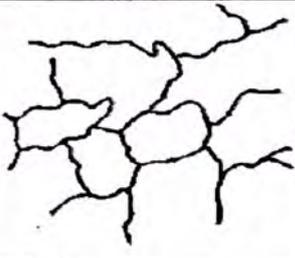
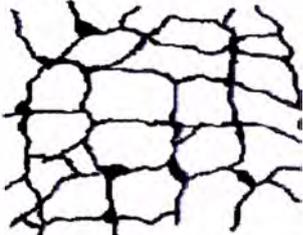
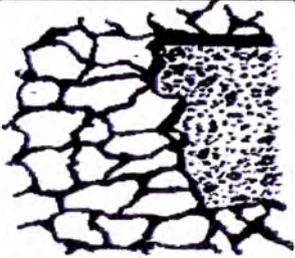
Este método responde a objetivos cualitativos más no a métodos cuantitativos. Los problemas se presentan cuando se requiere de metrados que permitan establecer análisis de precios unitarios y posteriormente determinar el presupuesto de obra.

El Consorcio de Rehabilitación Vial (CONREVIAL), presenta una metodología que realiza evaluaciones tanto superficiales como estructurales. Para el primer caso, se basa en un catálogo de fallas del tipo fisuras, que se relevan en un área restringida de la superficie de rodadura y en el entorno al lugar de evaluación estructural. Debido a que las medidas de deflexiones se realizan equidistantes, mínimo tres por kilómetro, las fallas a relevar corresponderán a un sector

comprendido 30 metros adelante y 30 metros atrás del punto de evaluación estructural, perdiendo precisión.

El Figura 2.01 presenta el catálogo de fallas empleado por el método. Las fallas encontradas en la superficie de rodadura, asocia un número con una letra. El número indica el tipo de falla y la letra indicará la magnitud; así una fisura “2E” corresponde a una fisura longitudinal de magnitud escasa, mientras que una “8S” corresponde a una fisura tipo “piel de cocodrilo” de magnitud severa.

**Figura 2.01**  
**ADECUACIÓN DEL CATÁLOGO DE FALLAS SUGERIDOS POR CONREVIAl**  
(Fuente: Tesis de Maestría, Gutiérrez, 2007: p. 23)

<b>FIGURA TIPO</b>		
<b>DESCRIPCIÓN</b>	FISURA FORMADA EN UNA SOLA LÍNEA, GENERALMENTE LONGITUDINAL Y AISLADA CON TENDENCIA A RAMIFICARSE.	FISURA RAMIFICADA CON TENDENCIA A FORMAR UNA MALLA GENERALIZADA EN SECTORES DE PAVIMENTO.
<b>COEF. ASOCIADO</b>	2	4
		
FISURA EN FORMA DE MALLA QUE ABARCA UNA SUPERFICIE MÁS AMPLIA DE PAVIMENTO Y CON TENDENCIA A FORMAR LA PIEL DE COCODRILLO.	FISURA GENERALIZADA EN FORMA DE MALLA CERRADA DE RETICULADO MÁS CHICO FORMANDO LA LLAMADA "PIEL DE COCODRILLO". DESPRENDIMIENTO DE MATERIAL EN CORRESPONDENCIA CON ALGUNAS FISURAS.	FISURA TOTALMENTE GENERALIZADA CON DESPRENDIMIENTO DE MATERIAL Y FORMANDO BACHES.
6	8	10
NOTA.- LA MAGNITUD DE LAS FISURAS SE DEFINEN COMO: E = ESCASO; M = MODERADO Y S = SEVERO (Ej. 2E, 6M, 8S)		

Si las medidas se realizan en número de tres como mínimo por kilómetro, la información que se deja de relevar supera largamente a las áreas evaluadas. Un detalle adicional se aprecia cuando las fallas identificadas son registradas en los formatos de evaluación, en ningún caso se menciona el área afectada. Si las

fallas no se logran medir, entonces no se podrá determinar el presupuesto de obra con la precisión que exigen los proyectos de rehabilitación.

En este método se suman dos deficiencias, aquella en la cual se deja un gran área sin evaluar y aquella que no logra definirse el metrado; por lo tanto los resultados del relevamiento de fallas no son confiables ni precisas y los costos de mantenimiento y presupuesto de obra no serán los óptimos y difícilmente serán aprobados por las entidades responsables del desembolso del capital; postergando así la intervención oportuna en la vía.

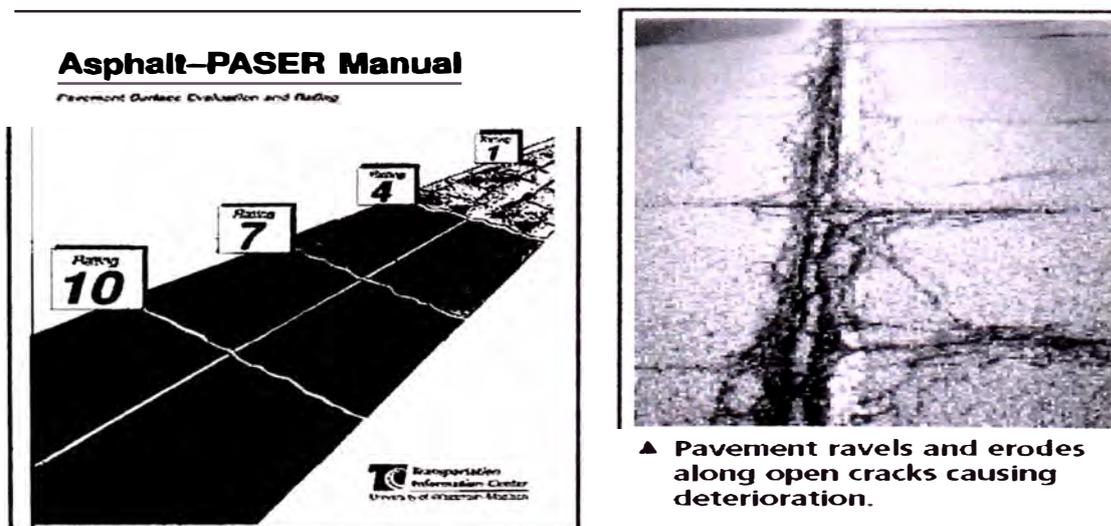
## 2.2.2 Evaluación de superficie de pavimento – PASER

El método Pavement Surface Evaluation and Rating (PASER), desarrollado en el Centro de Información del Transporte de la Universidad de Wisconsin, presenta un catálogo de fallas basado en una escala gráfica con categorías que varían de 1 a 10, donde esta última corresponde a las mejores condiciones de calidad. No considera escalas intermedias que permita mayor sensibilidad para calificar la superficie dañada. La Figura 2.02 muestra las características del catálogo donde se aprecia la escala gráfica marcando los rangos como se ha indicado y además se presenta un formato de falla evaluada y tipificada a un rango determinado. Estos modelos de fallas serán contrastados en la evaluación superficial y de esta manera determinar el estado total de la vía.

Figura 2.02

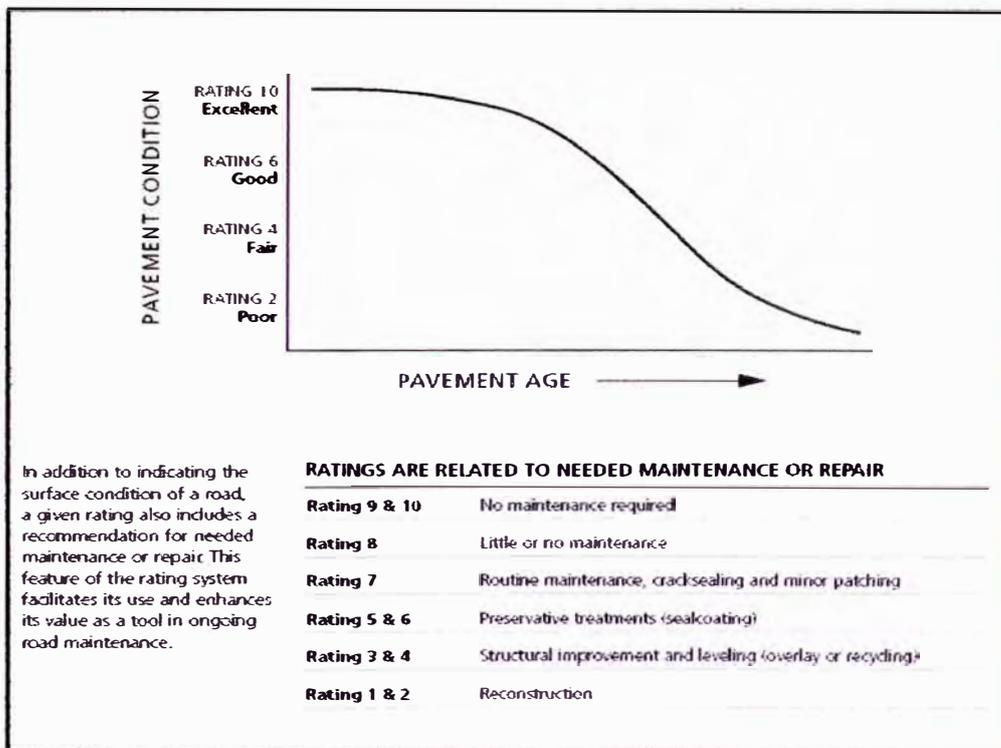
### FORMATO EMPLEADO EN EL MANUAL PASER Y FALLA TIPO

(Fuente: Tesis de Maestría, Gutiérrez, 2007: p. 28)



Como la mayoría de los catálogos, se establece una relación de degradación luego de evaluar los pavimentos, a lo cual se le asocia una actividad correctiva. La Figura 2.03 muestra la curva de degradación a lo largo de los años, debido a las fallas que se presentan progresivamente. Se aprecia que la condición del pavimento decrece con el tiempo. Los rangos varían en forma decreciente y establecen una calidad para el pavimento que varía entre excelente y pobre. Además, se muestran los rangos y las actividades recomendadas para devolver a mejores condiciones el estado de la vía.

**Figura 2.03**  
**CONDICIÓN DE LA SUPERFICIE Y ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO**  
(Fuente: Tesis de Maestría, Gutiérrez, 2007: p. 28)



### 2.2.3 Propuesta del MTC

Basado en los tipos de fisuras que planteaba el catálogo de fallas de CONREVIAl, el MTC planteó la alternativa de emplear otras fallas como deformaciones, desintegraciones, entre otras, que permita realizar un relevamiento más completo de la superficie asfáltica. En este caso se establece un valor para identificar las magnitudes, luego de determinar las fallas. Las fisuras que presenta la tabla, guarda correspondencia con el método de

CONREVIAl donde cada dígito está asociado a una forma de fisuramiento, con las características siguientes:

- 2 Fisura formada en una sola línea.
- 4 Fisura ramificada con tendencia a formar una malla.
- 6 Fisura en forma de malla que no abarca todo el ancho del pavimento.
- 8 Fisura en forma de malla que abarca todo el ancho del pavimento.
- 10 Fisura totalmente generalizada con desprendimiento de paños de material y formación de baches.

El Cuadro 2.04 presenta las alternativas de fallas que se asocian a la magnitud y se tipifican como escasas, moderadas y severas.

**Cuadro 2.04**  
**RANGOS PARA DEFINIR MAGNITUD DE FALLAS**  
(Fuente: Adaptación propia a partir de Gutiérrez, 2007: p. 30)

TIPO	FALLA	MAGNITUD		
		ESCASA (E)	MODERADO (M)	SEVERO (S)
DEFORMACIONES	AHUELLAMIENTOS (A)	< 6 mm	6 a 12 mm	> 12 mm
	HUNDIMIENTO (H)	Sólo depresión No hay fisuras	Depresión con fisura hasta tipo 6 o desplazamiento en borde	Fisuración Tipo 8 o más desplazamiento Borde, formación cordón
	DESPLAZAMIENTOS/ DESLIZAMIENTOS (D)			
	ONDULACIONES/ LEVANTAMIENTOS Velocidad 60 Km/h	No influyen en la marcha. Localizado en zonas críticas	Se aprecia al andar pero por carácter localizado no resulta molesto	Obliga a graduar velocidad, sumamente molesta
FISURACIONES	LONGITUDINAL/ TRANSVERSAL (LT)	2 Muy finos, < 1 mm.	2 Mayor ancho de fisura, > 1 mm.	2 Mayor ancho de fisura, > 3 mm.
	RAMIFICACIONES (R)	4 Muy finos, < 1 mm.	4 Mayor ancho de fisura, > 1 mm.	4 Mayor ancho de fisura, > 3 mm.
	BLOQUES (B)	6 Bloque anguloso de tamaño < 15 cm. con ancho de fisura < 1 mm.	6 Bloque anguloso de tamaño > 15 cm. con ancho de fisura > 1 mm.	6 Bloque anguloso de tamaño > 15 cm. con ancho de fisura > 3 mm.
	PIEL DE COCODRILLO (PC)	8 Bloque anguloso de tamaño < 15 cm con ancho de fisura < 1 mm.	8 Bloque anguloso de tamaño > 15 cm. con ancho de fisura > 1 mm.	8 Bloque anguloso de tamaño > 15 cm. con ancho de fisura > 3 mm.
	IDEM. CON DESINTEGRACIÓN (PCD)	10 Gran degradación en bordes	10 Pérdida de bloques	10 Hundimiento, tendencia a baches
DESINTEGRACIONES	PELADURAS DESINTEGRACIÓN SUPERFICIAL (P)	Visible pero no afecta la marcha incipiente	Marcha ruidosa	Sensación de gran despiste en marcha profundos
	BACHES (B)	Sólo superficial Aislado	Superficiales pero formando equipos. Profundos aislados	Profundos, agrupados obligan a variar velocidad y eludirlos
	DESINTEGRACIÓN DE MEZCLA ASFÁLTICA (falta de adherencia) (D)	Separación de la mezcla en porciones	Separación de la mezcla en porciones menores de 10 cm.	Segregación total de agregados
	EXUDACIONES (E)	Aislado. Leve en huellas	Huellas bien diferenciadas	Extensivo en todo ancho calzado
BERMAS	BERMAS DESCALZADAS (BD)	Resalto	Resalto riesgoso	Resalto muy riesgoso por erosión en bordes
	EROSIONADAS (E)	Superficie muy irregular	Marcada erosión en ambos bordes	Inaceptables

En trabajos realizados para la rehabilitación de la carretera Panamericana Sur en el año 1991, se estableció el empleo de un relevamiento gráfico que proporcionaba una idea global del tramo evaluado. Sin embargo es importante reconocer que años después esta forma de representación pudo correlacionar una idea equivocada del deterioro, debido a que no se integra un porcentaje de participación de las fallas; es decir existiendo una sola falla puede afectar el 90% del área mientras que un grupo de fallas alcance una baja participación. El Cuadro 2.05 muestra los gráficos mencionados en el cual se aprecian dibujos que representan a las fallas indicadas.

**Cuadro 2.05**  
**CATÁLOGO GRÁFICO DE FALLAS EN PAVIMENTOS**  
(Fuente: Adaptación propia a partir de Gutiérrez, 2007: p. 31)

CLASIFICACIÓN TIPO PRINCIPAL DE FALLA	DENOMINACIÓN DE LA MANIFESTACIÓN	SÍMBOLO
I. DEFORMACIONES	1. Ahuellamiento	
	2. Hundimiento (depresión)	
	3. Desplazamientos	
	4. Deslizamientos	
	5. Ondulaciones	
II. FISURAS O AGRIETAMIENTOS	1. Piel de cocodrilo	
	2. En bloque	
	3. Longitudinales	
	4. Transversales	
	5. Reflejadas	
	6. En arco	
III. DISGREGACIONES	1. Peladuras	
	2. Nidos de gallina	
	3. Desintegraciones totales	
	4. Identaciones	
	5. Pulimento superficial	
IV. EXUDACIÓN	1. De asfalto	
MANTENIMIENTO	1. Parchado o bacheo	
	2. Sello	

## CAPÍTULO III MARCO TEÓRICO

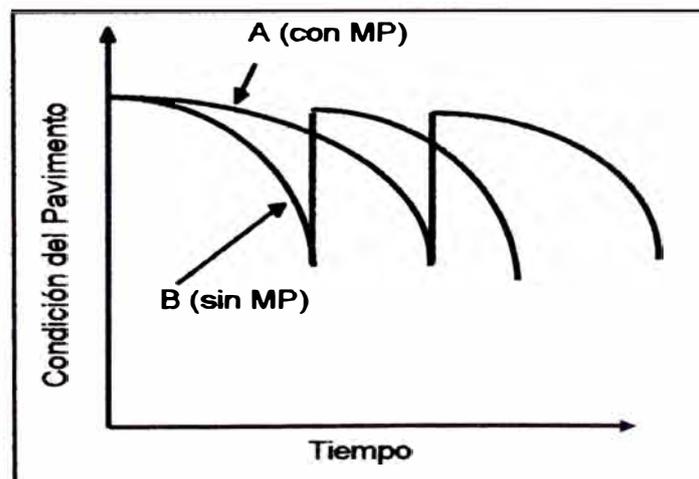
### 3.1 EVALUACIÓN SUPERFICIAL DE PAVIMENTOS FLEXIBLES

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

Pavimentos en buenas condiciones proporcionan además de menores costos, mayor seguridad a los usuarios, la conservación y restauración es un factor importante a ser considerado. La falta de mantenimiento significa desperdiciar inversiones realizadas anteriormente. El mantenimiento de pavimentos equivale a un costo de conservación, el gasto realizado para el mantenimiento de los pavimentos a lo largo del tiempo será compensado, pues, la no conservación de ellos trae consigo costos mayores que muchas veces no pueden ser considerados en las inversiones anuales. Con un buen mantenimiento se llega a tener un ahorro considerable en las inversiones anuales, para que los pavimentos puedan funcionar de forma segura, suave y sin que ocurran fenómenos inadecuados en la interacción vehículo/pavimento. En el Gráfico 3.01 se puede apreciar la disminución en la calidad de la condición de un pavimento a lo largo del tiempo cuando no se considera un mantenimiento preventivo efectivo.

Gráfico 3.01  
CURVAS DE DETERIORO DEL PAVIMENTO A TRAVÉS DEL TIEMPO CON Y  
SIN MANTENIMIENTO PREVENTIVO (MP)

(Fuente: Google, 2009)



### 3.1.1 Objetivos de la evaluación superficial

La evaluación superficial busca obtener información valiosa para tomar decisiones acertadas antes de que el pavimento sufra daños, que con el paso del tiempo resulten irreversibles y necesite de alternativas de solución muy costosas que quizás tarden mucho tiempo en llegar. Es por eso, que la evaluación oportuna del pavimento permitirá a las autoridades competentes establecer acciones de prevención basadas en el análisis de la información potencial brindada. Para tal fin se deberán alcanzar los siguientes objetivos en dicha evaluación:

- Verificar si el desempeño o la función esperada está siendo alcanzada.
- Obtener información para el planeamiento de mantenimiento y/o restauración.
- Obtener información para mejorar la tecnología de proyecto de mantenimiento y/o construcción.
- Determinar el deterioro físico (fallas de los pavimentos: grietas, deformación, envejecimiento, etc.)
- Evaluar la buena calidad de rodaje y seguridad operacional de los vehículos, bajo cualquier condición meteorológica.
- Reducir los costos de mantenimiento.
- Formar programas de banco de datos de confiabilidad para llegar a costos de mantenimiento preventivo.

### 3.1.2 Criterios de mantenimiento y niveles de servicio

Cada entidad responsable de la conservación de pavimentos necesita establecer criterios respecto al nivel de servicios cuando alguna acción tiene que emprenderse y proveer pautas para el tipo de medidas de conservación de su competencia. Esto depende de la práctica local, disponibilidad de materiales, recursos económicos, etc.; y puede consistir desde un sistema tan simple, como la evaluación visual de pavimentos, hasta una evaluación detallada que implican mediciones sistemáticas de rugosidad, deflexiones, resistencia al patinaje o deslizamiento. Cualquier acción a ser emprendida depende de la condición de la vía. Generalmente hay más de una opción disponible, como el tipo de tratamiento y la periodicidad y/o oportunidad de dicha acción. Es importante

seleccionar la correcta estrategia, el tiempo conveniente, la utilización de la técnica y materiales apropiados y el personal entrenado para dichas acciones.

A continuación se describen resumidamente los objetivos y conceptos básicos de los términos utilizados en las tareas de mantenimiento y rehabilitación de caminos y vías urbanas en general.

- **Conservación Vial.-** Es el conjunto de actividades destinadas a preservar a largo plazo, la condición integral de transitabilidad de los caminos y tiene como objetivo evitar al máximo posible, la pérdida gradual del capital invertido en los caminos, mediante la gestión de programas de conservación específicos dirigidos a proteger la estructura básica y la superficie de rodadura de ellos.
- **Mantenimiento Rutinario.-** Es la reparación menor localizada para subsanar defectos (fallas) en la calzada y el pavimento. Semejante a reparación de huecos y parchado localizado. Es llevado a cabo después que el deterioro ha ocurrido y usualmente aplicando tratamientos de acuerdo a los niveles de deterioro y bajo límites aceptables, con frecuencia de una o más veces al año. También incluye servicios y reparaciones que son requeridas por razones de seguridad, operación y serviciabilidad de la vía, tales como el mantenimiento de la señalización vertical y horizontal, pintado de sardineles y marcas correspondientes. Su principal objetivo es evitar la destrucción gradual de la vía mediante acciones y reparaciones preventivas de protección física de la estructura básica y de su superficie de rodadura.
- **Mantenimiento Periódico.-** Es la reparación y renovación parcial extensiva, a ejecutarse cada cierto tiempo en las vías, para evitar deterioros que afecten la estructura básica y superficie de las vías. Se considera el ciclo de vida de las vías y el probable desgaste en el tiempo de las mismas, por acción de las cargas variables del tráfico vehicular.  
Comprende tratamientos superficiales en general (sellado, recapado, riego bituminoso, etc.) y también la renovación de la superficie de rodadura (mayormente aplicado a pavimentos flexibles) y la renovación del material de las juntas en pavimentos rígidos. Su objetivo es proteger la estructura básica y la superficie de las vías, mediante la ejecución de actividades extensivas

periódicas, tales como tratamientos superficiales o renovación de la superficie de rodadura.

- **Rehabilitación.-** Es la reparación mayor selectiva, con refuerzo del pavimento o de la calzada. Se requiere previamente efectuar trabajos de mantenimiento como tratamiento de fisuras, parchados, etc. en la estructura existente y posibles mejoramientos de drenaje, cuando sea necesario. Comprende actividades de reciclado de pavimento, utilizados con la finalidad de corregir o mejorar los requerimientos estructurales y funcionales de las vías. Su objetivo principal es restablecer la capacidad estructural y la calidad original de la superficie de rodadura.

### 3.1.3 Causas de fallas

Los daños en los pavimentos flexibles se deben a múltiples causas, dentro de las cuáles podemos citar a las siguientes:

- **Tráfico de Diseño.-** En muchos casos se tiene un tráfico de diseño del pavimento incorrecto, las cargas son bastante mayores a las previstas. Se debe a errores en la aproximación de cargas o también al incremento en el tráfico con los años.
- **Proceso Constructivo.-** Deficiencias en los procesos constructivos hacen una estructura débil del pavimento. Esto se debe a inadecuados espesores y mezclas. Así como una deficiencia en la distribución y compactación de las capas.
- **Deficiencias de Proyecto.-** Diseños inadecuados y una mala valoración de la sub-rasante. Por otro lado, a veces se tiene una mala calidad y dosificación de las mezclas asfálticas y mala calidad de materiales usados en la producción. No consideración del factor ambiental.
- **Factores Ambientales.-** Elevación de la napa freática, inundaciones, lluvias prolongadas, variación térmica, congelamiento, sales nocivas. Así como una insuficiencia en el drenaje superficial o profundo.



El PCI proporciona una medida de la condición presente del pavimento basada en las fallas observadas en la superficie, que también indican la integridad estructural y condición operacional de la superficie (rugosidad localizada y seguridad). El PCI no mide la capacidad estructural ni la resistencia al deslizamiento o rugosidad, pero sí proporciona una base objetiva y racional para determinar la necesidad de conservación y reparación estableciendo prioridades de intervención. Con el monitoreo continuo del PCI se puede establecer la tasa de deterioro del pavimento, lo que permitirá una identificación prematura sobre la necesidad de una rehabilitación mayor.

Existen dos procedimientos para realizar la inspección del pavimento. En ambos casos debe dividirse la sección del pavimento en unidades de áreas trabajables, pudiendo ser  $225 \pm 90 \text{ m}^2$  cada una si el tamaño de trabajo lo permite.

Por motivos de limitaciones de recursos (humanos y de tiempo), tratándose de propósitos de planificación, se puede inspeccionar una parte de las Unidades de Muestra (UM), siguiendo un criterio de selección estadística de manera de obtener un nivel de 95 % de confianza en los valores resultantes de PCI. Si el propósito es el diseño, se deberá inspeccionar el 100 % de las UM. El número de Unidades de Muestra a inspeccionar UMI depende de la dispersión de los valores de PCI individuales. Como la dispersión de los valores de PCI sólo se conoce una vez efectuadas las mediciones, en forma preliminar se supone una desviación estándar de 10 % para pavimentos flexibles y de 15 % para pavimentos rígidos.

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

El número mínimo de unidades a ser evaluadas (n) se determina mediante la ecuación siguiente:

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

Donde:

n: Número de UM a inspeccionar

N: Número total de UM de la sección (mínimo 5 unidades)

e: Error permisible en determinación del PCI (recomendable 5 puntos del PCI)

$\sigma$ : Desviación estándar del preliminar

Las UMI se espacian en “i” intervalos uniformes a través de la sección, dividiendo  $n / N$  y adoptando el entero mayor siguiente.

Se selecciona la primera UMI al azar, eligiendo un entero entre 1 e “i”. Para las sucesivas UMI se suman intervalos de “i” UM.



El número de UMI para satisfacer el nivel de confianza mínimo de 95 %, se corrige una vez determinada la dispersión del PCI de las UMI preliminares, utilizando la siguiente fórmula:

$$\sigma = \left[ \sum_{i=1}^n \frac{(PCI_i - PCI_f)^2}{n - 1} \right]^{1/2} \quad (2)$$

$\sigma$ : Desviación estándar

$PCI_i$ : PCI de la unidad de muestra inspeccionada

$PCI_f$ : PCI promedio de la sección

n: Número de unidades de muestra preliminares inspeccionadas

Luego de procesada la información de campo y calculados los PCI, se determina la desviación estándar correspondiente (ecuación 2). Con el valor corregido de “ $\sigma$ ” se repite el cálculo del número de UMI utilizando la ecuación (1). La diferencia de éste respecto del número preliminar de UMI corresponde a las unidades de muestra adicionales que se deben inspeccionar para completar la medición, en el caso que éste fuera superior al preliminar.

Para la aplicación del método en el tramo de estudio se realizó la inspección visual de cada kilómetro y se denominó a cada uno de ellos las unidades de muestra. En los cinco kilómetros evaluados se relevaron todas las fallas encontradas de acuerdo a su tipo y severidad considerando lo estipulado en la

norma; y para complementar la evaluación se anotaron las características de la zona y factores que pudieran considerarse como los causantes de dichas fallas.

### 3.2.2 Ecuación del PCI

El comportamiento de la estructura mediante evaluación continua del PCI, a lo largo del tiempo, se evalúa mediante la ecuación:

$$PCI = 100 - \left[ \sum_{i=1}^p \sum_{j=1}^{mi} VD (Ti, Sj, Dij) \right] * F$$

Donde el grado de deterioro o valor de deducción de un pavimento es función del tipo de falla encontrada (T), la severidad que esta falla presenta (S) y del área que ocupa en la superficie evaluada (D) expresado en porcentaje.

Una evaluación puede presentar “i” tipos de falla de “j” grado de severidad. De estas fallas podrán presentarse un total de “p” número de fallas en el pavimento analizado. Las fallas pueden presentar magnitud leve, moderada o severa y para ello “mi” será el grado de severidad para la falla “i”. Finalmente “F” corresponde a un factor de ajuste, en función a las fallas representativas que aportan a la degradación del pavimento.

### 3.2.3 Fallas consideradas en el método

Para la determinación del valor del PCI se emplea la relación de 19 fallas que se muestra en el Cuadro 3.01 donde se indica el número de falla, una breve descripción de la falla y la unidad empleada para el relevamiento. El Anexo 01 muestra en imágenes la relación de las 19 fallas consideradas en el método con sus respectivos grados de severidad.

**Cuadro 3.01**  
**RELACIÓN DE FALLAS DEL MÉTODO DEL PCI**  
(Fuente: ASTM 6433-03)

FALLA N°	DESCRIPCIÓN	UND.
1	Grieta piel de cocodrilo	m <sup>2</sup>
2	Exudación de asfalto	m <sup>2</sup>
3	Grietas de contracción (bloque)	m <sup>2</sup>
4	Elevaciones - Hundimiento	m
5	Corrugaciones	m <sup>2</sup>
6	Depresiones	m <sup>2</sup>
7	Grietas de borde	m
8	Grietas de reflexión de juntas	m
9	Desnivel de calzada - berma	m
10	Grietas longitudinal y transversal	m
11	Baches y zanjas reparadas	m <sup>2</sup>
12	Agregados pulidos	m <sup>2</sup>
13	Huecos	N°
14	Cruce de rieles*	m <sup>2</sup>
15	Ahuellamiento	m <sup>2</sup>
16	Deformación por empuje	m <sup>2</sup>
17	Grietas de deslizamiento	m <sup>2</sup>
18	Hinchamiento	m <sup>2</sup>
19	Disgregación y desintegración	m <sup>2</sup>

\*Reemplazar por acceso de puentes, pontones y rejillas de drenaje.

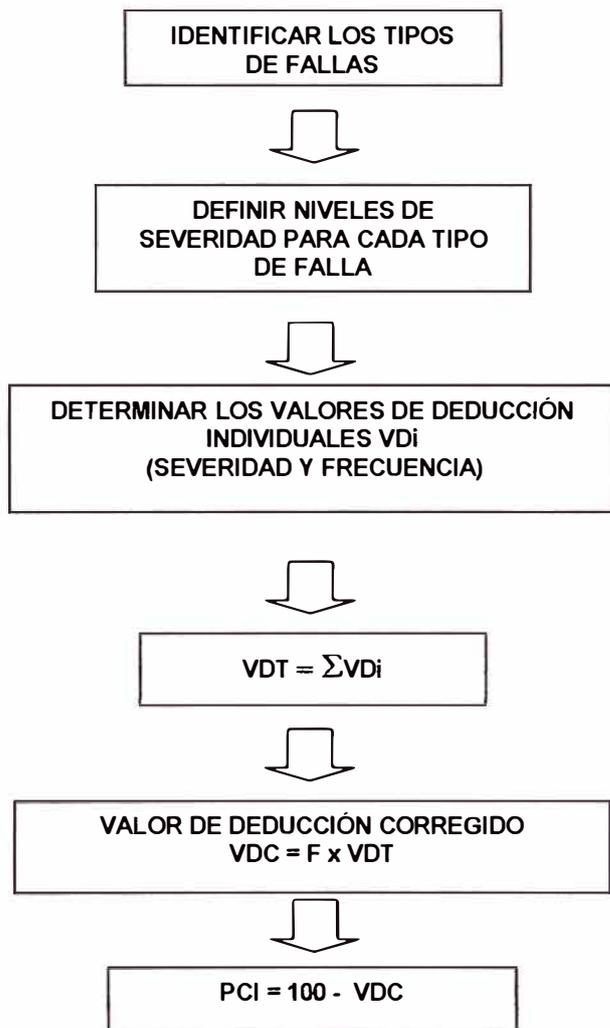
El relevamiento registra información obtenida del campo y de la inspección visual. Estas características corresponden a:

- **Tipos de Falla.** Cada falla en el pavimento evaluado debe ser clasificada dentro de los distintos tipos de falla descritos en el método y según se muestra en el catálogo.
- **Severidad de Falla.** En vista de las variaciones de severidad que presentan los tipos de fallas, se han descrito los diferentes niveles contemplados en el método para cada una de ellas.
- **Valor de Deducción.** Estos valores (VD) son determinados en función del tipo de falla, su severidad y su densidad en el pavimento.

### 3.2.4 Determinación del PCI

El diagrama de flujo que se presenta en la Figura 3.02, muestra esquemáticamente los pasos necesarios para determinar el PCI.

**Figura 3.02**  
**DIAGRAMA DE FLUJO DEL MÉTODO DEL PCI**  
(Fuente: ASTM 6433-03)



El valor del PCI de la sección del pavimento evaluado, se obtiene determinando el promedio de los valores de las unidades evaluadas. Los pasos a seguir para determinar el valor del PCI de cada unidad de muestra son:

- a. Sumar la cantidad total de cada tipo de falla para cada nivel de severidad, y registrar esta información en sección “Total de Severidades”. Cada unidad es



- b. Dividir la cantidad total de cada tipo de falla en cada nivel de severidad entre el área total de la unidad de muestra y multiplicar el resultado por 100 para obtener la densidad porcentual para cada tipo y severidad de falla.
- c. Determinar el valor deducido (VD) para cada combinación de tipo de falla y nivel de severidad utilizando las curvas de valor deducido de fallas que se encuentran en el Anexo 02.
- d. Determinar el máximo valor deducido corregido (VDC<sub>máx</sub>). El procedimiento para determinar los VDCs máximos a partir de los VDs es el siguiente:

d.1 Crear una lista de valores deducidos individuales en orden descendente. Si ninguno o solamente un valor deducido individual es mayor que dos, el valor total es usado en lugar del máximo VDC para determinar el PCI; de otro modo, el máximo VDC debe ser determinado usando el procedimiento descrito a continuación.

d.2 Determinar el número de deducciones permisibles,  $m$ , empleando la siguiente fórmula:

$$m = 1 + (9/98) (100 - MVD) \leq 10$$

Donde  $m$  es el número máximo admisible de valores deducidos incluyendo fracciones (debe ser menor o igual a diez), y MVD = el mayor valor deducido individual para la unidad de muestra.

El número de valores deducidos individuales es reducido al máximo admisible de valores deducidos  $m$ , incluyendo su parte fraccionaria. Si contamos con un número de valores deducidos menor a  $m$ , todos los valores deducidos deben ser usados.

- e. Determinar el máximo VDC en forma iterativa de la siguiente manera:
  - e.1 Determinar el valor deducido total mediante la suma de los valores deducidos individuales.
  - e.2 Determinar  $q$  como el número de valores deducidos mayores a 2.
  - e.3 Determinar el valor de VDC a partir del valor deducido total y del valor de  $q$  utilizando las curvas apropiadas de corrección para pavimentos de Concreto Asfáltico en el Anexo 03.

e.4 Reducir a 2 el menor valor deducido individual mayor que 2 y repetir el procedimiento de e.1 – e.3 hasta que  $q$  sea igual a 1.

e.5 El máximo VDC es el mayor de todos los VDCs.

f. Calcular el PCI restándole a 100 el máximo VDC:

$$PCI = 100 - VDC_{m\acute{a}x}$$

Luego de realizar el cálculo del PCI de cada sección se obtiene el promedio de los valores del tramo evaluado para determinar el valor del PCI global.

### 3.2.5 Escala de valores del PCI

El PCI califica la condición del pavimento sobre la base de una escala que varía desde 0 hasta 100. En la Figura 3.03 se aprecia el rango de valores del PCI con los significados que permitirán tomar acciones de mantenimiento sobre la estructura evaluada.

**Figura 3.03**  
**ESCALA DE VALORES DEL PCI Y TIPO DE MANTENIMIENTO**  
 (Fuente: Google, 2009)

RANGO DEL PCI	COLOR	TIPO DE MANTENIMIENTO
86 - 100 EXCELENTE		MANTENIMIENTO RUTINARIO Y PREVENTIVO
71 - 85 MUY BUENO		(Sello de fisuras, parches, lechadas asfálticas)
56 - 70 BUENO		MANTENIMIENTO CORRECTIVO
41 - 55 REGULAR		(Recapado)
26 - 40 POBRE		REHABILITACIÓN MAYOR (Reemplazo de carpeta asfáltica)
11 - 25 MUY POBRE		RECONSTRUCCIÓN
0 - 10 FALLADO		(Reemplazo de base granular y carpeta asfáltica)

### 3.3 COSTOS DE MANTENIMIENTO PARA EL TRAMO EN ESTUDIO

#### 3.3.1 Tratamiento sugerido a las fallas comunes y análisis de costos unitarios

Para definir tanto el costo como la magnitud de los trabajos, es necesario definir previamente qué tareas involucra cada una de las acciones de conservación señaladas en los párrafos anteriores.

Los cuadros de análisis de costos unitarios que se presentan han sido extraídos del proyecto de Mejoramiento Periódico de Ancón – Pativilca que se realiza desde el año 2007 hasta la fecha.

Los precios considerados son referenciales ya que es factible que existan variaciones comparándolos con los del mercado actual; sin embargo pueden ser ajustados fácilmente a las condiciones que se manejan hoy en día.

Los rendimientos no podrán ser modificados, pues se consideran estandarizados a los reglamentos de ejecución de obras viales; y en términos generales son aplicables en cualquier parte del país sin que existan variaciones significativas.

Los tratamientos a aplicar para cada falla que se presenta en el pavimento de las características del tramo en estudio son los desarrollados a continuación:

- **Tratamiento Manual de fisuras con Emulsión CSS-1hp**

Este trabajo consiste en sellar las fisuras de la zona considerada con emulsión de rotura lenta modificada con cemento, para lo cual preliminarmente se hace un recorrido de la zona para detectar las fisuras de espesor  $\geq 3$  mm, las que recibirán tratamiento. Se utiliza aire a presión para eliminar de la fisura todo resto de material o polvo; luego se aplica forma manual un riego de emulsión asfáltica de rotura lenta modificada con polímeros CSS-1hp a lo largo de la fisura tratando de formar una banda, posteriormente a la aplicación de la emulsión asfáltica se rocía arena gruesa para evitar que los neumáticos se adhieran al asfalto, la arena también rellena la abertura de las fisuras. El tráfico se abre una vez que cura la emulsión, esto aproximadamente a las dos horas. Ver en el Cuadro 3.03 el análisis de costos unitarios de este tratamiento.

**Cuadro 3.03: Tratamiento Manual de fisuras con Emulsión CSS - 1 hp**

Rend. MO. <b>3,700.0000</b>		EQ. <b>3,700.0000</b>		Costo unitario directo por : ml		<b>0.17</b>
<b>Descripción Recurso</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cuadrilla</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio \$</b>	<b>Parcial \$</b>	
<b>Mano de Obra</b>						
Operario	hh	2.0000	0.00541	4.16	0.02	
Peón	hh	7.0000	0.01892	2.81	0.05	
<b>0.08</b>						
<b>Materiales</b>						
Arena Zarandeada	m3		0.00120	6.00	0.01	
Combustible Diesel	gln		0.00500	2.80	0.01	
Emulsión Asfáltica CSS-1 hp	gln		0.00700	1.98	0.01	
<b>0.04</b>						
<b>Equipos</b>						
Compresora de Aire 150 C.F.M.	hm	0.5000	0.00135	7.50	0.01	
Camion Porter 4.0 Tn	hm	2.0000	0.00541	8.65	0.05	
<b>0.06</b>						

- **Bacheo superficial con mezcla asfáltica en frío**

Una vez trazadas las áreas a parchar, se procederá al corte y demolición de la carpeta asfáltica mediante un martillo neumático o manualmente. Una vez finalizada la demolición y retiro de la carpeta se procederá al perfilado de los bordes con la finalidad de lograr un parchado adecuado.

Finalizadas las actividades anteriormente descritas, se procederá a compactar la superficie de la base utilizando la plancha compactadora, el tipo y peso de ésta deberán ser suficientes para compactar el material a una densidad considerada como óptima.

Posteriormente se aplica una imprimación; después de la aplicación se dejará que se seque la superficie imprimada por un período no menor de 24 horas. La superficie imprimada será conservada por el contratista hasta que se coloque la mezcla en frío. El contratista tomará las precauciones necesarias para proteger la imprimación de cualquier deterioro durante este período, inclusive extenderá la cantidad necesaria de arena para eliminar el exceso de material bituminoso si fuese el caso.

La mezcla en frío deberá ser colocada en capas de 2" cada una, debiéndose compactar cada una con la plancha compactadora. Ver en el Cuadro 3.04 el análisis de costos unitarios de este tratamiento.

<b>Cuadro 3.04: Bacheo Superficial con Mezcla Asfáltica en Frio</b>						
Rend. MO.	<b>90.0000</b>	EQ.	<b>90.0000</b>	Costo unitario directo por : m2	<b>18.25</b>	
<b>Descripción Recurso</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cuadrilla</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio \$</b>	<b>Parcial \$</b>	
<b>Mano de Obra</b>						
Capataz "A"	hh	1.0000	0.11111	5.20	0.58	
Operario	hh	4.0000	0.44444	4.16	1.85	
Peón	hh	4.0000	0.44444	2.81	1.25	
					<b>3.68</b>	
<b>Materiales</b>						
Arena Zarandeadada	m3		0.07875	6.00	0.47	
Piedra zarandeadada de 1/4"	m3		0.07875	12.00	0.95	
Emulsión Asfáltica CSS-1h	gln		5.00000	1.67	8.35	
Combustible Diesel	gln		0.01500	2.80	0.04	
					<b>9.81</b>	
<b>Equipos</b>						
Plancha Compactadora	hm	0.4000	0.04444	3.00	0.13	
Compresora de Aire 150 C.F.M.	hm	1.0000	0.11111	7.50	0.83	
Martillo Neumatico	hm	1.0000	0.11111	15.00	1.67	
Camion Porter 4.0 Tn	hm	2.0000	0.22222	8.65	1.92	
Mezcladora de Concreto 9 - 11 p3	hm	0.4000	0.04444	2.30	0.10	
Herramientas	%MO		3.00000		0.11	
					<b>4.77</b>	

- **Tratamiento manual de fisuras con Slurry Seal inc. ruteo**

Este trabajo consiste en sellar las fisuras de la zona considerada con mortero asfáltico, para lo cual preliminarmente se demarcan las fisuras de espesor  $\geq 3$  mm con tiza. Posteriormente el equipo ruteador canaliza la fisura o grieta en una sección de  $\frac{1}{2}$ " de ancho por una profundidad de la misma dimensión.

Realizado el ruteo, se procede a la eliminación de polvo y restos de material con la ayuda de una compresora de aire, luego se prepara de forma manual en una carretilla una mezcla de slurry seal con arena chancada pasante el tamiz N° 16, con un contenido de emulsión de aproximadamente 30 %. Deberá considerarse una mezcla de contextura bastante fluida, y aplicarse en forma manual utilizando recipientes que permitan llenar los canales ruteados; una vez que ha curado parcialmente el mortero, se esparce arena gruesa para evitar la adherencia del asfalto a los neumáticos. El tráfico se abre una vez que cura el "slurry seal", aprox. a las 3 horas. Ver en el Cuadro 3.05 el análisis de costos unitarios de este tratamiento.

<b>Cuadro 3.05: Tratamiento Manual de grietas con Slurry Seal inc. Ruteo</b>						
Rend. MO.	<b>1,500.0000</b>	EQ.	<b>1,500.0000</b>	Costo unitario directo por : ml	<b>0.51</b>	
<b>Descripción Recurso</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cuadrilla</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio \$</b>	<b>Parcial \$</b>	
<b>Mano de Obra</b>						
Capataz "A"	hh	1.0000	0.00667	5.20	0.03	
Operario	hh	3.0000	0.02000	4.16	0.08	
Peón	hh	5.0000	0.03333	2.81	0.09	
					<b>0.21</b>	
<b>Materiales</b>						
Arena Zarandeada	m3		0.00100	6.00	0.01	
Combustible Diesel	gln		0.00400	2.80	0.01	
Emulsión Asfáltica CSS-1 hp	gln		0.05500	1.98	0.11	
					<b>0.13</b>	
<b>Equipos</b>						
Compresora de Aire 150 C.F.M.	hm	0.5000	0.00333	7.50	0.03	
Camion Porter 4.0 Tn	hm	0.5000	0.00333	8.65	0.03	
Equipo Hidroneumático	hm	0.5000	0.00333	16.00	0.05	
Equipo Ruteador	hm	1.0000	0.00667	10.00	0.07	
					<b>0.17</b>	

• **Chip Seal de 3/8"**

Consiste el riego de una emulsión asfáltica de rotura rápida modificada con polímeros tipo CRS-2hP aplicada en película uniforme y la inmediata extensión y rodillado de una capa de árido de tamaño uniforme de 3/8". Con este tratamiento se alcanza lo siguiente:

- Recuperar las características superficiales del pavimento: resistencia al deslizamiento y macro textura.
- Detener el proceso de deterioro del pavimento.
- Impermeabilizar el pavimento fisurado y proteger de daños por agua a la base granular.
- Mejorar la adherencia árido pavimento en presencia de llovizna y altas velocidades.

Ver en el Cuadro 3.06 el análisis de costos unitarios de este tratamiento.

<b>Cuadro 3.06: Chip Seal de 3/8"</b>						
Rend. MO.	<b>7,500.0000</b>	EQ.	<b>7,500.0000</b>	Costo unitario directo por : m2	<b>1.65</b>	
<b>Descripción Recurso</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cuadrilla</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio \$</b>	<b>Parcial \$</b>	
<b>Mano de Obra</b>						
Capataz "A"	hh	1.0000	0.00133	5.20	0.01	
Operador Pesado	hh	10.0000	0.01333	4.16	0.06	
Operario	hh	3.0000	0.00400	4.16	0.02	
Peón	hh	8.0000	0.01067	2.81	0.03	
					<b>0.11</b>	
<b>Materiales</b>						
Piedra Chancada 3/8"	m3		0.01334	34.00	0.45	
Gasolina 84 Oct	gln		0.00450	3.30	0.01	
Combustible Diesel	gln		0.03000	2.80	0.08	
Emulsión Asfáltica CRS- 2 hp	gln		0.27000	1.87	0.50	
					<b>1.06</b>	
<b>Equipos</b>						
Minicargador frontal	hm	1.0000	0.00133	30.80	0.04	
Cargador Frontal	hm	1.0000	0.00250	42.00	0.11	
Rodillo Neumático Autopropulsado de 10 Ton	hm	2.0000	0.00267	35.20	0.09	
Compresora de Aire 150 C.F.M.	hm	1.0000	0.00133	7.50	0.01	
Tanque Estacionario de 8000 gal	hm	1.0000	0.00133	5.00	0.01	
Camión Imprimador de 1500 gl (Trasegador)	hm	1.0000	0.00133	30.80	0.04	
Camión Imprimador Digitalizado de 1800 Gal	hm	1.0000	0.00133	35.20	0.05	
Camión Volquete 15 m3 6x4, 395 hp	hm	2.0000	0.00267	25.00	0.07	
Camion Porter 4.0 Tn	hm	1.0000	0.00133	8.65	0.01	
Escoba para Barredora Mecánica	jgo		0.00000	450.00	0.02	
Caja Esparcidora de Agregados	hm	2.0000	0.00267	13.20	0.04	
					<b>0.48</b>	

### • Aplicación de Slurry Seal Modificado Tipo II

La mezcla de Slurry Seal Tipo II es una mezcla asfáltica de alto rendimiento para pavimentación, compuesta de agregados de granulometría semi-abierta, emulsión asfáltica, filler mineral, y agua, la cuál es aplicada de manera efectiva como sello de pavimentos envejecidos, sello de grietas superficiales, detienen la desintegración y dotan de propiedades antiderrapantes, es decir mejoran la resistencia al deslizamiento, también cuenta con propiedades impermeabilizantes. Se aplica con un equipo especialmente fabricado denominado micro-pavimentador de morteros asfálticos o micro-pavimentos, como mantenimiento preventivo o correctivo con un espesor de 6 mm. Ver en el Cuadro 3.07 el análisis de costos unitarios de este tratamiento.

**Cuadro 3.07: Aplicación de Slurry Seal Tipo II (e=6mm)**

Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$	Parcial \$
Rend. MO. <b>4,000.0000</b> EQ. <b>4,000.0000</b> Costo unitario directo por : m2 <b>2.04</b>					
<b>Mano de Obra</b>					
Capataz "A"	hh	1.0000	0.00250	5.20	0.01
Operador Pesado	hh	4.0000	0.01000	4.16	0.04
Operario	hh	4.0000	0.01000	4.16	0.04
Oficial	hh	4.0000	0.01000	3.16	0.03
Peón	hh	6.0000	0.01500	2.81	0.04
					<b>0.17</b>
<b>Materiales</b>					
Cemento Tipo I	bls		0.00400	4.48	0.02
Arena Chancada	m3		0.00630	34.00	0.21
Combustible Diesel	gln		0.04700	2.80	0.13
Emulsión Asfáltica CSS-1 hp	gln		0.40000	1.98	0.79
					<b>1.16</b>
<b>Equipos</b>					
Cargador Frontal	hm	2.0000	0.00500	42.00	0.21
Compresora de Aire 150 C.F.M.	hm	1.0000	0.00250	7.50	0.02
Volquete 15 m3	hm	2.0000	0.00500	26.00	0.13
Camión imprimador trasegador de emulsión	hm	1.0000	0.00250	32.00	0.08
Camión Cisterna 1500 gln	hm	1.0000	0.00250	18.00	0.05
Tanque Estacionario de 8000 gal	hm	1.0000	0.00250	5.00	0.01
Camion Porter 4.0 Tn	hm	1.0000	0.00250	8.65	0.02
Bomba de Desplazamiento Positivo (Recirculación Emulsión)	hm	1.0000	0.00250	7.00	0.02
Camión Aplicador de Micropavimento (HD-10)	hm	1.0000	0.00250	70.00	0.18
Herramientas	%MO		0.00000		0.00
					<b>0.71</b>

### • Aplicación de Slurry Seal Modificado Tipo III

Este tipo se emplea para corregir condiciones superficiales severas, tráfico pesado y resistencia al deslizamiento. La mezcla de Slurry Seal modificada es una mezcla asfáltica de alto rendimiento para pavimentación, compuesta de agregados de granulometría cerrada, emulsión asfáltica, filler mineral, y agua, la cual es aplicada de manera efectiva como sello de pavimentos envejecidos, sello de grietas superficiales, detienen la desintegración y dotan de propiedades antiderrapantes, también cuenta con propiedades impermeabilizantes. Se aplica para mantenimiento preventivo o correctivo y también como capas delgadas de rodadura. La granulometría abierta de los agregados permite obtener superficies de textura muy pronunciada. El objetivo de la utilización de polímeros en mezclas de morteros asfálticos es reducir la susceptibilidad del ligante a los cambios térmicos en la vía, permitiendo mayor durabilidad que los morteros asfálticos por

lo que se utilizan en proyectos de recuperación de ahuellamientos, repavimentación de vías de alto tráfico o pavimentos ubicados en zonas de altura.

Su diseño y aplicación se encuentra estandarizada por ISSA A-105 o v. Ver en el Cuadro 3.08 el análisis de costos unitarios de este tratamiento.

<b>Cuadro 3.08: Aplicación de Slurry Seal Tipo III (e=9mm)</b>						
Rend. MO.	<b>4,500.0000</b>	EQ.	<b>4,500.0000</b>	Costo unitario directo por :	m <sup>2</sup>	<b>2.46</b>
Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$	Parcial \$	
<b>Mano de Obra</b>						
Capataz "A"	hh	1.0000	0.00222	5.20	0.01	
Operador Pesado	hh	4.0000	0.00889	4.16	0.04	
Operario	hh	4.0000	0.00889	4.16	0.04	
Oficial	hh	3.0000	0.00667	3.16	0.02	
Peón	hh	8.0000	0.01778	2.81	0.05	
						<b>0.16</b>
<b>Materiales</b>						
Cemento Tipo I	bls		0.00600	4.48	0.03	
Arena Chancada 1/4"	m <sup>3</sup>		0.00945	34.00	0.32	
Combustible Diesel	gln		0.04700	2.80	0.13	
Emulsión Asfáltica CSS-1 hp	gln		0.59000	1.98	1.17	
						<b>1.65</b>
<b>Equipos</b>						
Cargador Frontal	hm	2.0000	0.00444	42.00	0.19	
Compresora de Aire 150 C.F.M.	hm	1.0000	0.00222	7.50	0.02	
Volquete 15 m <sup>3</sup>	hm	2.0000	0.00500	26.00	0.13	
Camión imprimador trasegador de emulsión	hm	1.0000	0.00250	32.00	0.08	
Camión Cisterna 1500 gln	hm	1.0000	0.00222	18.00	0.04	
Tanque Estacionario de 8000 gal	hm	1.0000	0.00222	5.00	0.01	
Camion Porter 4.0 Tn	hm	1.0000	0.00222	8.65	0.02	
Bomba de Desplazamiento Positivo (Recirculación Emulsión)	hm	1.0000	0.00222	7.00	0.02	
Camión Aplicador de Micropavimento (HD-10)	hm	1.0000	0.00222	70.00	0.16	
Herramientas	%MO		3.00000		0.00	
						<b>0.66</b>

- **Slurry Seal Modificado Tipo III para nivelación de rasante (e = 15 mm.)**

Esta partida utiliza la misma mezcla que la anterior, sin embargo su finalidad no es la misma; en esta partida, además de brindarle una mejor microtextura a la superficie, se mejorará el IRI aplicando el mortero asfáltico en un espesor promedio de 15 mm. Ver en el Cuadro 3.09 el análisis de costos unitarios de este tratamiento.

<b>Cuadro 3.09: Slurry Seal Modificado Tipo III para Nivelación de Rasante (e=15mm)</b>						
Rend. MO.	<b>4,000.0000</b>	EQ.	<b>4,000.0000</b>	Costo unitario directo por : m2	<b>3.51</b>	
<b>Descripción Recurso</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cuadrilla</b>		<b>Cantidad</b>	<b>Precio \$</b>	<b>Parcial \$</b>
<b>Mano de Obra</b>						
Capataz "A"	hh	1.0000		0.00222	5.20	0.01
Operador Pesado	hh	4.0000		0.00889	4.16	0.04
Operario	hh	4.0000		0.00889	4.16	0.04
Oficial	hh	3.0000		0.00667	3.16	0.02
Peón	hh	8.0000		0.01778	2.81	0.05
						<b>0.16</b>
<b>Materiales</b>						
Cemento Tipo I	bls			0.01000	4.48	0.04
Arena Chancada 1/4"	m3			0.01575	34.00	0.54
Combustible Diesel	gln			0.04700	2.80	0.13
Emulsión Asfáltica CSS-1 hp	gln			0.97300	1.98	1.93
						<b>2.64</b>
<b>Equipos</b>						
Cargador Frontal	hm	2.0000		0.00500	42.00	0.21
Compresora de Aire 150 C.F.M.	hm	1.0000		0.00250	7.50	0.02
Volquete 15 m3	hm	2.0000		0.00500	26.00	0.13
Camión imprimador trasegador de emulsión	hm	1.0000		0.00250	32.00	0.08
Camión Cisterna 1500 gln	hm	1.0000		0.00250	18.00	0.05
Tanque Estacionario de 8000 gal	hm	1.0000		0.00250	5.00	0.01
Camion Porter 4.0 Tn	hm	1.0000		0.00250	8.65	0.02
Bomba de Desplazamiento Positivo (Recirculación Emulsión)	hm	1.0000		0.00250	7.00	0.02
Camión Aplicador de Micropavimento (HD-10)	hm	1.0000		0.00250	70.00	0.18
Herramientas	%MO			3.00000		0.00
						<b>0.72</b>

- **Tratamiento con sellante elastomérico en caliente inc. ruteo**

Consiste en canalizar la fisura o grieta en una sección de ½" de ancho por la misma profundidad, para lo cual se requiere un equipo ruteador con picas especiales, como segundo paso luego de limpiar el canal se aplica un sellante elastomérico esta operación se realiza con un equipo que calienta y también aplica el sellante elastomérico a lo largo del canal preparado. Ver en el Cuadro 3.10 el análisis de costos unitarios de este tratamiento.

Cuadro 3.10: Tratamiento en Caliente con Sellante Elastomérico						
Rend. MO.		EQ.		Costo unitario directo por : ml		<b>2.20</b>
Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla		Cantidad	Precio \$	Parcial \$
<b>Subcontratos</b>						
Tratamiento en caliente con sellante elastomérico	ml			1.00000	2.20	2.20
						<b>2.20</b>

• **Tratamiento manual de grietas con Slurry Seal**

Se realiza la eliminación de polvo restos de material con aire a presión, como segundo paso se realiza un riego de liga en la grieta con emulsión asfáltica, luego se aplica una mezcla bastante fluida de “slurry seal” de granulometría fina pasante tamiz N° 16 y con un alto contenido de emulsión asfáltica lenta modificada con polímeros, una vez que ha curado esta aplicación se rocía con arena gruesa para evitar la adherencia del asfalto a los neumáticos. El tráfico se abre una vez que cura el “slurry seal”, aprox. a las 3 horas. Ver en el Cuadro 3.11 el análisis de costos unitarios de este tratamiento.

Cuadro 3.11: Tratamiento Manual de grietas con Slurry Seal						
Rend. MO.	<b>450.0000</b>	EQ.	<b>450.0000</b>	Costo unitario directo por : m2		<b>1.53</b>
Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla		Cantidad	Precio \$	Parcial \$
<b>Mano de Obra</b>						
Capataz "A"	hh	1.0000		0.02222	5.20	0.12
Operario	hh	2.0000		0.04444	4.16	0.18
Peón	hh	6.0000		0.13333	2.81	0.37
						<b>0.68</b>
<b>Materiales</b>						
Arena Zarandeada	m3			0.00400	6.00	0.02
Combustible Diesel	gln			0.01000	2.80	0.03
Emulsión Asfáltica CSS-1 hp	gln			0.20000	1.98	0.40
Cemento Tipo I	bls			0.00500	4.48	0.02
						<b>0.45</b>
<b>Equipos</b>						
Compresora de Aire 150 C.F.M.	hm	0.5000		0.01111	7.50	0.08
Camion Porter 4.0 Tn	hm	0.5000		0.01111	8.65	0.10
Equipo Hidroneumático	hm	0.5000		0.01111	16.00	0.18
Mezcladora de Concreto 9 - 11 p3	hm	0.5000		0.01111	2.30	0.03
Herramientas	%MO			3.00000		0.02
						<b>0.40</b>

- **Bacheo de bermas con “Slurry Seal”**

En primer lugar se preparara la superficie a bachear eliminando el material suelto. Luego se aplica un riego de agua para compactar el material granular, se aplica un riego de imprimación y finalmente se aplica una mezcla de slurry seal convencional el que será mezclado en una mezcladora tipo trompo y aplicado de forma manual con la ayuda de reglas. Ver en el Cuadro 3.12 el análisis de costos unitarios de este tratamiento.

Cuadro 3.12: Bacheo de bermas con slurry seal						
Rend. MO.	<b>50.0000</b>	EQ.	<b>50.0000</b>	Costo unitario directo por : m2	<b>5.97</b>	
Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$	Parcial \$	
<b>Mano de Obra</b>						
Capataz "A"	hh	0.1000	0.02000	5.20	0.10	
Operario	hh	1.0000	0.20000	4.16	0.83	
Peón	hh	3.0000	0.60000	2.81	1.69	
					<b>2.62</b>	
<b>Materiales</b>						
Arena Chancada	m3		0.06000	34.00	2.04	
Emulsión Asfáltica CSS-1h	gln		0.40000	1.67	0.67	
Combustible Diesel	gln		0.01000	2.80	0.03	
					<b>2.74</b>	
<b>Equipos</b>						
Plancha Compactadora	hm	0.5000	0.10000	3.00	0.30	
Mezcladora de Concreto 9 - 11 p3	hm	0.5000	0.10000	2.30	0.23	
Herramientas	%MO		3.00000	2.29	0.08	
					<b>0.61</b>	

- **Corrección de ahuellamiento**

Esta partida tiene por finalidad la corrección de ahuellamientos moderados, para lo cual se elaborará mortero asfáltico manualmente de las mismas características del Slurry Tipo II; éste se aplicará manualmente encima de las depresiones que conforman el ahuellamiento. Posteriormente, con ayuda del lampón del cargador frontal se comienza a corregir el ahuellamiento nivelando la mezcla a nivel de rasante y eliminando los desperdicios de forma manual. Ver en el Cuadro 3.13 el análisis de costos unitarios de este tratamiento.

**Cuadro 3.13: Corrección de Ahuellamientos**

Rend. MO.		150.00	EQ.	150.00	Costo unitario directo por : m2		U\$	8.74
Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio U\$	Parcial U\$			
<b>Mano de Obra</b>								
CAPATAZ	hh	1	0.07	5.20	0.35			
OPERARIO	hh	4	0.27	4.16	1.11			
OFICIAL	hh	1	0.07	3.16	0.21			
PEON	hh	4	0.27	2.81	0.75			
					<b>2.42</b>			
<b>Materiales</b>								
COMBUSTIBLE DIESEL	gal		0.860	2.75	2.37			
ARENA ZARANDEADA	m3		0.012	6.00	0.07			
EMULSION ASFALTICA CSS-1 hp	gal		0.65	2.10	1.37			
					<b>3.80</b>			
<b>Equipos</b>								
CAMION PORTER DE 4 TON	hh	1	0.067	8.65	0.58			
COMPRESORA DE AIRE 250 C.F.M	hh	0.25	0.017	18.00	0.30			
MARTILLO NEUMATICO CON PATILLADOR	hh	0.25	0.017	15.00	0.25			
CARGADOR FRONTAL DE 155 H.P 2.5 Pie3.	hh	0.5	0.033	42.00	1.40			
					<b>2.53</b>			

- **Tratamiento de corrimientos**

Esta partida tiene por finalidad corregir todo tipo de corrimientos moderados originados por la torsión de las ruedas de los vehículos pesados, para lo cual en campo se deberá identificar la zona a corregir y la altura a reducir.

Luego de reconocer los anteriores parámetros de trabajo, se procede a raspar la patología con el lampón sin endentado del cargador principal; la presión que ésta aplica produce el desgaste de la superficie a tratar hasta conseguir la eliminación de los montículos que estén por encima de la rasante.

Posteriormente, el área trabajada recibirá una capa fina de Slurry Seal Tipo III; esta ejecución deberá hacerse con un camión micro-pavimentador. Ver en el Cuadro 3.14 el análisis de costos unitarios de este tratamiento.

**Cuadro 3.14: Tratamiento de Corrimientos**

Rend. MO.	150.00	EQ.	150.00	Costo unitario directo por m <sup>2</sup>	U\$	15.96
Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio U\$	Parcial U\$	
<b>Mano de Obra</b>						
CAPATAZ	hh	1	0.07	5.20	0.35	
OPERARIO	hh	7	0.47	4.16	1.94	
OFICIAL	hh	3	0.20	3.16	0.63	
PEON	hh	9	0.60	2.81	1.69	
						<b>4.61</b>
<b>Materiales</b>						
COMBUSTIBLE DIESEL	gal		0.860	2.75	2.37	
Arena Chancada 1/4"	m3		0.012	34.00	0.41	
EMULSION ASFALTICA CSS-1 hp	gal		0.65	2.10	1.37	
Cemento Tipo I			0.005	4.48	0.02	
						<b>4.16</b>
<b>Equipos</b>						
CAMION PORTER DE 4 TON	hh	1	0.067	8.65	0.58	
COMPRESORA DE AIRE 250 C.F.M	hh	0.25	0.017	18.00	0.30	
MARTILLO NEUMATICO CON PATILLADOR	hh	0.25	0.017	15.00	0.25	
CARGADOR FRONTAL DE 155 H.P 2.5 Pie3.	hh	0.5	0.033	42.00	1.40	
Camión Aplicador de Micropavimento (HD-10)	hh	1.0000	0.06667	70.00	4.67	
						<b>7.19</b>

## CAPÍTULO IV

### APLICACIÓN DEL MÉTODO DEL PCI

#### 4.1 TRABAJOS DE CAMPO Y DE GABINETE

El día 03 de octubre de 2009 se realizó la inspección visual de la carretera en el tramo comprendido entre los Km. 59 + 000 y Km. 64 + 000. El recorrido se inició a las 10:00 a.m. en grupos de dos personas para facilitar las tareas de toma de datos, determinación de severidades, mediciones y registros fotográficos.

Durante la evaluación de campo se contó con formatos en blanco, regla de madera, wincha, lapiceros y tablero para el registro de las mediciones correspondientes; además se tomaron las fotografías de las fallas encontradas a lo largo del recorrido de cada kilómetro.

La primera sección evaluada fue la del kilómetro comprendido entre las progresivas 59+000 y 60+000, continuando en forma ascendente hasta la progresiva 64+000 donde finalmente se completaron las cinco secciones del tramo. Posteriormente en gabinete se realizó el cálculo de los metrados de cada una de las fallas encontradas en campo y se hallaron las densidades tomando como área estándar de las secciones  $4800 \text{ m}^2$ , esto debido a que se estableció un ancho de vía único de 4.80 m. para las secciones.

La determinación del PCI se realizó de dos formas: una manual siguiendo los pasos desarrollados en el capítulo anterior y otra computarizada empleando una hoja de cálculo del Microsoft Excel basada en los mismos procedimientos con las ventajas de realizar los cálculos con mayor rapidez y precisión.

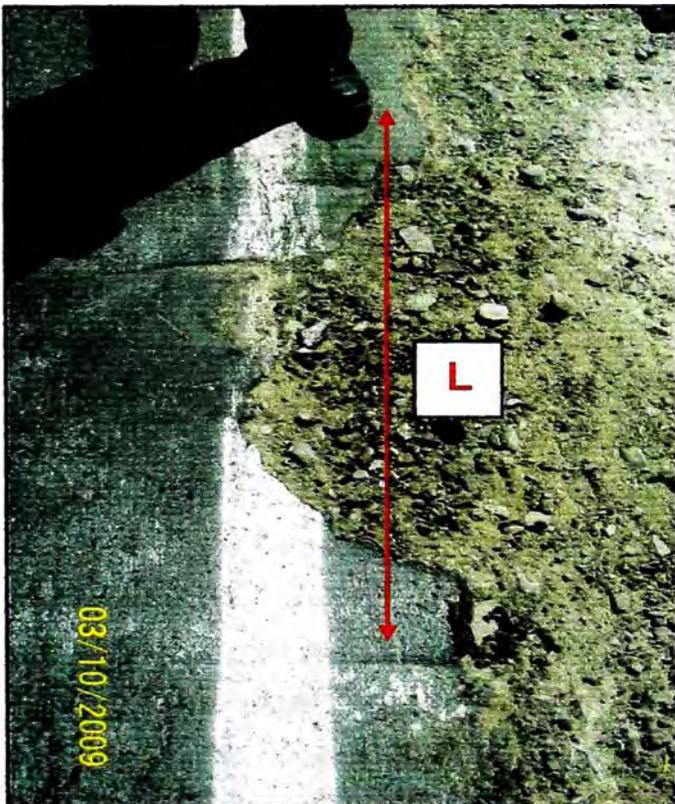
Los resultados de ambas formas fueron muy parecidos con un error menor al 3% en todos los casos, por lo que se le otorga validez a los valores del PCI obtenidos por los dos medios.

##### 4.1.1 Identificación del grado de severidad y metrado de fallas

La identificación del grado de severidad en campo se llevó a cabo empleando como herramientas el Catálogo de Fallas del MTC, las descripciones

de las fallas estipuladas en la Norma ASTM D6433 y las diapositivas de clase; las cuáles sirvieron como ayuda - memoria para el reconocimiento de las fallas típicas durante la inspección. A continuación se describe los pasos efectuados en campo durante el relevamiento de fallas.

**Paso 1:** Se identificó la falla y su severidad de acuerdo al catálogo de fallas del método. Se continuó con la medición de la extensión de las fallas, ya sea en área, longitudinalmente o en unidades. Se tomó la fotografía respectiva y se discutió brevemente la posible causa de la falla. El panel fotográfico en su totalidad puede ser apreciado en el Anexo 04.



**Tipo de Falla: N° 7 - Grieta de borde (m)**  
**Posible causa: Tránsito constante de vehículos pesados fuera del carril.**

**Paso 2:** Se registró el tipo de falla en la planilla de cálculo del PCI, el metrado de la falla y al lado derecho de ésta el grado de severidad (L: Baja, M: Moderada o Media, H: Alta). Se realiza la suma de todos los metrados respetando la severidad de cada uno y se coloca el resultado en las filas de totales. En Anexos 05 se presenta el registro de las fallas encontradas desde el primer hasta el último kilómetro del tramo en estudio.

<b>VÍA :</b> Cafete - Yauyos - Chupaca	<b>TRAMO:</b> Km. 60+000 - Km. 61+000
<b>FECHA:</b> 03-10-2009	<b>UNIDAD N°:</b> 2
<b>HECHO POR:</b> Claudia Salinas	<b>ÁREA DE LA MUESTRA:</b> 1000 m x 4.8 m

TIPOS DE FALLA	
1. Cusca Pied de Coneado	no2
2. Cusca de Jorullo	no2
3. Cusca de Desbarrido (Brazos)	no2
4. Desbarrido - Fisuras	no
5. Chorrillos	no2
6. Desgastes	no2
7. Cusca de Resaca	no
8. Cusca de Ráfaga de Jorullo	no
9. Desbarrido Caliente - Hielos	no
10. Cusca Longitudinal y Transversal	no
11. Desbarrido Superficial	no2
12. Agrietamiento Profundo	no2
13. Fisuras	no1
14. Acciones de Frenos	no2
15. Abundancia	no2
16. Deformación por Empuje	no2
17. Cusca de Desbarrido	no2
18. Huelcos	no2
19. Desbarrido y Chorrillos	no2

TIPOS DE FALLAS EXISTENTES						
	2	6	7	10	13	15
	3.6L	4.2L	1.1L 8.6M	4.8L 3M	16L	3.2L
<b>TOTAL</b>						
<b>BAJA (B)</b>	3.6	4.2	1.1	9.0	16.0	3.2
<b>MEDIA (M)</b>			8.6	3.0		
<b>ALTA (A)</b>						

} Filas de totales

CALCULO DEL PCI			
TIPO DE FALLA	DENSIDAD	SEVERIDAD	VALOR DE DEDUCCIÓN
2	0.08	L	0.00
6	0.09	L	4.00
7	0.02	L	0.00
7	0.18	M	0.00
10	0.49	L	0.00
10	0.06	M	0.00
13	0.33	L	10.00
15	0.07	L	1.00

#### 4.1.2 Determinación de densidad

Para el cálculo de las densidades fue necesario establecer el área de la muestra a evaluar considerando el ancho total de la vía por un kilómetro de longitud de la sección. En la zona de trabajo se observó que el ancho de la vía variaba constantemente entre los valores de 3.20 a 6.60 metros; por lo que se dispuso la anotación de todas las variaciones de ancho de vía encontradas para proceder a calcular un promedio entre ellas. El promedio obtenido fue de 4.80 m, dicho valor fue considerado para el cálculo del área de las muestras. El área de la muestra es 4800 m<sup>2</sup> para todas las secciones del tramo y para hallar las densidades de cada falla se dividió cada metrado total de falla entre dicha área. Los metrados totales están referidos a la suma de cada área, longitud o número de unidades considerando su nivel de severidad.

Paso 3: Se calculó las densidades de cada falla.

TIPOS DE FALLAS EXISTENTES						
	2	6	7	10	13	15
	3.6L	4.2L	1.1L 8.6M	4.8L 3M	16L	3.2L
<b>TOTAL</b>						
<b>BAJA (B)</b>	3.6	4.2	1.1	9.0	16.0	3.2
<b>MEDIA (M)</b>			8.6	3.0		
<b>ALTA (A)</b>						

CALCULO DEL PCI			
TIPO DE FALLA	DENSIDAD	SEVERIDAD	VALOR DE DEDUCCIÓN
2	0.08	L	0.00
6	0.09	L	4.00
7	0.02	L	0.00
7	0.18	M	0.00
10	0.49	L	0.00
10	0.06	M	0.00
13	0.33	L	10.00
15	0.07	L	1.00

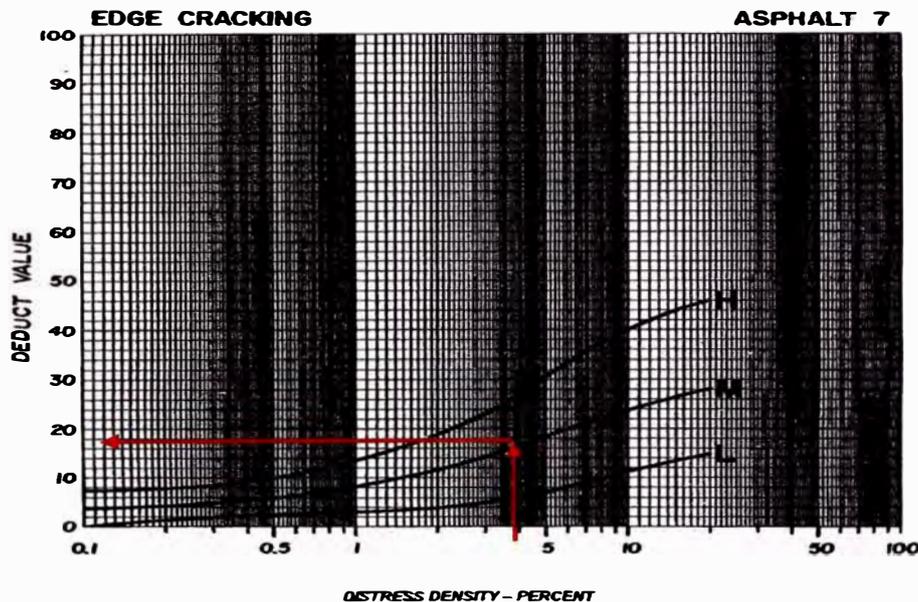
  

<b>PCI = 100 - VDC</b>
<b>87</b>

### 4.1.3 Uso de tablas y obtención de valores de deducción

Una vez calculadas las densidades de cada falla registrada se procedió a revisar la curva de valor de deducción de las mismas, ingresando el valor de la densidad e interceptando una línea vertical imaginaria hacia la curva vinculada a la severidad de la falla, para luego encontrar en el eje de las ordenadas el valor de deducción respectivo. Los valores de deducción de cada falla obtenidos fueron registrados en la planilla de cálculo del PCI.

**Paso 4:** Con el valor de las densidades de cada falla y el grado de severidad se ingresó a las curvas de valor de deducción\*.

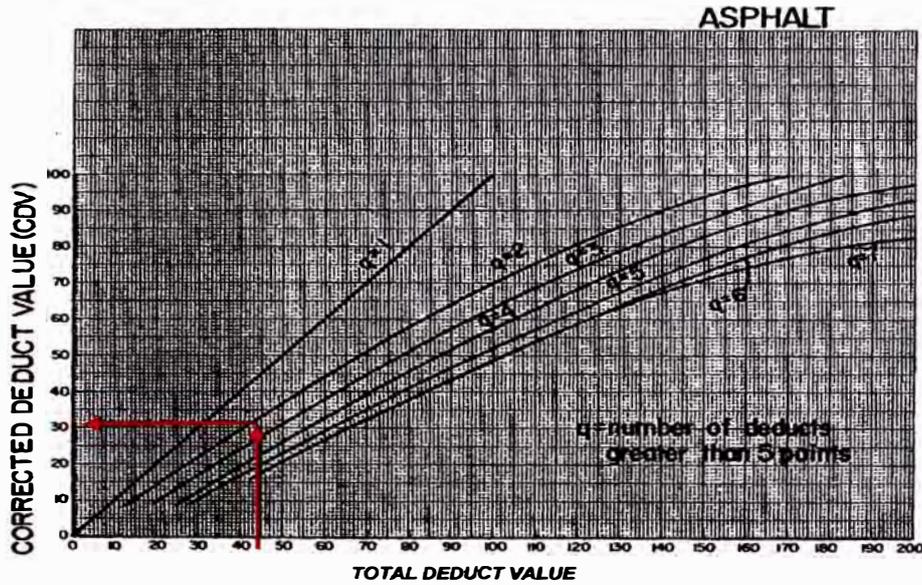


### 4.1.4 Cálculo del PCI y determinación del grado de deterioro del pavimento

En esta etapa se analizaron los valores de deducción de cada falla y se corrigió el valor de deducción total (VDT) con el valor de deducción corregido máximo (VDC<sub>máx</sub>) realizando las iteraciones que exige la norma. (Ver página 49 del informe).

**Paso 5:** Se calculó la suma de los valores de deducción de cada falla y con el número de valores de deducción ( $q$ ) mayores a 2 se ingresó a la Curva de Corrección del Valor de Deducción para Concreto Asfáltico.

\* Los valores de la densidad de la falla mostrada en el ejemplo son muy bajos por lo que se obtuvieron valores de deducción 0. La curva anterior señala de manera didáctica y referencial el ingreso del dato de la densidad.



**Paso 6:** Se corrigió el VDT y se obtuvo el VDCmáx con la primera iteración\*.

TIPO DE FALLA	DENSIDAD	SEVERIDAD	VALOR DE DEDUCCIÓN	
2	0.08	L	0.00	<b>PCI = 100 - VDC</b>  <hr/> 87  <b>CONDICION DEL PAVIMENTO</b>  <hr/> EXCELENTE
6	0.09	L	4.00	
7	0.02	L	0.00	
7	0.18	M	0.00	
10	0.19	L	0.00	
10	0.06	M	0.00	
13	0.33	L	10.00	
15	0.07	L	1.00	
<b>VALOR TOTAL DE DEDUCCIÓN (VDT)</b>			15	
<b>VALOR DE DEDUCCIÓN CORREGIDO MÁXIMO (VDCmáx)</b>			13	
Iteración	VDT	q	VDCmáx	
1	15	2	11	
2	13	1	13	

**Paso 7:** Se calculó el PCI restando a 100 el VDCmáx obtenido en el paso anterior.

$$PCI = 100 - VDCmáx = 100 - 13 = 87$$

**Paso 8:** Con el número del PCI obtenido, ubicamos el rango al que pertenece dicho valor. (Ver Figura 3.03). El valor del PCI en el ejemplo se asocia a una condición EXCELENTE del pavimento.

\* El VDT considerado en el ejemplo es igual a 15 y el valor de q igual a 2. La curva anterior señala de manera didáctica y referencial el ingreso del dato VDT y el valor de VDC en el eje vertical. Se realizaron las iteraciones hasta conseguir que q sea igual a 1, es allí donde ubicamos el máximo valor deducido de todas las iteraciones realizadas.

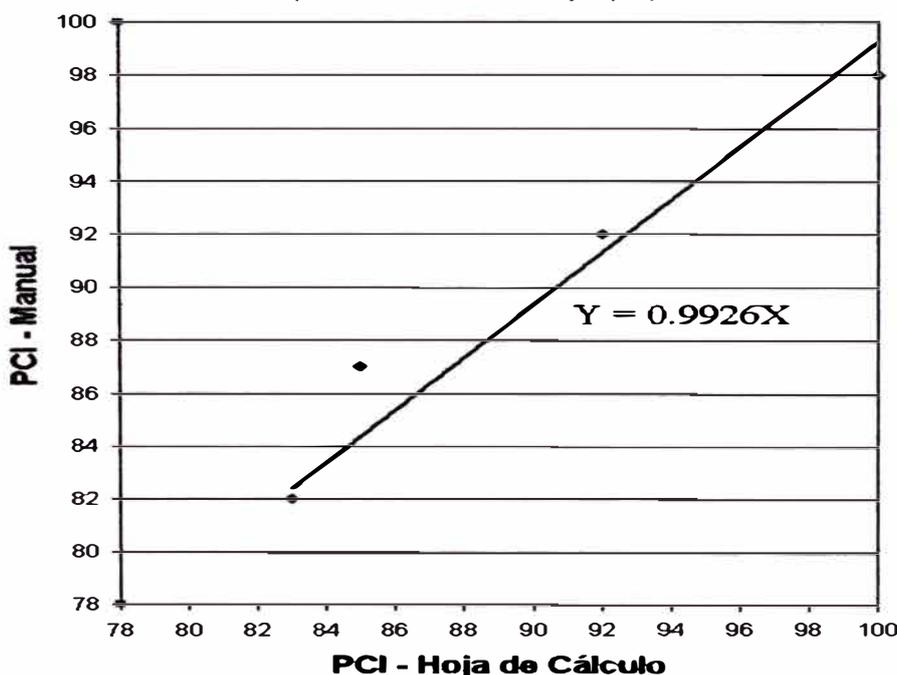
Finalmente en el Cuadro 4.01 se presenta el resumen de los valores del PCI y la condición del pavimento obtenidos. de manera manual y los obtenidos con la hoja de cálculo.

**Cuadro 4.01**  
**SECCIONES HOMOGÉNEAS EN FUNCIÓN DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL**  
**CARRETERA CAÑETE – YAUYOS – CHUPACA**  
**TRAMO Km. 59+000 – Km. 64+000**  
 (Fuente: Elaboración propia)

N°	SECCIONES HOMOGÉNEAS		LONGITUD SECCIÓN (m.)	PCI MANUAL	PCI HOJA DE CÁLCULO	ESTADO DEL PAVIMENTO
	UBICACIÓN Km. - Km.					
1	59+000	- 60+000	1000	92	92	EXCELENTE
2	60+000	- 61+000	1000	87	85	EXCELENTE/ MUY BUENO
3	61+000	- 62+000	1000	98	100	EXCELENTE
4	62+000	- 63+000	1000	82	83	MUY BUENO
5	63+000	- 64+000	1000	98	100	EXCELENTE

Los resultados del PCI calculados manualmente fueron comparados y validados con los procesados en la hoja de cálculo y se muestran en el Gráfico 4.01.

**Gráfico 4.01**  
**PCI MANUAL – PCI HOJA DE CÁLCULO**  
 (Fuente: Elaboración propia)



Como

resultados finales la hoja de cálculo procesa y determina rápidamente el valor del PCI para cada sección; y además relaciona la condición del pavimento de acuerdo al resultado del PCI obtenido. Esta herramienta también permite mostrar una gráfica con los valores del PCI en cada sección a lo largo de los kilómetros evaluados. En el Anexo 06 se encuentran los resultados de la hoja de cálculo en excel utilizada para la determinación del PCI con los metrados de cada una de las fallas encontradas en la evaluación de cada kilómetro de acuerdo a su grado de severidad, las densidades y los valores de deducción de cada falla.

## 4.2 Estimación de Costos de Mantenimiento

Con los metrados de las fallas obtenidas del cálculo del PCI es posible generar una base de datos con la cuál podamos calcular los costos y elaborar un presupuesto acorde al tipo de mantenimiento recomendado. Luego de la evaluación superficial del pavimento en el Cuadro 4.02 se presenta un presupuesto estimado con los tratamientos sugeridos para las fallas encontradas.

Cuadro 4.02

### PRESUPUESTO ESTIMADO PARA EL MANTENIMIENTO DEL TRAMO EN ESTUDIO

(Fuente: Elaboración propia)

Número de Falla	Nombre de la Falla	TRATAMIENTO SUGERIDO	Cantidad			Costos		
			m.	m2.	und.	m.	m2.	Total
2 L	Exudación	Slurry Seal Modificado Tipo II para nivelación de rasante		38.5			3.51	135.14
4 L	Abultamientos y hundimientos	Chip Seal de 3/8"	4.2*					2.08
6 L	Depresión	Chip Seal de 3/8"		4.2			1.65	6.93
7 L	Grietas de borde	Tratamiento manual de fisuras con emulsión CSS-1hp	5.9			0.17		1.00
7 M			3.6			0.17		0.61
10 L	Grietas longitudinales y transversales	Tratamiento manual de fisuras con emulsión CSS-1hp	17.4			0.17		2.96
10 M			11.6			0.17		1.97
13 L	Huecos	Chip Seal de 3/8"			61*			1.51
13 M					3*			0.15
15 L	Ahuellamientos	Corrección de Ahuellamientos		6.8			8.74	59.43
16 L	Desplazamientos	Chip Seal de 3/8"		15.5			1.65	25.58
19 L	Desprendimiento de agregados	Bacheo superficial con mezcla asfáltica en frío		2.2			18.25	40.15
<b>Total General US\$</b>								<b>277.50</b>

## CAPÍTULO V

### ANÁLISIS DE RESULTADOS

El promedio de los valores del PCI obtenidos de forma manual es 91.4 y el obtenido con la hoja de cálculo es 92. Los valores obtenidos indican que el pavimento se encuentra en excelentes condiciones y que sólo requiere de un mantenimiento rutinario o preventivo.

Los valores del PCI obtenidos indican que la condición del pavimento es la ideal, ya que en los dos casos se ha alcanzado un grado de deterioro muy pequeño o casi imperceptible. Sin embargo se debe tener en cuenta que la carretera ha sido intervenida a mediados de este año y se puede considerar “nueva” y que aún no se ha visto afectada por las lluvias o cambios de temperatura bruscos.

Las fallas más comunes encontradas en esta evaluación fueron las grietas de borde, las grietas longitudinales en la mayoría de los casos, exudación, huecos, y ahuellamientos.

Entre las posibles causas que originaron las fallas se encuentran las siguientes:

**Grietas de Borde:** Debido a que la geometría de la carretera no ha sido modificada, no cuenta con un ancho de vía normado, carriles definidos y tampoco con un ancho mínimo de berma del cuál puedan disponer los vehículos para realizar alguna parada por avería o algún otro motivo; los conductores optan por utilizar ambos carriles para trasladarse e incluso para dar pase a otro vehículo que viene en sentido contrario deben desplazarse hacia la derecha lo más que les es posible para seguir con su ruta. Es en estos cambios de velocidades para ingresar y volver a salir del carril que se producen las ya muy comunes grietas de borde.

También se apreciaban este tipo de fallas en los accesos a las parcelas aledañas a la carretera y en la parte superior de las alcantarillas artesanales, las cuáles no contaban con los requerimientos mínimos de diseño y protección.

**Grietas longitudinales:** El proceso constructivo es un factor importante en la determinación de la condición del pavimento, es por tal motivo que al ejecutarlo

se debe tener presente las implicancias de un simple descuido durante las etapas del proyecto.

Gran parte de las fallas de este tipo no fueron ocasionadas por la presencia de agua, carga excesiva de los vehículos u otra razón conocida, en realidad el descuido por parte de la Contratista y la complacencia de la Supervisión en no realizar una verificación del correcto funcionamiento de las maquinarias para el tendido del Slurry Seal, ha comprometido seriamente el pavimento dejando cada ciertas distancias una especie de rasguños de más de 3 mm. de espesor y longitudes que van desde los 2 m. hasta los 18 m.; y que en cuestión de días el agua aprovechará para infiltrarse en la estructura y agravar el problema.

**Exudación:** Esta situación se presentó en su grado más leve y en los primeros dos kilómetros de recorrido en el área donde se efectuó la junta de construcción; es muy probable que el equipo empleado tenga dimensiones que sobrepasen los dos tercios del ancho total de la vía y que el trabajo se haya realizado en dos etapas. Es decir, la primera para cubrir dos tercios de la vía y la segunda para cubrir el otro tercio faltante; es allí que en muchos casos se generó una zona de traslape con el mortero asfáltico y una ligera elevación del nivel de la rasante.

Al margen de considerarlo un error en el proceso constructivo, se puede interpretar como una situación inesperada o no prevista, pero sí controlable. Es por tal motivo que en los siguientes 3 kilómetros restantes se pudo apreciar un mejor resultado en el pavimento, lamentablemente no al 100%.

**Huecos:** El tamaño de estas fallas no pasaban los 5 cm. en la mayoría de los casos; sin embargo, estos tamaños aparentemente inofensivos, pueden producir serias lesiones si no son tratados a tiempo. Esto es, si consideramos que la capa que protege a la estructura es en promedio de 0.9 cm., fácilmente puede ser dañada por un pequeña piedra de ½" que reciba constantemente cargas vehiculares, generando una puerta de acceso para la infiltración del agua. Ahora pensemos en qué es lo que harían varias piedrecillas, dispersas o juntas, sumadas al peso de los vehículos de carga pesada que circulan por el lugar; sin dudar terminarán por destruir la vía a largo plazo.

**Ahuellamientos:** Estas fallas se produjeron justo al lado de las zonas donde se presenciaban los traslapes y en los lugares donde el ancho de la vía era menor a

los 4 m.; es decir, el vehículo se trasladaba por la mitad de la vía apoyando el lado izquierdo o el derecho, según fuese subiendo o bajando de la carretera, sobre la zona adyacente al traslape. En algunos casos las profundidades alcanzaban los 2 cm., ocupando áreas entre 0.30 m a 0.60 m de ancho y longitudes entre 20 m a 40 m.

Luego de un minucioso recorrido por el tramo en estudio se logró cuantificar las fallas y proponer los tratamientos para impedir que el deterioro de la vía se acreciente y llegue a proporciones mayores.

Los costos calculados son muy pequeños a comparación con la magnitud del costo del proyecto, de eso no cabe la menor duda; sin embargo, si se suman los costos para el mantenimiento localizado de las fallas de todos los tramos de la carretera, esta nueva cifra alcanzaría una magnitud respetable. A largo plazo toda actividad preventiva traerá beneficios para los involucrados directos o indirectos del proyecto.

Los costos de mantenimiento obtenidos pueden ser actualizados de acuerdo a los costos locales o en su defecto mantenerse como se indican, todo dependerá de la decisión que tomen los encargados del mantenimiento de la carretera y la prioridad en las intervenciones que tengan bajo su responsabilidad.

## CONCLUSIONES

- Los valores promedio de 91.4 y 92 obtenidos de forma manual y empleando la hoja de cálculo indican que el estado general del pavimento en el tramo en estudio es “Excelente” según la escala de valoración del PCI; sin embargo, la evaluación fue realizada en una etapa inicial del proyecto y se espera que esta condición se mantenga con el transcurso de los meses.
- El uso del catálogo de fallas del método fue de mucha ayuda para la identificación de éstas durante la inspección del tramo, pues se logró clasificar cada una de ellas de acuerdo a su severidad y comparándolas con las imágenes que la norma presenta.
- La obtención de valores muy parecidos del PCI de forma manual y con la hoja de cálculo demostró la validez del primero; sin embargo, en el primer caso sólo se obtienen los valores mas no los grados de deterioro del pavimento; y en el segundo caso, los valores son más conservadores y están asociados a grados de deterioro del pavimento que aparecen automáticamente.
- Los metrados de las fallas calculados durante el desarrollo del método y el costo unitario de los tratamientos superficiales recomendados, conforman la base de datos para estructurar el presupuesto de mantenimiento de la carretera y para sustentar ante las autoridades responsables la aprobación de dicho presupuesto.
- El tratamiento superficial aplicado (Slurry Seal) es relativamente nuevo y su comportamiento está respondiendo a las expectativas; sin embargo pequeños descuidos en el proceso constructivo provocarán su falla con el tiempo.
- El PCI es una forma simple de medir el estado del pavimento y priorizar los sectores a ser tratados o también puede ser considerado como una técnica sencilla de estimar costos promedio para el mantenimiento y/o rehabilitación de un determinado sector.
- El método del PCI sirve como herramienta de información requerida para el sustento y justificación de presupuestos de mantenimiento o conservación.
- La recolección de información de los resultados del PCI de los tramos evaluados constituyen una base de datos importante que permitirá tener una

visión integral del estado situacional de la carretera, permitiendo tomar decisiones más coherentes y efectivas de mantenimiento.

- El buen estado de la carretera es un importante factor de la competitividad de las regiones a las cuales pertenece, y como parte integrante del sistema de transporte; de su condición depende que los costos de operación vehicular sean altos o bajos para los productores y consumidores de bienes y servicios, quienes consecuentemente verán estos costos reflejados en el precio final de los bienes.

## RECOMENDACIONES

- El método del PCI debe ser considerado como una herramienta básica dentro de un plan estratégico de mantenimiento para ser aplicado en tramos puntuales de la carretera con la finalidad de optimizar el comportamiento global de la vía.
- Se sugiere realizar monitoreos que involucren la evaluación de la condición de la carretera, identificando los factores que influyen en el comportamiento de ésta y que son los responsables del deterioro de la misma. Las visitas a los tramos evaluados pueden ser de forma alternada cada tres meses, y de esta manera alimentar un banco de datos que permita no sólo tomar decisiones acertadas de mantenimiento oportuno, sino también para analizar comportamientos de vías con características similares en proyectos futuros. La evaluación superficial continua de la carretera determinará la curva de Condición del Pavimento y nos indicará el tiempo óptimo para intervenir en ella con un mantenimiento preventivo económico y no correctivo costoso.
- Extender el uso del método del PCI a toda la carretera e incluso a los otros proyectos de la misma modalidad de contratación.
- Los tratamientos superficiales son una buena alternativa técnica-económica para compensar el deterioro de esta carretera dentro de un plan de mantenimiento localizado preventivo, y el costo de la acumulación de los tratamientos en la carretera a lo largo de su vida útil, será mucho menor al costo total de un mantenimiento o un mejoramiento de la carretera cuando ésta se encuentre en malas condiciones.
- Se recomienda incluir en el mantenimiento de esta carretera, actividades de mejoramiento de la calidad del drenaje superficial, la limpieza de las bermas y la eliminación de vegetación en el borde de la vía.
- Ninguna metodología puede ser perfecta y estar sin cambios o mejoras permanentemente; es por tal motivo que se propone incluir en el cálculo del método del PCI un valor de descuento por el estado en el que se encuentre el entorno del tramo o las secciones evaluadas, de tal manera que en el valor final del PCI se vean reflejadas las condiciones adecuadas o no adecuadas para un mantenimiento responsable y efectivo. De esta manera, no sólo se corregirá el efecto, sino también la causa del deterioro.

- Esta carretera como nueva integrante de la infraestructura del transporte urbano – rural se convertirá en un elemento fundamental para la integración regional y el desarrollo económico de las poblaciones; siempre y cuando se apliquen estrategias de mantenimiento oportuna durante su vida útil.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Añorga Trevejos, Efraín César; *Determinación de Fallas en Pavimentos Asfálticos y Recomendaciones de Reparación*; Tesis de Grado, UNI-FIC, Lima, Perú, 2004.
2. Chang Albitres, Carlos M.; *Pavimentos Un Enfoque al Futuro*; Revista ICG PT – 32, Instituto de la Construcción y Gerencia, Fondo Editorial ICG, Lima, Perú, 2005.
3. Cupe Cure, Dennis Ronald; *Mejoramiento de la Carretera Cañete – Yauyos del Km. 58 + 200 al Km. 58 + 500. Diseño de Pavimento*; Informe de Suficiencia, UNI-FIC, Lima, Perú, 2008.
4. Fernández Castillo, Wilder Alberto; *Evaluación y Reparación de Pavimentos Asfálticos*; Informe de Suficiencia, UNI-FIC, Lima, Perú, 2004.
5. Gutiérrez Lázares, José Wilfredo; *Modelación Geotécnica de Pavimentos Flexibles con Fines de Análisis y Diseño en el Perú*; Tesis de Maestría, UNI-FIC, Lima, Perú, 2007.
6. Manual PCI, ASTM D6433 – 03, *Procedimiento Estándar para la Inspección del Índice de Condición del Pavimento en Caminos y Estacionamientos*, 2003.
7. Melchor Areche, José Ygnacio; *Evaluación Integral de Pavimentos*; Experiencia Profesional, UNI-FIC, Lima, Perú, 1999.
8. MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES - PROVIAS NACIONAL; *Estudio de Pre-inversión a Nivel de Factibilidad del Proyecto Mejoramiento y Rehabilitación de la Carretera Cañete – Yauyos – Chupaca*, Lima, Perú, 2008.
9. Soriano Alava, Horacio; *Aplicación de las Emulsiones Asfálticas en los Pavimentos*; Tesis de Grado, UNI-FIC, Lima, Perú, 2005.
10. Vásquez Varela, Luis Ricardo; *Pavement Condition Index (PCI) para Pavimentos Asfálticos y de Concreto*; Manual del PCI, Manizales, Colombia, 2002.

## ANEXOS

01. Catálogo de Fallas: NORMA ASTM D 6433 – 03
02. Curvas de Valores de Deducción
03. Curva de Corrección de Valor Deducido
04. Panel Fotográfico
05. Registros de Datos de Campo Km. 59+000 – Km. 64+000
06. Resultados de la Hoja de Cálculo

**01. Catálogo de Fallas: NORMA ASTM D 6433 – 03**



## APÉNDICES

### (Información Prescindible)

#### X1. Falla en Pavimentos Asfálticos

X1.1 Durante las inspecciones de condición en campo y validación del PCI, comúnmente surgen muchas interrogantes acerca de la identificación y medición de algunos de los tipos de fallas. Las respuestas a estas interrogantes para cada tipo de falla están incluidas en el encabezado “Como Medir”. Sin embargo, por conveniencia, las dudas más frecuentes, son tratadas a continuación:

X1.1.1 Si el agrietamiento tipo piel de cocodrilo y ahuellamiento ocurren en la misma área, cada falla es registrada por separado en su correspondiente nivel de severidad.

X1.1.2 Si la exudación es considerada, entonces el agregado pulido no será considerado en la misma área.

X1.1.3 El término astillamiento usado en este texto se refiere a la continuación de la ruptura del pavimento o pérdida de material alrededor de las fisuras o juntas.

X1.1.4 Si, una fisura no tiene un mismo nivel de severidad en toda su longitud, cada porción de la fisura con diferente nivel de severidad debe ser registrada en forma separada. Sin embargo, si los diferentes niveles de severidad en una porción de fisura no pueden ser fácilmente separados, dicha porción debe ser registrada con el mayor nivel de severidad presente.

X1.1.5 Si alguna falla, incluyendo fisuras o baches, es encontrada en un área parchada, esta no debe ser registrada; sin embargo, su efecto en el parchado debe ser considerado en determinar el nivel de severidad de dicho parche.

X1.1.6 El agregado pulido debe ser encontrado en cantidades considerables para que la falla sea registrada.

X1.1.7 Se dice que una falla esta desintegrada si el área que la rodea se encuentra fragmentada (algunas veces hasta el punto de desprendimiento de fragmentos).

X1.2 El lector debe tener en cuenta que los puntos referidos anteriormente son referencias generales y no son criterios absolutos de inspección. Para medir adecuadamente cada tipo de falla, el inspector debe estar familiarizado con el criterio individual de medición para cada una de ellas.

X1.3 En este manual se encuentran listados alfabéticamente diecinueve tipos de fallas para pavimentos de superficie asfáltica.

#### CALIDAD DEL TRÁNSITO (Ride Quality)

X1.4 La calidad del tránsito sobre la vía debe ser evaluada para establecer un nivel de severidad para los siguientes tipos de falla:

X1.4.1 Baches

X1.4.2 Ondulaciones

X1.4.3 Cruces de Ferrocarril

X1.4.4 Desplazamientos

X1.4.5 Hinchamientos

X1.4.6 Para determinar los efectos que estas fallas tienen en la calidad del tránsito, el inspector debe manejar a una velocidad de operación del vehículo normal y usar las siguientes definiciones de niveles de severidad en la calidad del recorrido:

X1.4.6.1 L – Bajo. Se perciben vibraciones del vehículo, por ejemplo, las que provienen de ondulaciones, pero no es necesario reducir la velocidad por seguridad o comodidad. Los abultamientos o hundimientos individualmente, o ambos, hacen que el vehículo rebote ligeramente, pero causa poca incomodidad.



X1.4.6.2 **M** – Medio. Las vibraciones del vehículo son significativas y es necesario reducir la velocidad por seguridad y comodidad. Los abultamientos o hundimientos individualmente, o ambos, hacen que el vehículo rebote significativamente, creando algo de incomodidad.

X1.4.6.3 **H** – Alto. Las vibraciones del vehículo son tan excesivas que es necesario reducir la velocidad considerablemente por seguridad y comodidad. Los abultamientos o hundimientos individualmente, o ambos, hacen que el vehículo rebote excesivamente, creando mucha incomodidad, peligrando la seguridad o un alto potencial de daño severo en el vehículo.

X1.4.7 El inspector deberá manejar a la velocidad límite establecida en un auto que sea representativo de todos los autos típicamente usados en el tráfico local. Las secciones del pavimento cercanas a las señales de pare deberán ser evaluadas a una velocidad de desaceleración apropiada para la intersección.

### **PIEL DE COCODRILO (FATIGA) (Alligator Cracking)**

X1.5 *Descripción* – La piel de cocodrilo o agrietamiento por fatiga se refiere a una serie de fisuras interconectadas causadas por acción de la fatiga de la superficie de pavimento asfáltico sometida a repeticiones de carga de tráfico. El agrietamiento se origina en la base de la superficie de concreto asfáltico, ó base estabilizada, donde los valores de esfuerzos de tensión y las deformaciones unitarias son más altos bajo la carga de una rueda. Inicialmente, las fisuras se propagan hacia la superficie como una serie de fisuras longitudinales en paralelo. Después de repetidas cargas de tráfico, las fisuras se conectan formando varios fragmentos cuyos bordes exteriores forman ángulos agudos en su interior, desarrollando así un patrón semejante al alambrado de un gallinero ó la piel de un cocodrilo. En general, las piezas son menores a 0.5m (1.5ft) en el lado más largo. La Piel de Cocodrilo ocurre sólo en áreas sujetas a repeticiones de carga de tráfico, tales como son las huellas en el carril. El tipo de patrón de agrietamiento que ocurre sobre un área no sujeta a cargas, es denominado “fisura en bloque”, la cual es una falla no asociada a carga.

#### **X1.5.1 Niveles de Severidad:**

X1.5.1.1 **L** – Finas fisuras longitudinales del espesor de un cabello, con recorrido paralelo entre ellas y con algunas o ninguna fisura de interconexión. Las fisuras no están descascaradas (Fig. X1.1).

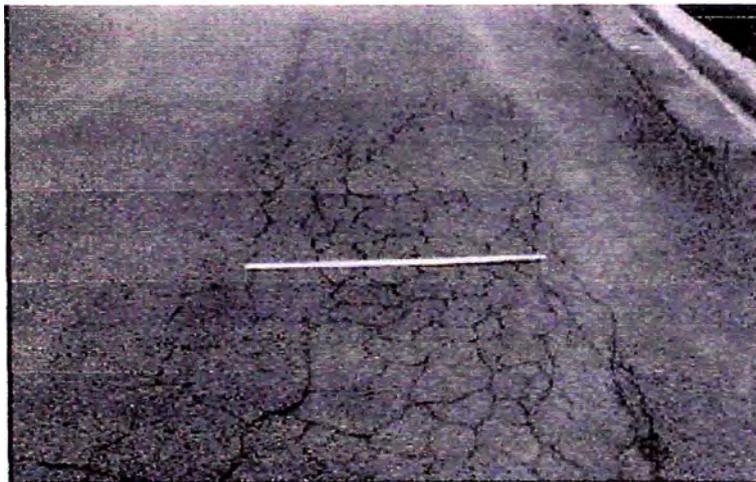
X1.5.1.2 **M** – Continuación del desarrollo de las fisuras de piel de cocodrilo, finas, en un patrón o red de fisuras que podrían estar ligeramente descascaradas (Fig. X1.2).

X1.5.1.3 **H** – El patrón o red de fisuras muestra un progreso tal que las piezas que conforman la piel de cocodrilo están bien definidas y descascaradas en los bordes. Algunas de las piezas podrían oscilar o moverse bajo tráfico (Fig. X1.3).

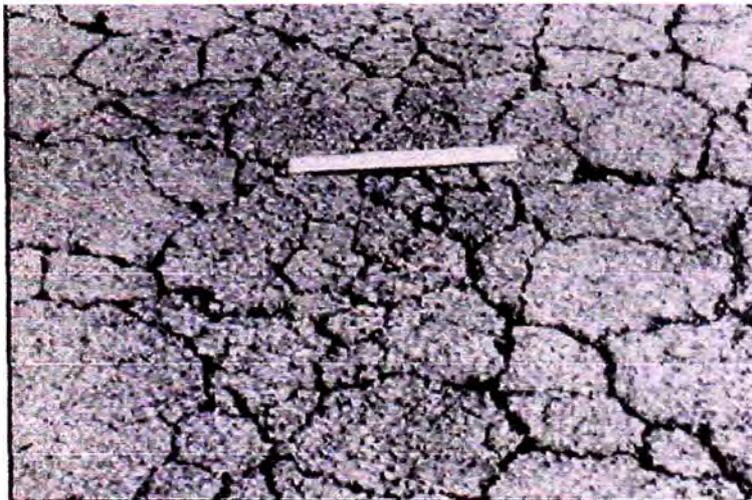
X1.5.2 *Como Medir* – La piel de cocodrilo es medida en metros cuadrados (pies cuadrados) de área superficial. La mayor dificultad en la medición de este tipo de falla es la presencia de dos o tres niveles de severidad en una misma área de falla. Si estas porciones pueden ser fácilmente distinguidas de las otras, entonces deben ser medidas y registradas por separado; sin embargo, si los diferentes niveles de severidad no pueden ser divididos fácilmente, la totalidad del área debe ser calificada con el mayor nivel de severidad presente. Si en una misma área, existe piel de cocodrilo y ahuellamiento, cada una de las fallas debe ser registrada por separado y en su respectivo nivel de severidad.



**Fig. X1.1 Piel de Cocodrilo – Baja Severidad**



**Fig. X1.2 Piel de Cocodrilo – Mediana Severidad**



**Fig. X1.3 Piel de Cocodrilo – Alta Severidad**



## EXUDACIÓN (Bleeding)

**X1.6 Descripción** – La exudación se presenta como una película de material bituminoso sobre la superficie del pavimento, que crea una superficie brillante, cristalina y reflexiva que generalmente se vuelve pegajosa. La exudación es causada por: cantidades excesivas de cemento asfáltico o alquitranes en la mezcla, la aplicación excesiva de un sello bituminoso, ó un bajo contenido de vacíos, ó una combinación de estas causas. Esto ocurre cuando el asfalto llena los vacíos en la mezcla bajo condiciones climáticas de altas temperaturas y luego se expande sobre la superficie del pavimento. Debido a que el proceso de exudación no es reversible en condiciones climáticas de bajas temperaturas, el asfalto o alquitrán se acumulará sobre la superficie.

### X1.6.1 Niveles de Severidad:

**X1.6.1.1 L** – La exudación sólo ha ocurrido a un nivel muy ligero y es percibida sólo durante algunos días al año. El asfalto no se pega a los zapatos o llantas de los vehículos (Fig. X1.4).

**X1.6.1.2 M** – La exudación ha ocurrido llegando al punto en que el asfalto se pega a los zapatos o a las llantas de los vehículos sólo durante algunas semanas en el año (Fig. X1.5).

**X1.6.1.3 H** – La exudación ha ocurrido en forma extensiva y una cantidad considerable de asfalto se pega a los zapatos y llantas de los vehículos al menos durante varias semanas al año (Fig. X1.6).

**X1.6.2 Como Medir** – La exudación es medida en metros cuadrados (pies cuadrados) de área superficial. Si la exudación es registrada, entonces el agregado pulido no debe ser registrado.



**Fig. X1.4 Exudación – Baja Severidad**

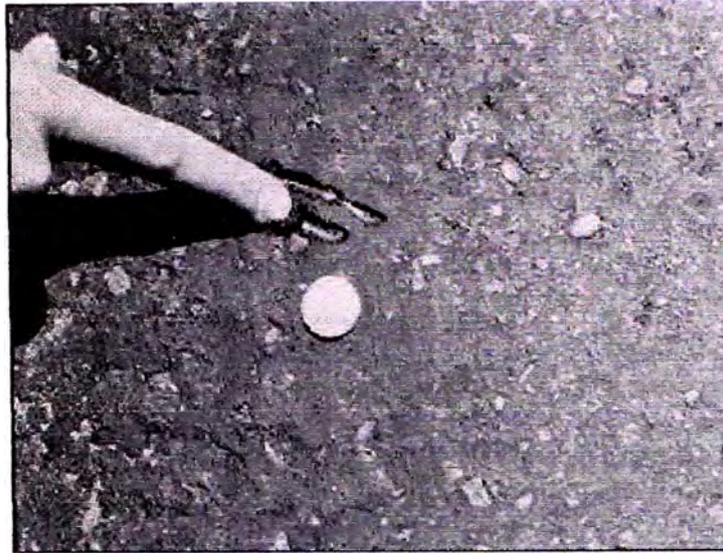


Fig. X1.5 Exudación – Mediana Severidad

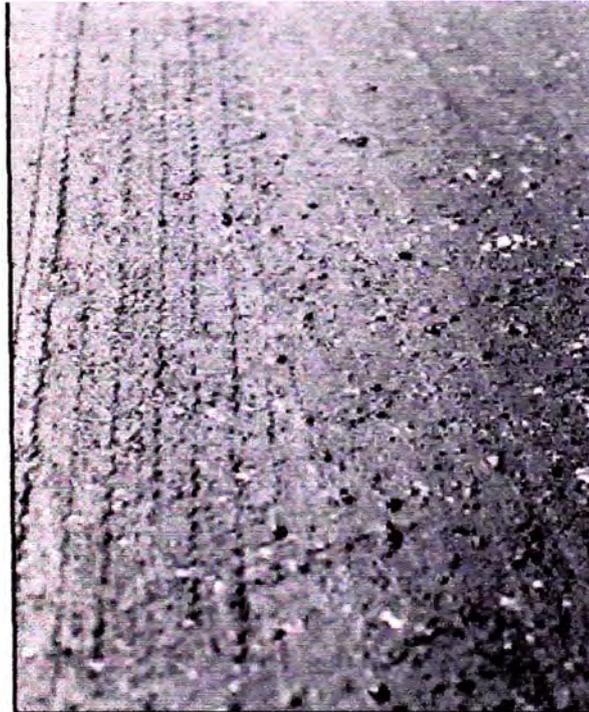


Fig. X1.6 Exudación – Alta Severidad

### **FISURAS EN BLOQUE (Block Cracking)**

**X1.7 Descripción** – Las fisuras en bloque son fisuras interconectadas que dividen el pavimento en piezas aproximadamente rectangulares. Los bloques pueden variar en tamaño desde aproximadamente 0.3 x 0.3m (1 x 1ft) hasta 3 x 3m (10 x 10ft). Las fisuras en bloque son causadas principalmente por la contracción del concreto asfáltico y la variación diaria de temperatura, que resulta en ciclos diarios de esfuerzo/deformación unitaria. Este tipo de falla no está asociado con la carga de tráfico. Las fisuras en bloque generalmente nos indican que el asfalto se ha endurecido significativamente. Las fisuras



en bloque normalmente ocurren sobre una porción larga del área del pavimento, pero algunas veces, ocurrirá sólo en áreas donde no hay tráfico. La diferencia entre este tipo de falla y la de tipo piel de cocodrilo radica en que la segunda presenta una mayor cantidad de fragmentos pequeños con ángulos interiores agudos. También, a diferencia de las fisuras en bloque, las fisuras tipo piel de cocodrilo son causadas por repeticiones de carga de tráfico, y por lo tanto, son encontradas sólo en áreas de tráfico como lo son las huellas de las ruedas.

#### X1.7.1 Niveles de Severidad:

X1.7.1.1 **L** – Los bloques están definidos por grietas de baja severidad<sup>3</sup> (Fig. X1.7).

X1.7.1.2 **M** – Los bloques están definidos por grietas de mediana severidad<sup>3</sup> (Fig. X1.8).

X1.7.1.3 **H** – Los bloques están definidos por grietas de alta severidad<sup>3</sup> (Fig. X1.9).

X1.7.2 *Como Medir* – Las fisuras en bloque son medidas en metros cuadrados (pies cuadrados) de área superficial. Esta falla generalmente ocurre en un sólo nivel de severidad por sección de pavimento; sin embargo, si áreas con distintos niveles de severidad, pueden ser distinguidas fácilmente, entonces dichas áreas deben ser medidas y registradas en forma separada.

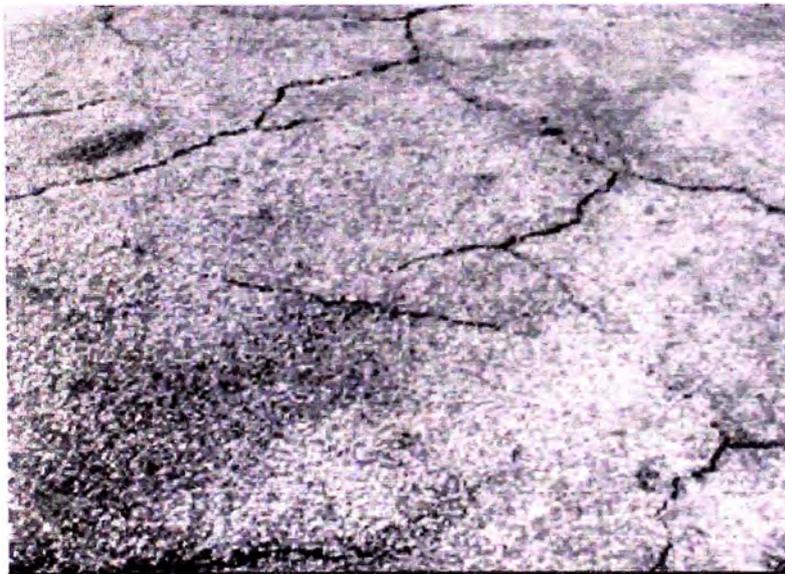
<sup>3</sup> Ver definiciones de fisuramiento longitudinal transversal en el Apéndice X2.10.



**Fig. X1.7 Fisuras en Bloque – Baja Severidad**



**Fig. X1.8 Fisuras en Bloque – Mediana Severidad**



**Fig. X1.9 Fisuras en Bloque –Alta Severidad**

### **ABULTAMIENTOS Y HUNDIMIENTOS (Bumps and Sags)**

#### **X1.8 Descripción:**

X1.8.1 Los abultamientos son desplazamientos pequeños, localizados y hacia arriba, en la superficie del pavimento. Se diferencian de los *desplazamientos* en que estos últimos son causados por inestabilidad del pavimento. Los abultamientos, por otro lado, pueden ser causados por diversos factores, incluyendo:

X1.8.1.1 Levantamiento o combadura de las losas de concreto de un pavimento PCC que ha sido cubierto con carpeta asfáltica.

X1.8.1.2 Desplazamiento por congelación (crecimiento de lentes de hielo).

X1.8.1.3 Infiltración y acumulación de material en una grieta en combinación con cargas de tráfico (algunas veces llamado "tenting").

X1.8.1.4 Los hundimientos son desplazamientos pequeños, bruscos y hacia abajo en la superficie del pavimento. Si los abultamientos aparecen en un patrón perpendicular al



flujo del tráfico y se encuentran separados unos de otros a menos de 3m (10ft), la falla es denominada corrugación. La distorsión y desplazamiento que ocurre sobre grandes áreas de la superficie del pavimento, causando grandes y largas depresiones o abultamientos en el pavimento, debe ser registrada como hinchamiento (swelling).

**X1.8.2 Niveles de Severidad:**

**X1.8.2.1 L** – Los abultamientos o hundimientos producen una calidad de tránsito de baja severidad (Fig. X1.10).

**X1.8.2.2 M** – Los abultamientos o hundimientos producen una calidad de tránsito de mediana severidad (Fig. X1.11).

**X1.8.2.3 H** – Los abultamientos o hundimientos producen una calidad de tránsito de alta severidad (Fig. X1.12).

**X1.8.3 Como Medir** – Los abultamientos y hundimientos son medidos en metros lineales (pies). Si un abultamiento ocurre en combinación con una fisura, la fisura también es registrada.



**Fig. X1.10 Abultamientos y Hundimientos – Baja Severidad**



**Fig. X1.11 Abultamientos y Hundimientos – Mediana Severidad**



Fig. X1.12 Abultamientos y Hundimientos – Alta Severidad

### **CORRUGACIÓN (Corrugation)**

X1.9 *Descripción* – La corrugación, también conocida como “arqueamiento de tabla de lavado”, es una serie de cimas y depresiones cercanamente espaciadas a intervalos bastante regulares (generalmente menores a 3m (10ft)) a lo largo del pavimento. Las cimas son perpendiculares al sentido del tránsito. Este tipo de falla, generalmente es causada por la acción del tráfico combinada con la inestabilidad de la superficie o base del pavimento.

#### X1.9.1 *Niveles de Severidad:*

X1.9.1.1 **L** – Las corrugaciones producen una calidad de tránsito de baja severidad (Fig. X1.13).

X1.9.1.2 **M** – Las corrugaciones producen una calidad de tránsito de mediana severidad (Fig. X1.14).

X1.9.1.3 **H** – Las corrugaciones producen una calidad de tránsito de alta severidad (Fig. X1.15).

X1.9.2 *Como Medir* – La corrugación es medida en metros cuadrados (pies cuadrados) de área superficial.

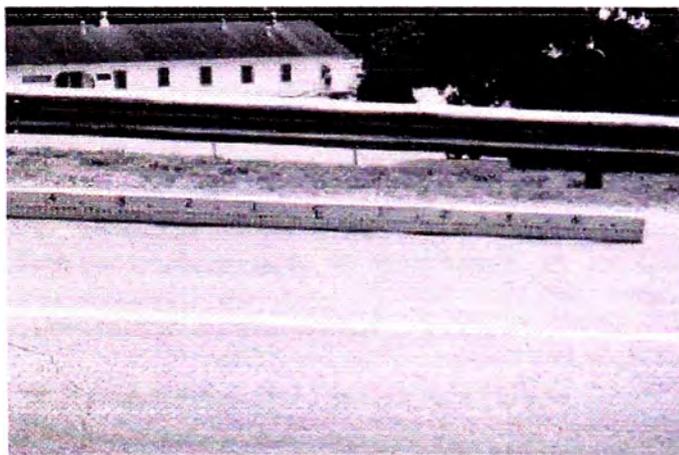


Fig. X1.13 Corrugación – Baja Severidad



Fig. X1.14 Corrugación – Mediana Severidad

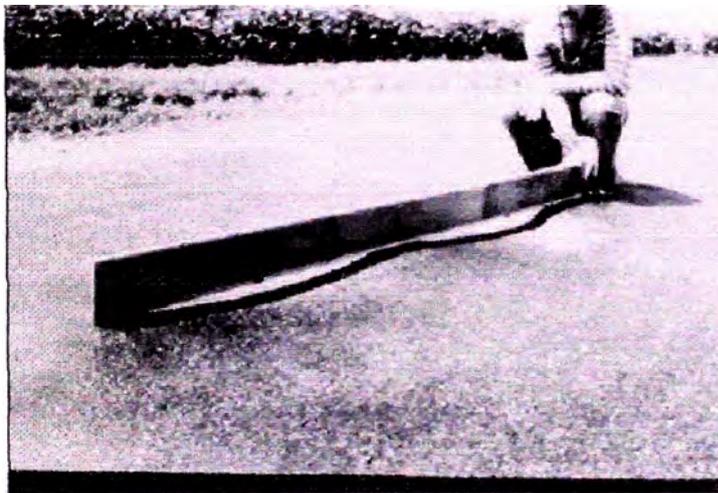


Fig. X1.15 Corrugación – Alta Severidad

### DEPRESIÓN (Depression)

X1.10 *Descripción* – Las depresiones son áreas de superficie del pavimento localizadas con niveles de elevación ligeramente menores a aquellos que se encuentran alrededor del pavimento. Muchas veces, estas leves depresiones no son visibles sino después de la caída de la lluvia, cuando el agua empozada forma un área de “baño de pájaros”; en superficies de pavimentos secos, las depresiones pueden ser distinguidas buscando las manchas causadas por el agua empozada. Las depresiones son generadas por asentamientos de la sub-rasante o son el resultado de procedimientos constructivos defectuosos. Las depresiones pueden causar alguna rugosidad, y cuando son suficientemente profundas o están llenas de agua, pueden causar hidroplaneo.

X1.10.1 *Niveles de Severidad (Máxima Profundidad de la Depresión):*

X1.10.1.1 **L** – 13 a 25mm (1/2 a 1pulgada) (Fig. X1.16).

X1.10.1.2 **M** – 25 a 50mm (1 a 2pulgadas) (Fig. X1.17).

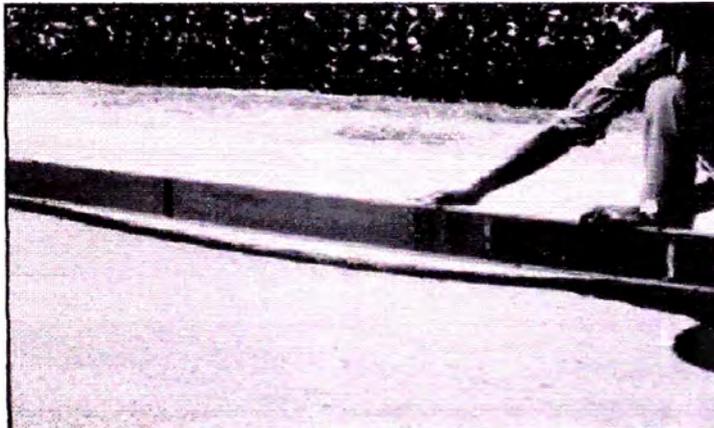
X1.10.1.3 **H** – Más de 50mm (2pulgadas) (Fig. X1.18).



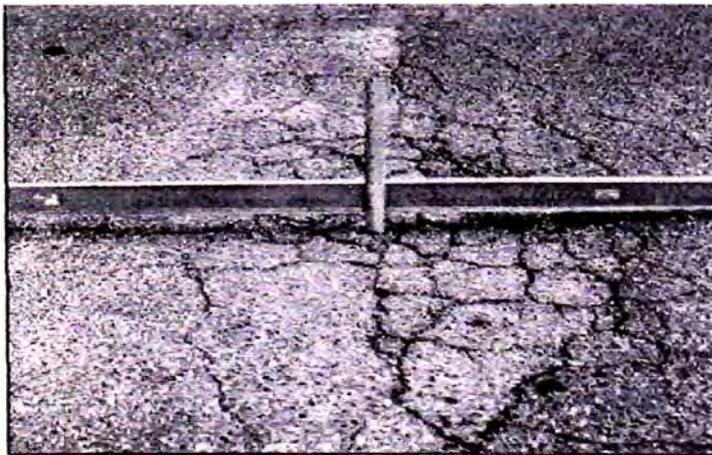
X1.10.2 *Como Medir* – Las depresiones son medidas en metros cuadrados (pies cuadrados) de área superficial.



**Fig. X1.16 Depresión – Baja Severidad**



**Fig. X1.17 Depresión – Mediana Severidad**



**Fig. X1.18 Depresión – Alta Severidad**

## FISURA DE BORDE (Edge Cracking)

X1.11 *Descripción* – Estas fisuras son paralelas al borde externo del pavimento y generalmente se encuentran a una distancia de 0.3 a 0.5m (1 a 1.5ft) del borde. Esta falla es acelerada por las cargas de tráfico y su origen se puede atribuir al debilitamiento de la base o la sub-rasante por congelamiento en zonas cercanas al borde del pavimento. El área entre la fisura y el borde del pavimento es clasificada como área de desprendimiento si esta se encuentra agrietada (a veces al punto en que los fragmentos son removidos).

### X1.11.1 *Niveles de Severidad:*

X1.11.1.1 **L** – Bajo o mediano fisuramiento sin fragmentación o desprendimiento (Fig. X1.19).

X1.11.1.2 **M** – Mediano fisuramiento con alguna fragmentación o desprendimiento (Fig. X1.20).

X1.11.1.3 **H** – Fragmentación o desprendimiento considerable a lo largo del borde (Fig. X1.21).

X1.11.2 *Como Medir* – El fisuramiento de borde es medido e metros lineales (pies).



Fig. X1.19 Fisura de Borde – Baja Severidad

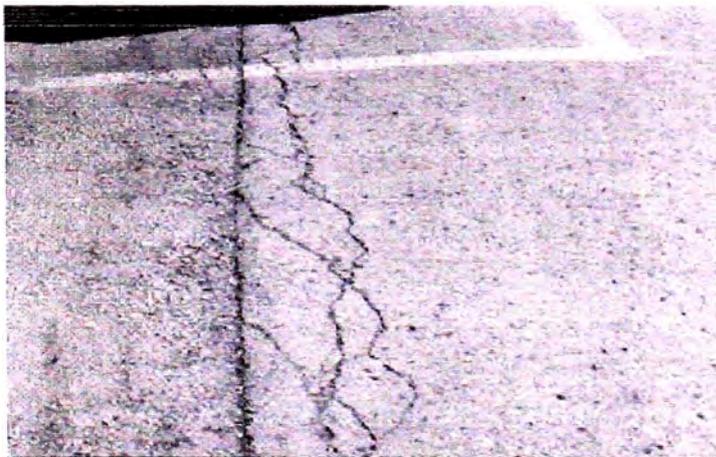


Fig. X1.20 Fisura de Borde – Mediana Severidad



**Fig. X1.21 Fisura de Borde – Alta Severidad**

**FISURA DE REFLEXIÓN DE JUNTA  
(DE LOSAS DE CONCRETO LONGITUDINALES O TRANSVERSALES)  
(Joint Reflection Cracking)**

**X1.12 Descripción** – Este tipo de falla ocurre sólo en pavimentos con superficie asfáltica construidos sobre losas de concreto. Esta falla no incluye fisuras de reflexión provenientes de algún otro tipo de base como las bases estabilizadas con cemento ó cal; estas fisuras son causadas principalmente por el movimiento inducido por humedad o temperatura de las losas de concreto que se encuentran bajo la superficie del concreto asfáltico. Esta falla no está relacionada a efectos de carga; sin embargo, las cargas de tráfico pueden causar el deterioro de la superficie de CA cerca a la fisura. Si el pavimento está fragmentado a lo largo de la fisura, se dice que la fisura esta descascarada. El conocimiento de las dimensiones de la losa subyacente a la superficie de concreto asfáltico, ayudará a identificar estas fallas.

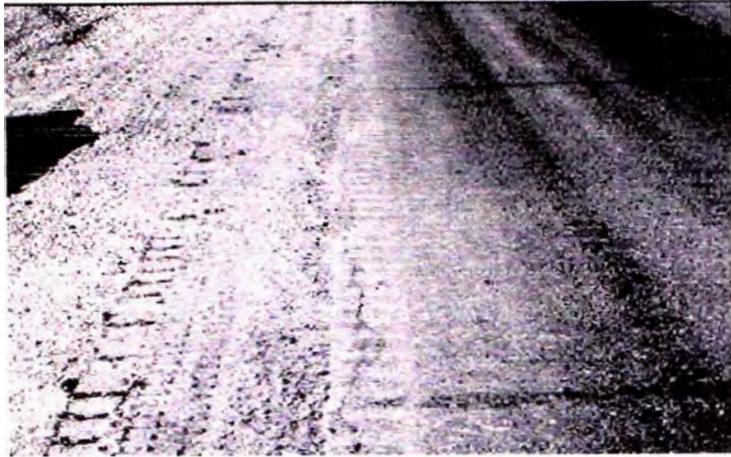
**X1.12.1 Niveles de Severidad:**

**X1.12.1.1 L** – Se cumple una de las siguientes condiciones (Fig. X1.22): Fisura sin relleno de ancho menor a 10mm (3/8 pulgada), o fisura con relleno de cualquier ancho (material de relleno en buenas condiciones).

**X1.12.1.2 M** – Se cumple una de las siguientes condiciones (Fig. X1.23): Fisura sin relleno de ancho mayor o igual a 10mm (3/8 pulgada) y menor a 75mm (3 pulgadas); fisura sin relleno menor o igual a 75mm (3 pulgadas) rodeada de fisuras secundarias leves; o, fisura con relleno de cualquier ancho rodeada de fisuras secundarias leves.

**X1.12.1.3 H** – Se cumple una de las siguientes condiciones (Fig. X1.24): Cualquier fisura con o sin relleno rodeada de fisuras secundarias de mediana o alta severidad; fisuras sin relleno de ancho mayor a 75mm (3 pulgadas); o, fisura de cualquier ancho donde aproximadamente 100mm (4 pulgadas) del pavimento que la rodea está desprendido o fracturado.

**X1.12.2 Como Medir** – Las fisuras de reflexión de juntas son medidas en metros lineales (pies). La longitud y nivel de severidad de cada fisura debe ser identificada y registrada por separado. Por ejemplo, una fisura de 15m (50 pies) de longitud puede tener 3m (10 pies) con un nivel de severidad alto, los cuales son registrados por separado. Si se presenta un abultamiento en la fisura de reflexión, este también debe ser registrado.



**Fig. X1.22 Fisura de Reflexión de Junta – Baja Severidad**



**Fig. X1.23 Fisura de Reflexión de Junta – Mediana Severidad**



**Fig. X1.24 Fisura de Reflexión de Junta – Alta Severidad**

**DESNIVEL CARRIL-BERMA  
(Lane-Shoulder Drop Off)**

X1.13 *Descripción* – El desnivel carril-berma es la diferencia en elevación entre el borde del pavimento y la berma. Esta falla es provocada por la erosión de la berma, el asentamiento de la berma, o por la colocación de nuevas capas sin el debido ajuste del nivel de la berma.

X1.13.1 *Niveles de Severidad:*

X1.13.1.1 **L** – La diferencia entre las elevaciones del pavimento y la berma es mayor a 25mm (1 pulgada) y menor a 50mm (2 pulgadas) (Fig. X1.25).

X1.13.1.2 **M** – La diferencia entre las elevaciones del pavimento y la berma es mayor a 50mm (2 pulgadas) y menor a 100mm (4 pulgadas) (Fig. X1.26).

X1.13.1.3 **H** – La diferencia entre las elevaciones del pavimento y la berma es mayor a 100mm (4 pulgadas) (Fig. X1.27).

X1.13.2 *Como Medir* – El desnivel carril-berma es medido en metros lineales (pies).



**Fig. X1.25 Desnivel Carril-Berma – Baja Severidad**

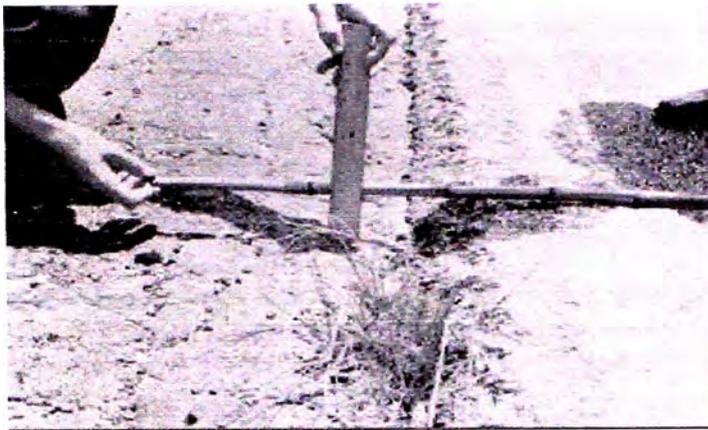


Fig. X1.26 Desnivel Carril-Berma – Mediana Severidad



Fig. X1.27 Desnivel Carril-Berma – Alta Severidad

**FISURAS LONGITUDINALES Y TRANSVERSALES  
(NO REFLEXIVAS DE JUNTAS EN LOSAS DE CONCRETO)  
(Longitudinal and Transverse Cracking)**

**X1.14 Descripción:**

X1.14.1 Las fisuras longitudinales son paralelas al eje central del pavimento ó a la línea direccional en que fué construido. Estas fisuras pueden ser causadas por:

X1.14.1.1 Una junta de carril del pavimento pobremente construída.

X1.14.1.2 Contracción (Encogimiento) de la superficie de CA debido a bajas temperaturas o endurecimiento del asfalto, a la variación diaria de temperaturas, ó ambos motivos.

X1.14.1.3 Una fisura de reflexión causada por un agrietamiento bajo la capa superficial, incluyendo fisuras en losas de concreto, pero sin tomar en cuenta las juntas en las losas.

X1.14.1.4 Las fisuras transversales se extienden através del ancho del pavimento formando aproximadamente ángulos rectos con el eje central del pavimento ó con la línea direccional en que fué construido.

**X1.14.2 Niveles de Severidad:**

X1.14.2.1 **L** – Se cumple una de las siguientes condiciones (Fig. X1.28): Fisura sin relleno de ancho menor a 10mm (3/8 pulgada), o fisura con relleno de cualquier ancho (material de relleno en buenas condiciones).



X1.14.2.2 **M** – Se cumple una de las siguientes condiciones (Fig. X1.29): Fisura sin relleno de ancho mayor o igual a 10mm (3/8 pulgada) y menor a 75mm (3 pulgadas); fisura sin relleno menor o igual a 75mm (3 pulgadas) rodeada de fisuras secundarias leves y en forma aleatoria; o, fisura con relleno de cualquier ancho rodeada de fisuras secundarias leves y en forma aleatoria.

X1.14.2.3 **H** – Se cumple una de las siguientes condiciones (Fig. X1.30): Cualquier fisura con o sin relleno, rodeada de fisuras secundarias en forma aleatoria, de mediana o alta severidad; fisuras sin relleno de ancho mayor a 75mm (3 pulgadas); o, fisura de cualquier ancho donde aproximadamente 100mm (4 pulgadas) del pavimento que la rodea está severamente fracturado.

X1.14.3 *Como Medir* – Las fisuras longitudinales y transversales con medidas en metros lineales (pies). La longitud y severidad de cada fisura deben ser registradas. Si la fisura no tiene el mismo nivel de severidad en toda su longitud, cada porción de la fisura con distinto nivel de severidad debe ser registrada por separado.



Fig. X1.28 Fisura Longitudinal y Transversal – Baja Severidad



Fig. X1.29 Fisura Longitudinal y Transversal – Mediana Severidad



Fig. X1.30 Fisura Longitudinal y Transversal –Alta Severidad

### **PARCHES Y PARCHES DE CORTES UTILITARIOS (Patching and Utility Cut Patching)**

X1.15 *Descripción* – Un parche es un área del pavimento que ha sido reemplazada con material nuevo para reparar el pavimento existente. Un parche es considerado un defecto sin importar su comportamiento (un área parchada o área adyacente generalmente no se comporta tan bien como lo hace una sección original de pavimento). Por lo general, alguna rugosidad está asociada con esta falla.

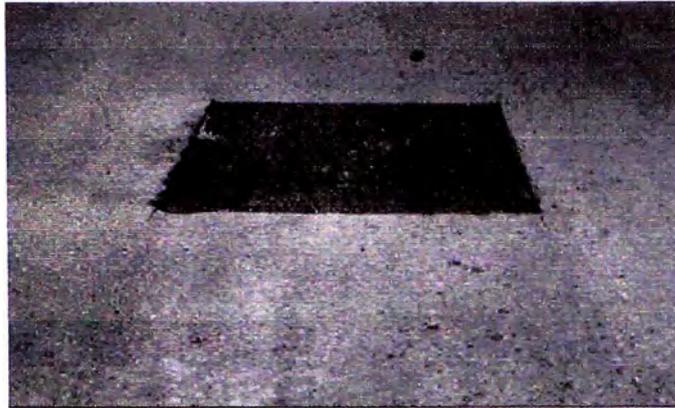
#### **X1.15.1 Niveles de Severidad:**

X1.15.1.1 **L** – El parche se encuentra en buenas condiciones. La calidad de tránsito es calificada como de baja severidad o mejor (Fig. X1.31).

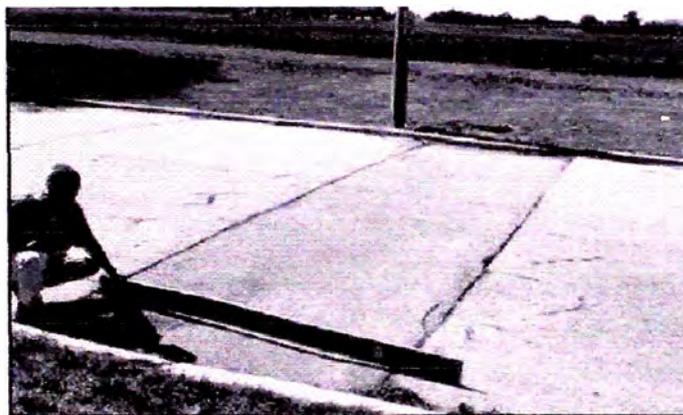
X1.15.1.2 **M** – El parche está deteriorado en forma moderada, o la calidad de tránsito es calificada como de mediana severidad, o ambos (Fig. X1.32).

X1.15.1.3 **H** – El parche se encuentra muy deteriorado, o la calidad de tránsito es calificada como de alta severidad, o ambas; en este caso el parche necesita ser reemplazado lo más pronto posible (Fig. X1.33).

X1.15.2 *Como Medir* – Los parches son medidos en metros cuadrados ( $\text{pie}^2$ ) de área superficial; sin embargo, si un mismo parche tiene áreas de con diferentes niveles de severidad, estas áreas deben ser medidas y registradas por separado. Por ejemplo, un parche de  $2.5\text{m}^2$  ( $27.0\text{ft}^2$ ) puede tener  $1\text{m}^2$  ( $11\text{ft}^2$ ) de nivel medio de severidad y  $1.5\text{m}^2$  ( $16\text{ft}^2$ ) de nivel bajo de severidad. Estas áreas pueden ser registradas por separado. Cualquier tipo de falla encontrada en el parche no debe ser registrada; sin embargo, su efecto en el parche será considerado para determinar su nivel de severidad. Ninguna otra falla, por ejemplo, es registrada en el parche. Aunque el material del parche tenga fisuras o desprendimientos, el área es calificada sólo como parche. Si un área grande del pavimento ha sido reemplazada, esta no debe ser considerada como un parche, sino como un pavimento nuevo, por ejemplo, el reemplazo de material en toda una intersección.



**Fig. X1.31 Parches y Parches de Cortes Utilitarios – Baja Severidad**



**Fig. X1.32 Parches y Parches de Cortes Utilitarios – Mediana Severidad**



**Fig. X1.33 Parches y Parches de Cortes Utilitarios – Alta Severidad**

### **AGREGADO PULIDO (Polished Aggregate)**

**X1.16 Descripción** – Esta falla es causada por repeticiones de carga de tráfico. El agregado pulido existe cuando una evaluación exhaustiva del pavimento revela que la porción de agregado que se extiende sobre el asfalto es muy pequeña, o no existe aspereza o partículas de agregado angular que proporcionen buena resistencia al



deslizamiento. Cuando el agregado en la superficie se vuelve suave al tacto, la adherencia con las llantas de los vehículos se ha reducido considerablemente. Cuando la porción de agregado que se extiende sobre la superficie es pequeña, la textura del pavimento no contribuye significativamente a la reducción de la velocidad de los vehículos. El agregado pulido debe ser registrado cuando las evaluaciones revelen que el agregado que se extiende sobre el asfalto es insignificante, y el agregado de la superficie es suave al tacto. Este tipo de falla se identifica cuando los valores de ensayos de resistencia al deslizamiento son bajos o han descendido considerablemente respecto a evaluaciones previas.

**X1.16.1 Niveles de Severidad** – No hay niveles de severidad definidos; sin embargo, el nivel de pulido debe ser claramente notable en la unidad de muestra, y la superficie de agregado debe ser suave al tacto (Fig. X1.34).

**X1.16.2 Como Medir** – El agregado pulido es medido en metros cuadrados ( $\text{pie}^2$ ) de área superficial. Si se registra exhudación, entonces el agregado pulido ya no debe ser registrado.



**Fig. X1.34 Agregado Pulido**

## **BACHES (Potholes)**

**X1.17 Descripción** – Los baches son pequeñas depresiones en la superficie del pavimento en forma de ollas que generalmente no superan los 750mm (30 pulgadas) en diámetro. Generalmente los baches presentan bordes agudos y lados verticales cerca de la zona superior de la falla. Cuando los baches son causados por un fisuramiento tipo piel de cocodrilo de alta severidad, estos deben ser considerados como baches y no como peladura por intemperismo.

### **X1.17.1 Niveles de Severidad:**

**X1.17.1.1** Los niveles de severidad para baches menores a 750mm (30 pulgadas) de diámetro están determinados por ambos, diámetro y profundidad del bache, de acuerdo a la tabla X1.1.

**X1.17.1.2** Si el bache tiene un diámetro mayor a 750mm (30 pulgadas), el área debe ser determinada en metros cuadrados ( $\text{pie}^2$ ) y dividida entre 0.5m<sup>2</sup> (5.5  $\text{pie}^2$ ) para hallar el número equivalente de baches. Si la profundidad es menor o igual a 25mm (1 pulgada) los baches son considerados de mediana severidad. Si la profundidad es mayor a 25mm (1 pulgada), los baches son considerados de alta severidad (Fig. X1.35 - X1.37).

**X1.17.2 Como Medir** – Los baches no son medidos sino contados y registrados por separado de acuerdo a su nivel de severidad bajo, mediano o alto.



TABLA X1.1 Niveles de Severidad para Baches

Máxima profundidad del Bache	Diámetro Promedio (mm) (pulgada)		
	100 a 200mm (4 a 8 pulgadas)	200 a 450mm (8 a 18 pulgadas)	450 a 750mm (18 a 30 pulgadas)
13 a $\leq$ 25mm (1/2 a 1 pulgada)	L	L	M
>25 y $\leq$ 50mm (1 a 2 pulgadas)	L	M	H
> 50mm (2 pulgadas)	M	M	H



Fig. X1.35 Bache – Baja Severidad

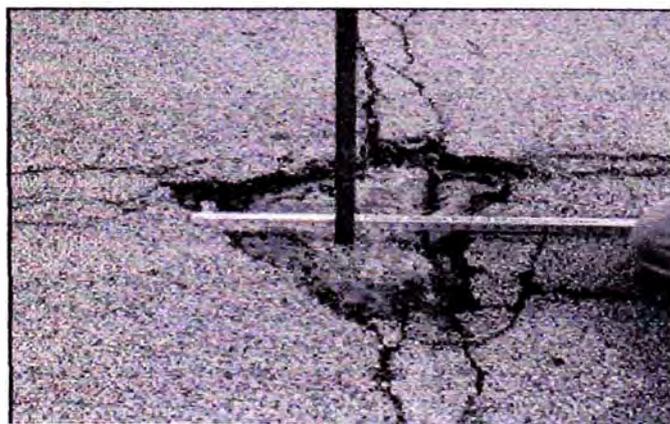


Fig. X1.36 Bache – Mediana Severidad

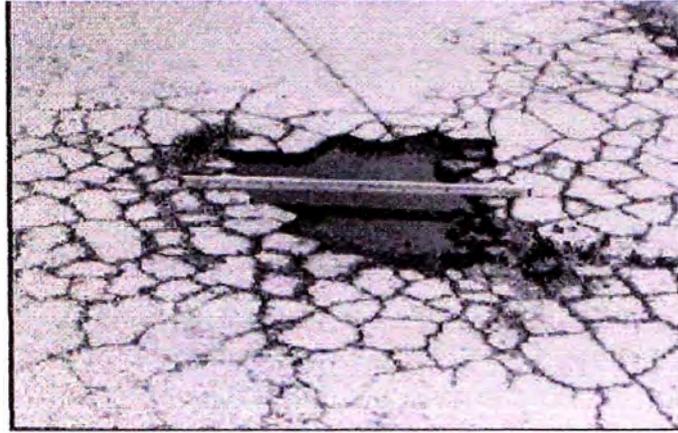


Fig. X1.37 Bache – Alta Severidad

### CRUCE DE VÍA FÉRREA (Railroad Crossing)

X1.18 *Descripción* – Los defectos de cruce de vía férrea son abultamientos o depresiones que se encuentran alrededor o entre los rieles, o ambos.

#### X1.18.1 *Niveles de Severidad:*

X1.18.1.1 **L** – Cuando el cruce de vía férrea genera una calidad de tránsito de baja severidad (Fig. X1.38).

X1.18.1.2 **M** – Cuando el cruce de vía férrea genera una calidad de tránsito de mediana severidad (Fig. X1.39).

X1.18.1.3 **H** – Cuando el cruce de vía férrea genera una calidad de tránsito de alta severidad (Fig. X1.40).

X1.18.2 *Como Medir* – El área del cruce es medido en metros cuadrados (pies cuadrados) de área superficial. Si el cruce no afecta la calidad de tránsito, este no debe ser considerado. Cualquier abultamiento grande causado por los rieles debe ser considerado como parte del cruce.



Fig. X1.38 Cruce de Vía Férrea – Baja Severidad



Fig. X1.39 Cruce de Vía Férrea – Mediana Severidad

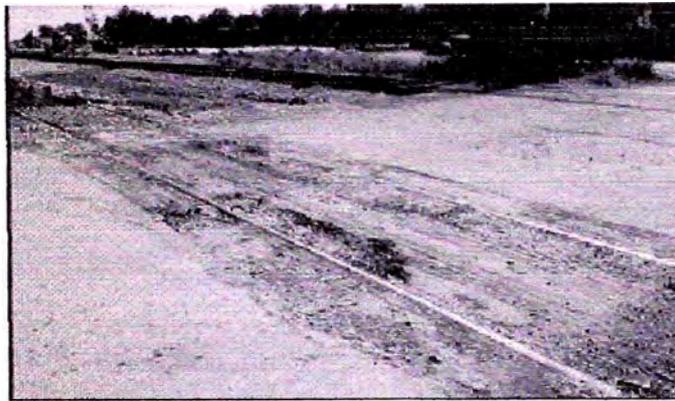


Fig. X1.40 Cruce de Vía Férrea – Alta Severidad

### AHUELLAMIENTO (Rutting)

X1.19 *Descripción* – Un ahuellamiento es una depresión superficial en las huellas de las ruedas. El levantamiento del pavimento puede ocurrir a lo largo de los lados del ahuellamiento, pero, muchas veces, los ahuellamientos son visibles solamente después de una lluvia, cuando las huellas están llenas de agua. El ahuellamiento se deriva de una deformación permanente en cualquiera de las capas del pavimento o subrasante, generalmente es causado por la consolidación o movimiento lateral de los materiales debido a las cargas de tráfico.

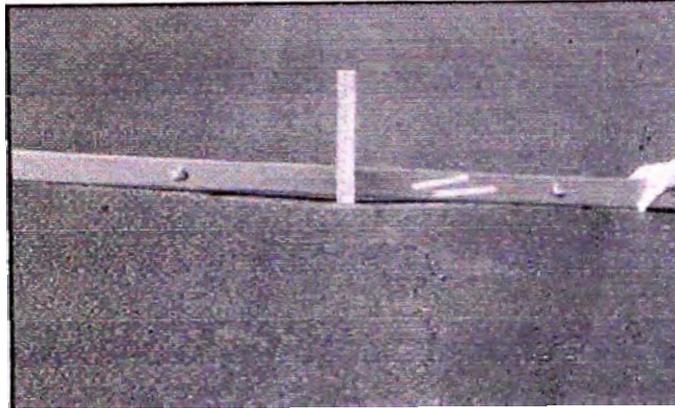
#### X1.19.1 Niveles de Severidad (Profundidad Media del Ahuellamiento):

X1.19.1.1 **L** – 6 a 13mm ( $\frac{1}{4}$  a  $\frac{1}{2}$  pulgada) (Fig. X1.41).

X1.19.1.2 **M** – 13 a 25mm ( $>\frac{1}{2}$  a 1 pulgada) (Fig. X1.42).

X1.19.1.3 **H** –  $> 25$ mm ( $> 1$  pulgada) (Fig. X1.43).

X1.19.2 *Como Medir* – El ahuellamiento es medido en metros cuadrados (pies cuadrados) de área superficial, y su severidad es determinada mediante la profundidad media del ahuellamiento (ver X1.19.1.1 – X1.19.1.3). La profundidad media del ahuellamiento se obtiene colocando una regla en dirección perpendicular a la falla, midiendo su profundidad, y luego utilizando las medidas tomadas a lo largo del ahuellamiento para calcular el valor de profundidad media en milímetros.



**Fig. X1.41 Ahuellamiento – Baja Severidad**



**Fig. X1.42 Ahuellamiento – Mediana Severidad**



**Fig. X1.43 Ahuellamiento – Alta Severidad**



## DESPLAZAMIENTO (Shoving)

### X1.20 Descripción:

X1.20.1 El desplazamiento es un corrimiento longitudinal y permanente de un área localizada de la superficie del pavimento causado por acción de la carga de tráfico. Cuando el tráfico empuja contra el pavimento, se produce una onda corta y brusca en la superficie del pavimento. Este tipo de falla normalmente ocurre sólo en pavimentos con mezclas de asfalto líquido inestables (cutback o emulsión).

X1.20.2 También ocurren desplazamientos cuando los pavimentos asfálticos colindan con pavimentos PCC. El pavimento PCC al aumentar su longitud empuja al pavimento asfáltico produciendo el desplazamiento.

### X1.20.3 Niveles de Severidad:

X1.20.3.1 **L** – Cuando el desplazamiento genera una calidad de tránsito de baja severidad (Fig. X1.44).

X1.20.3.2 **M** – Cuando el desplazamiento genera una calidad de tránsito de mediana severidad (Fig. X1.45).

X1.20.3.3 **H** – Cuando el desplazamiento genera una calidad de tránsito de alta severidad (Fig. X1.46).

X1.20.4 *Como Medir* – Los desplazamientos son medidos en metros cuadrados (pies cuadrados) de área superficial. Los desplazamientos que ocurren en parches son considerados para calificar los mismos, no se consideran como una falla por separado.



Fig. X1.44 Desplazamiento – Baja Severidad



Fig. X1.45 Desplazamiento – Mediana Severidad



Fig. X1.46 Desplazamiento – Alta Severidad

### **FISURA PARABÓLICA O POR DESLIZAMIENTO (Slippage Cracking)**

X1.21 *Descripción* – Las fisuras parabólicas ó por deslizamiento, son fisuras en forma de media luna, generalmente se presentan en forma transversal a la dirección del tránsito. Estas fisuras se producen por acción del frenado de las ruedas ó cambio de dirección, la superficie del pavimento se desliza o deforma. Esta falla ocurre generalmente en capas superpuestas, cuando existe una adherencia pobre (liga pobre) entre la capa superficial y la capa subyacente de la estructura del pavimento.

#### X1.21.1 *Niveles de Severidad:*

X1.21.1.1 **L** – Cuando el ancho promedio de la fisura es menor a 10mm (3/8 pulgada) (Fig. X1.47).

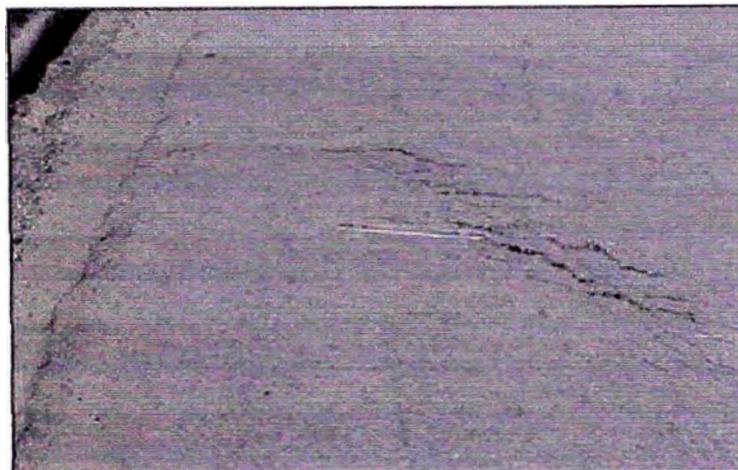
X1.21.1.2 **M** – Cuando se cumple una de las siguientes condiciones (Fig. X1.48): el ancho promedio de la fisura es  $\geq 10$  y  $< 40$ mm ( $\geq 3/8$  y  $< 1\frac{1}{2}$  pulgada); o el área que rodea la fisura está descascarada en forma moderada, o rodeada de fisuras secundarias.

X1.21.1.3 **H** – Cuando se cumple una de las siguientes condiciones (Fig. X1.49): el ancho promedio de la fisura es  $> 40$  (1 $\frac{1}{2}$  pulgada); o el área que rodea la fisura está fracturada en pequeñas piezas removidas.

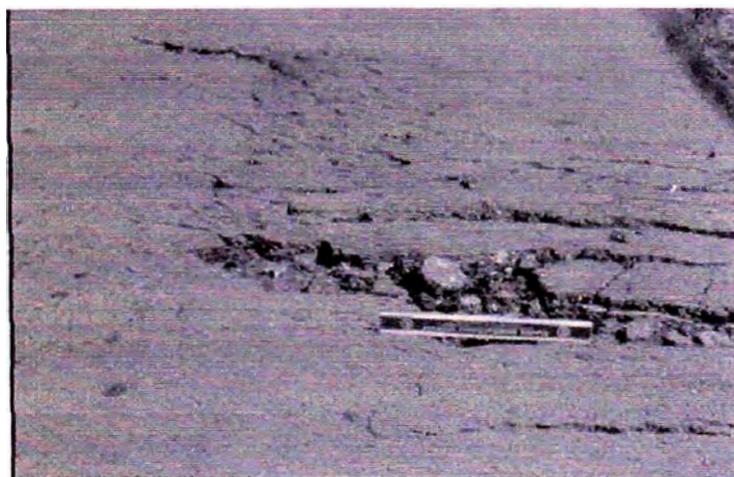
X1.21.2 *Como Medir* –El área asociada con una fisura parabólica o por deslizamiento dada, es medida en metros cuadrados (pies cuadrados) de área superficial, y calificada de acuerdo al mayor nivel de severidad presente en el área.



**Fig. X1.47 Fisura Parabólica o por Deslizamiento – Baja Severidad**



**Fig. X1.48 Fisura Parabólica o por Deslizamiento – Mediana Severidad**



**Fig. X1.49 Fisura Parabólica o por Deslizamiento – Alta Severidad**



## HINCHAMIENTO (Swell)

X1.22 *Descripción* – El hinchamiento se caracteriza por presentar una protuberancia hacia arriba en la superficie del pavimento, una onda larga y gradual de más de 3m (10 pies) de longitud (Fig. X1.50). Un hinchamiento puede estar acompañado de fisuramiento superficial. Este tipo de falla generalmente es causada por el congelamiento del material de la subrasante o por la presencia de suelos expansivos.

### X1.22.1 *Niveles de Severidad:*

X1.22.1.1 **L** – Cuando el hinchamiento causa una calidad de tránsito de severidad baja. Los hinchamientos de baja severidad no siempre son fáciles de distinguir, pero pueden ser detectados manejando a una velocidad límite sobre la sección de pavimento.

X1.22.1.2 **M** – Cuando el hinchamiento causa una calidad de tránsito de severidad mediana.

X1.22.1.3 **H** – Cuando el hinchamiento causa una calidad de tránsito de severidad alta.

X1.22.2 *Como Medir* –El área de hinchamiento es medido en metros cuadrados (pies cuadrados) de área superficial.

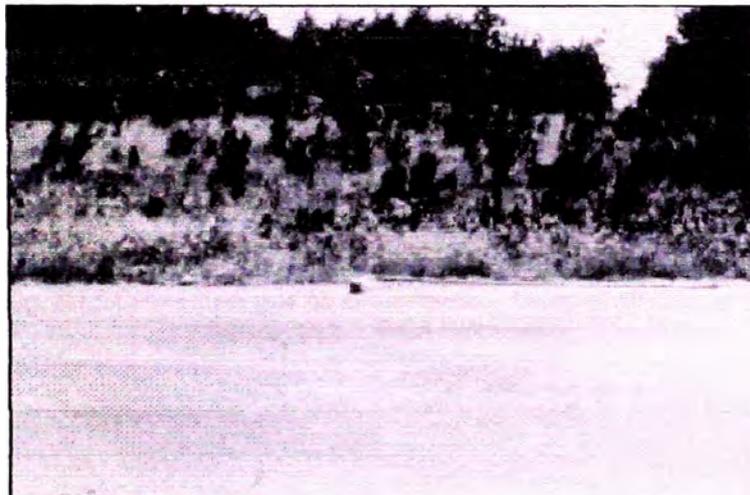


Fig. X1.50 Ejemplo de Hinchamiento. El nivel de severidad depende del criterio de la calidad de tránsito.

## PELADURA POR INTEMPERISMO Y DESPRENDIMIENTO DE AGREGADOS (Weathering and Raveling)

X1.23 *Descripción* – Las peladuras y los desprendimientos son el desgaste en la superficie del pavimento debido a la pérdida de ligante asfáltico o alquitrán y partículas del agregado removidas. Estas fallas nos indican que el ligante asfáltico ha sufrido un endurecimiento considerable ó que estamos en presencia de una mezcla de pobre calidad. Además, el desprendimiento puede ser causado por ciertos tipos de tráfico, como por ejemplo, vehículos de rastreo. El ablandamiento de la superficie y la pérdida de agregado por acción de los derrames de aceite de vehículos también están considerados como desprendimientos.

### X1.23.1 *Niveles de Severidad:*

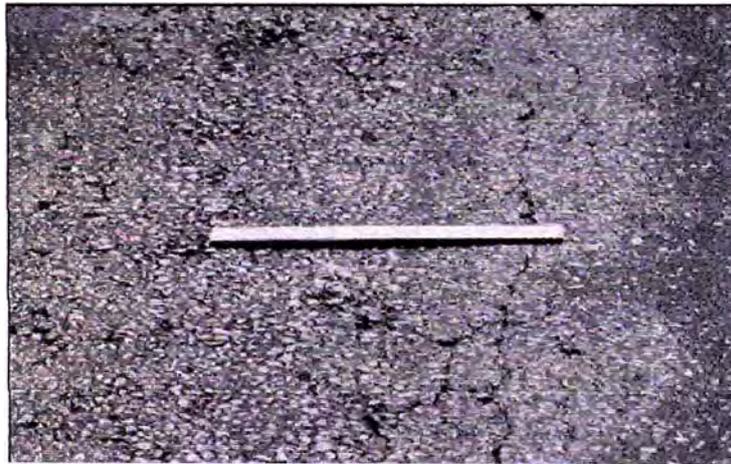
X1.23.1.1 **L** – Cuando el agregado o el ligante ha comenzado a desprenderse. En algunas áreas la superficie comienza a mostrar hoyos (Fig. X1.51). En el caso de derrames,

las manchas de aceite son visibles, pero la superficie está dura y no puede ser penetrada con una moneda.

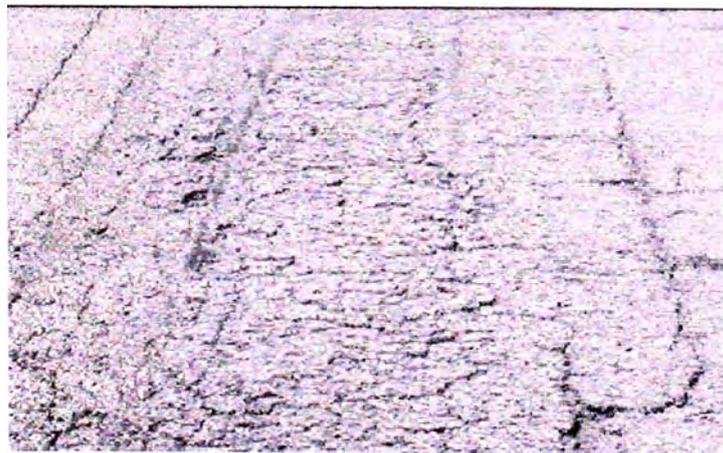
X1.23.1.2 **M** – Cuando se ha desprendido el ligante o los agregados. La textura en la superficie es moderadamente rugosa y presenta pequeños hoyos (Fig. X1.52). En el caso de derrames de aceite, la superficie es suave y puede ser penetrada con una moneda.

X1.23.1.3 **H** – Cuando el desprendimiento del ligante y el agregado es considerable. La textura de la superficie es muy rugosa y está severamente ahuecada. Las áreas ahuecadas son menores a 10mm (4 pulgadas) en diámetro y menores a 13mm (1/2 pulgada) en profundidad (Fig. X1.53); las áreas ahuecadas mayores que estas son consideradas como fallas tipo baches. Para el caso de los derrames de aceite, el ligante asfáltico ha perdido su efecto de liga y el agregado ha comenzado a perderse.

X1.23.2 *Como Medir* – Las peladuras y desprendimientos son medidos en metros cuadrados (pies cuadrados) de área superficial.



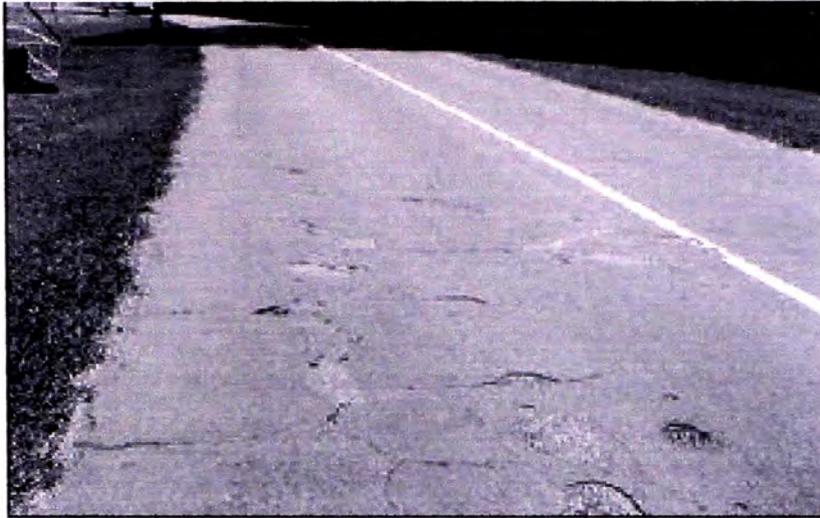
**Fig. X1.51 Peladura por Intemperismo y Desprendimiento de Agregados – Baja Severidad**



**Fig. X1.52 Peladura por Intemperismo y Desprendimiento de Agregados – Mediana Severidad**



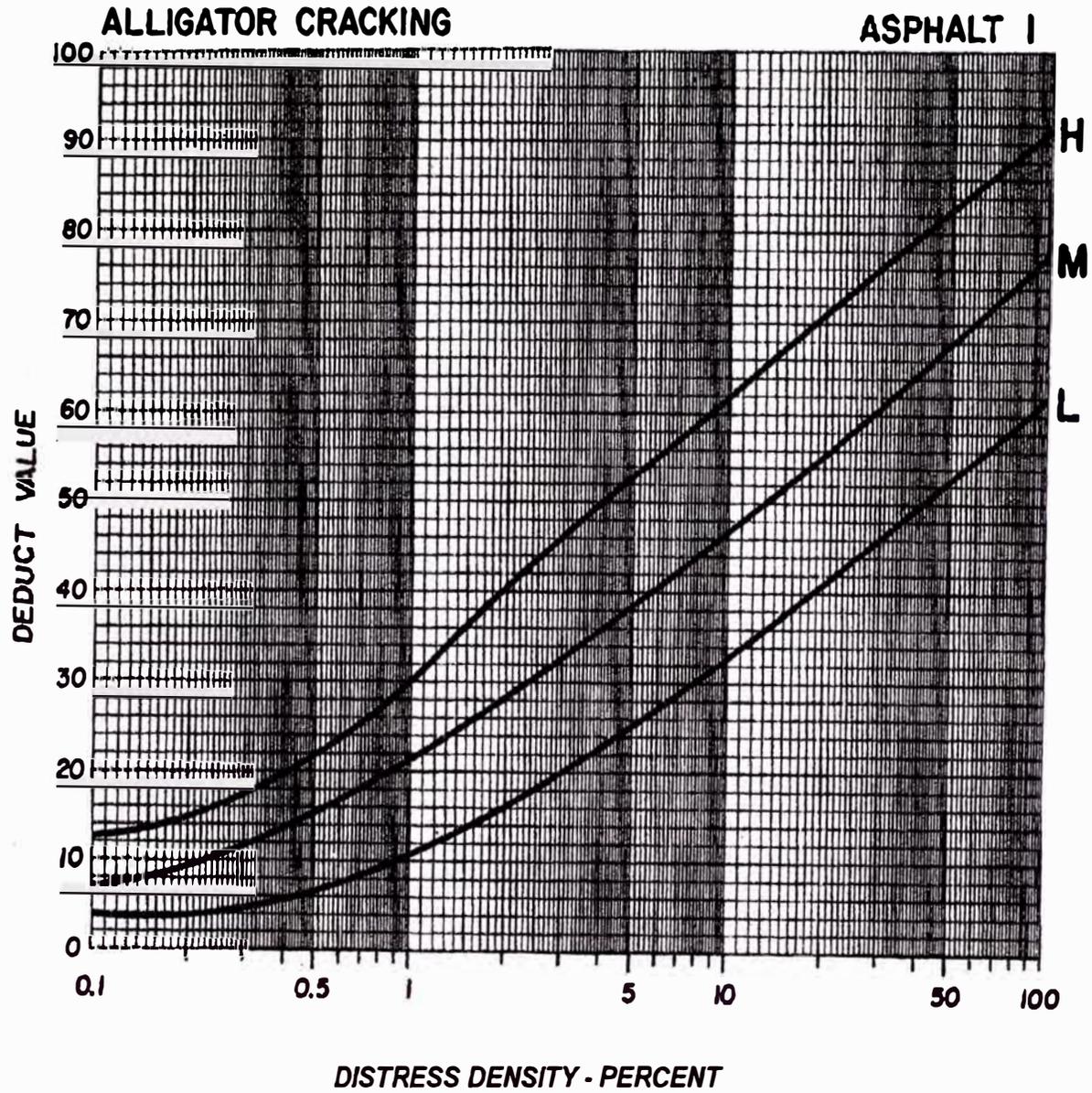
D6433-03



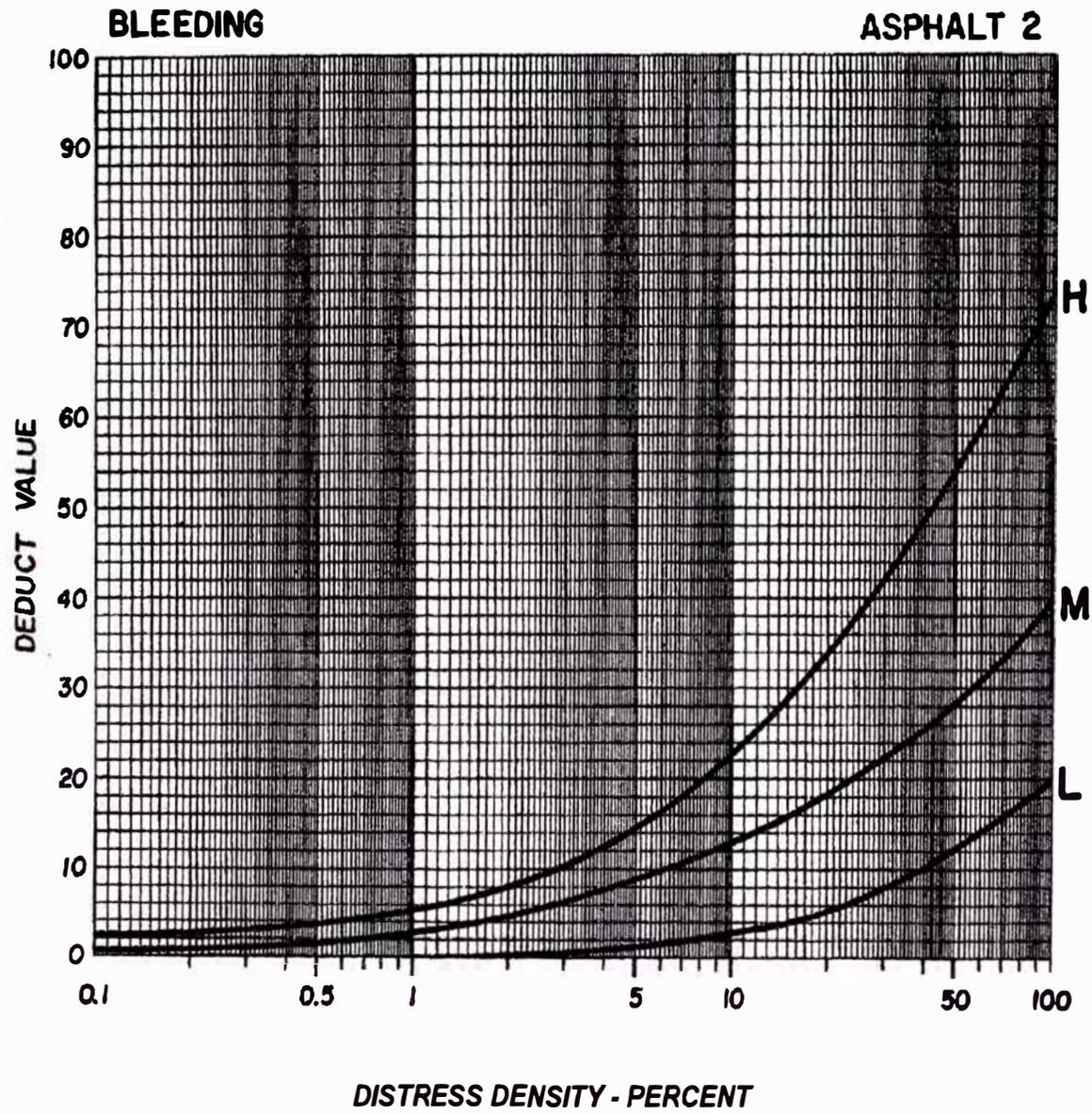
**Fig. X1.53 Peladura por Intemperismo y Desprendimiento de Agregados – Alta Severidad**

## **02. CURVAS DE VALORES DE DEDUCCIÓN**

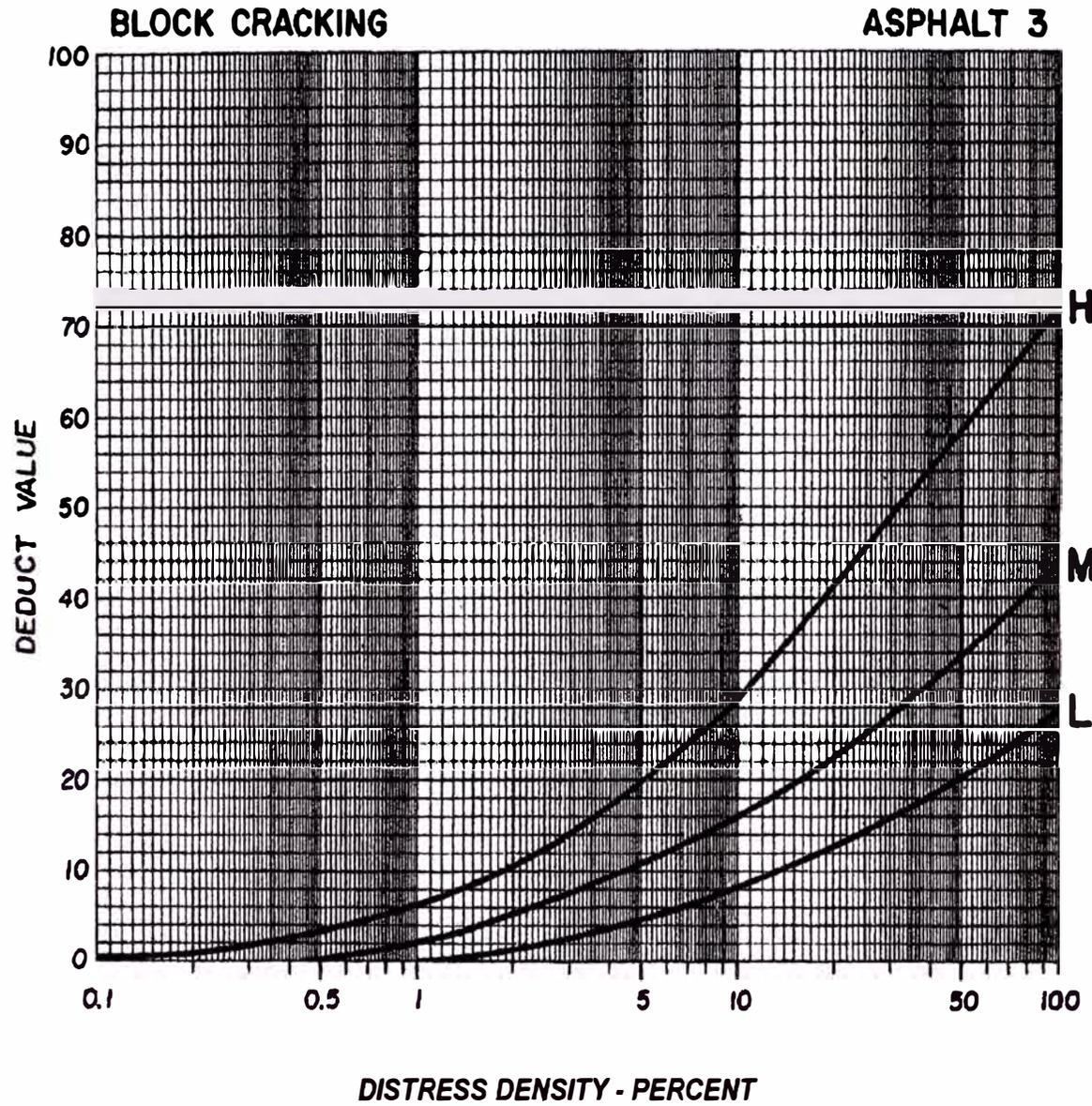
# 1. Curva de Valor de Deducción para Piel de Cocodrilo



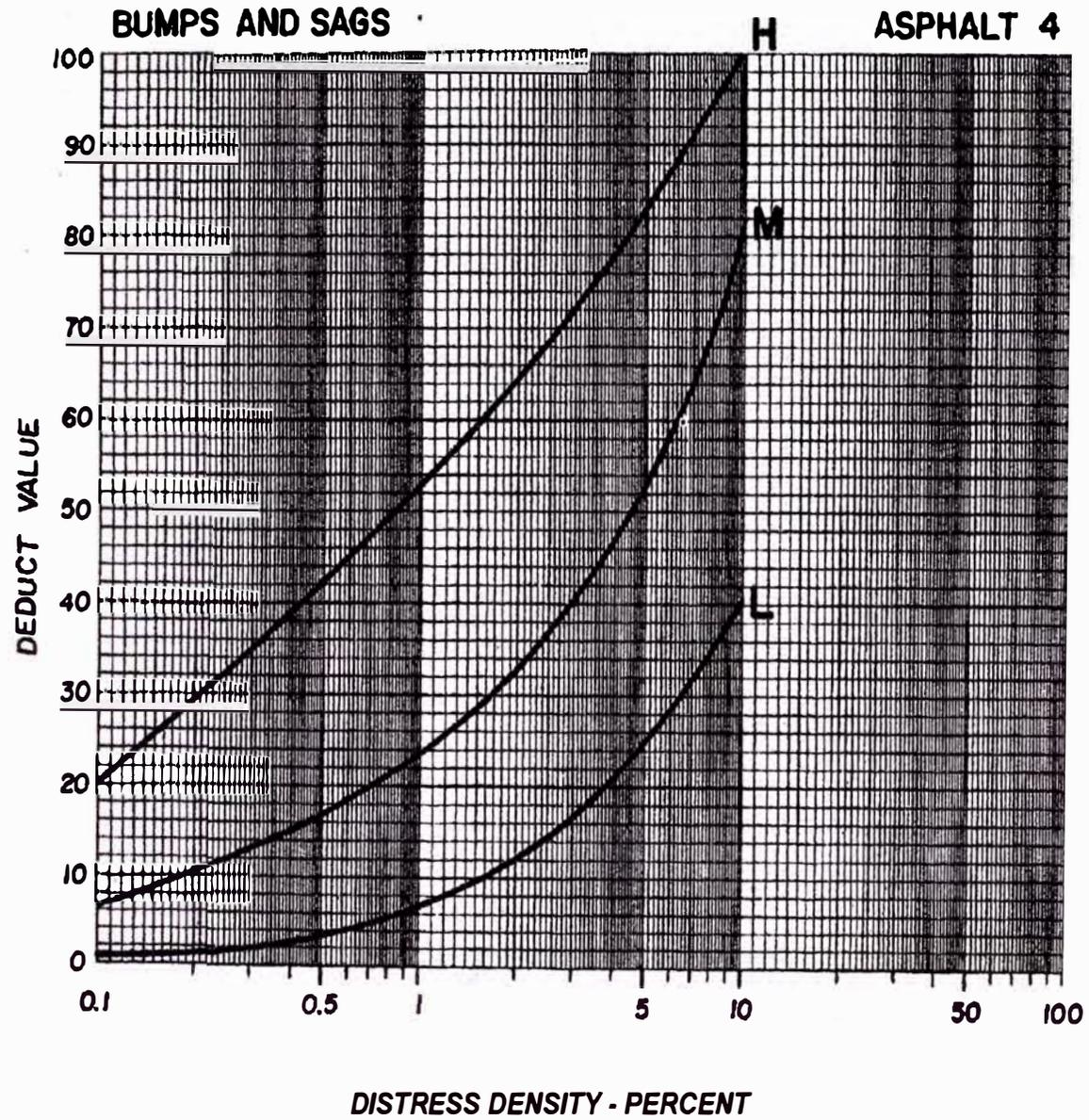
## 2. Curva de Valor de Deducción para Exudación



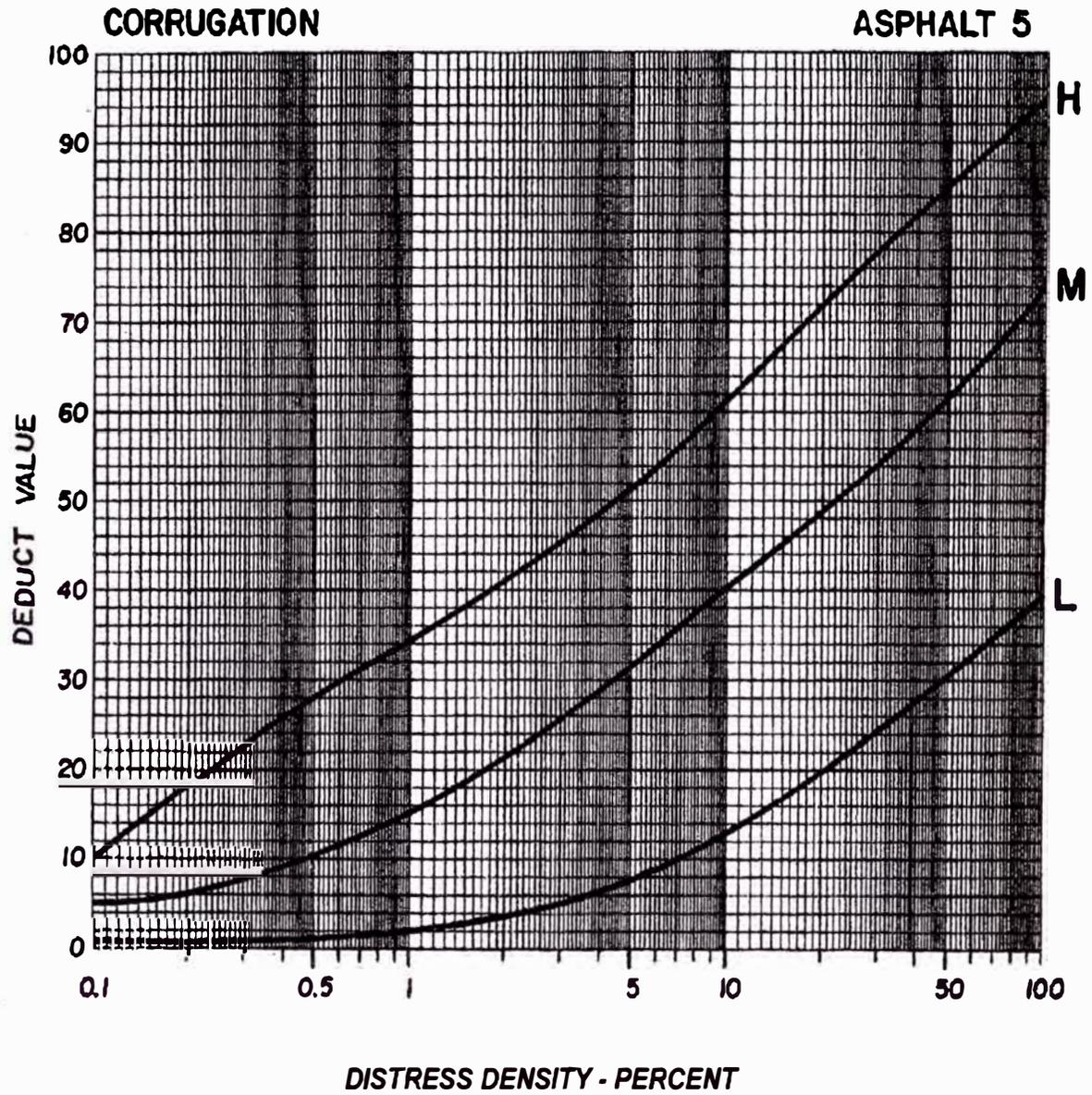
### 3. Curva de Valor de Deducción para Fisuras de Bloque



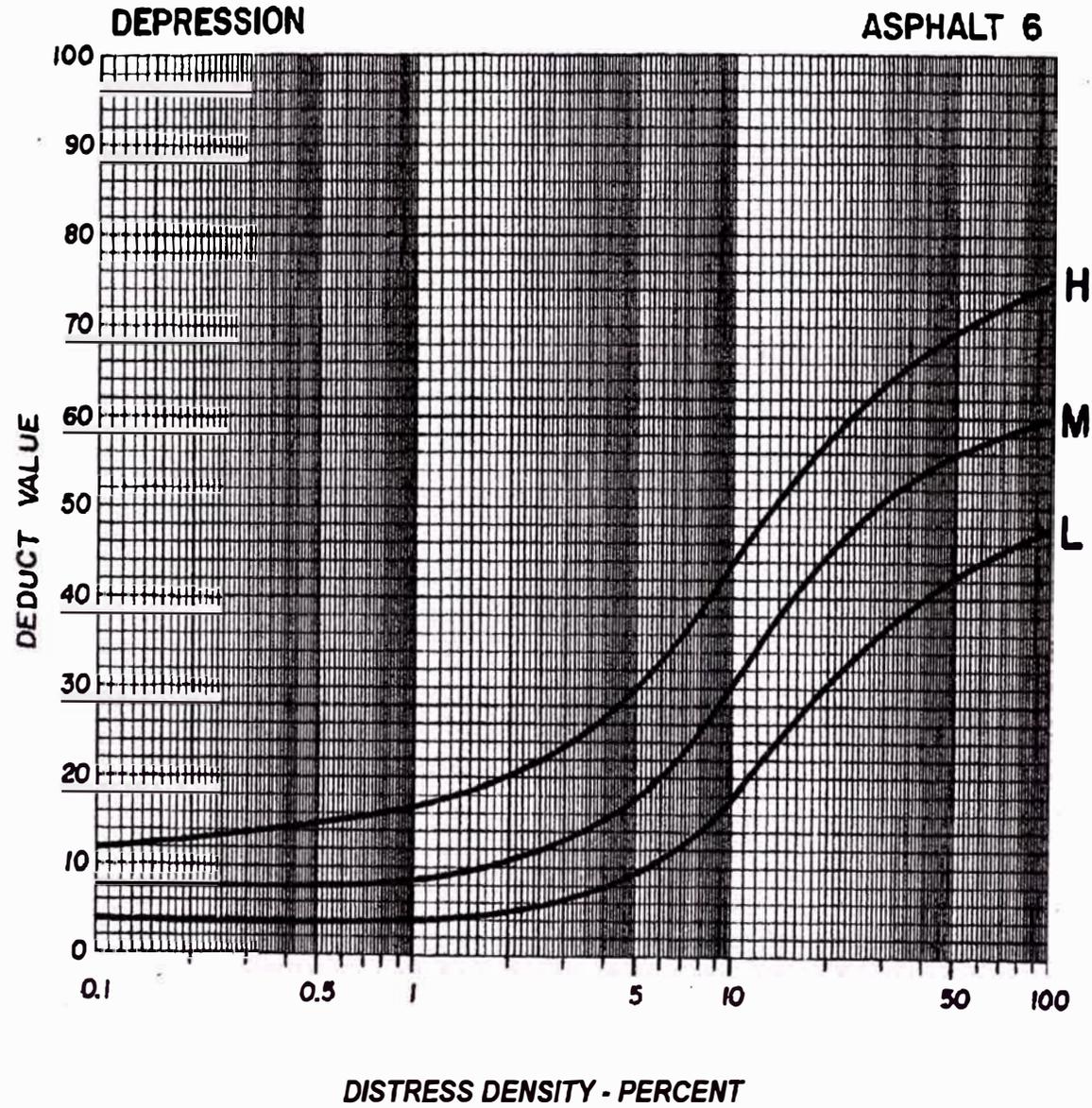
#### 4. Curva de Valor de Deducción para Abultamientos y Hundimientos



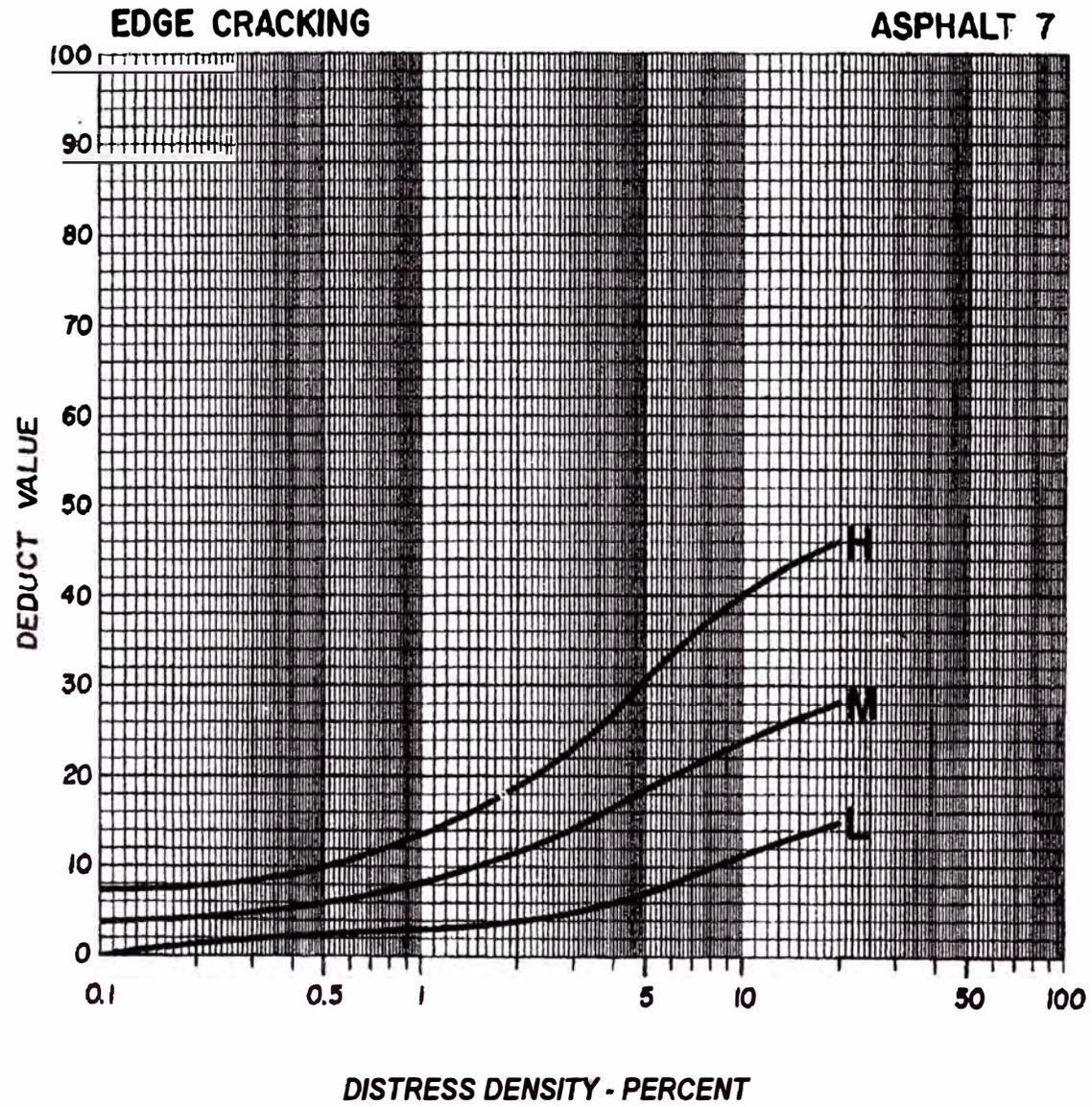
### 5. Curva de Valor de Deducción para Corrugación



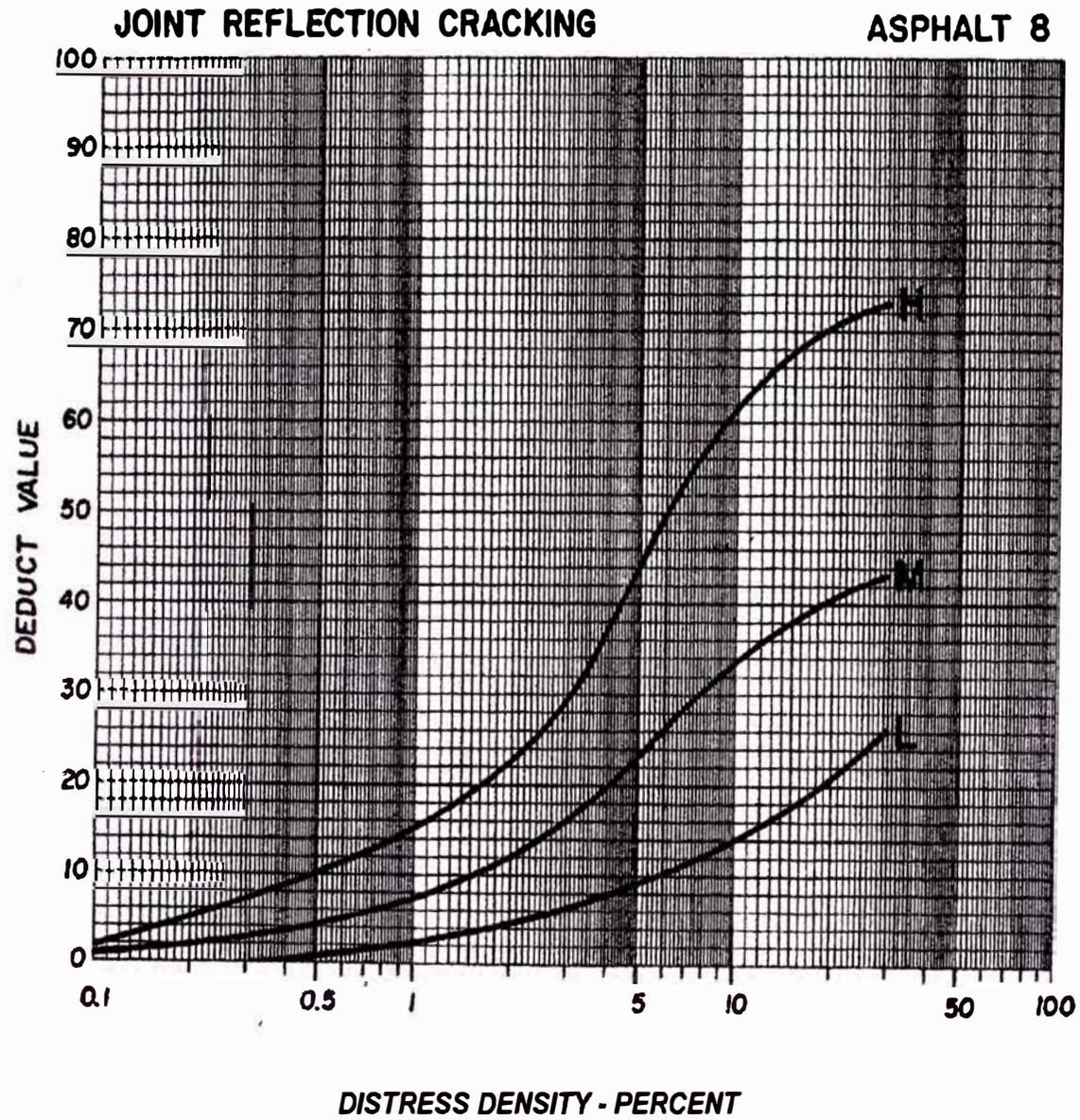
6. Curva de Valor de Deducción para Depresión



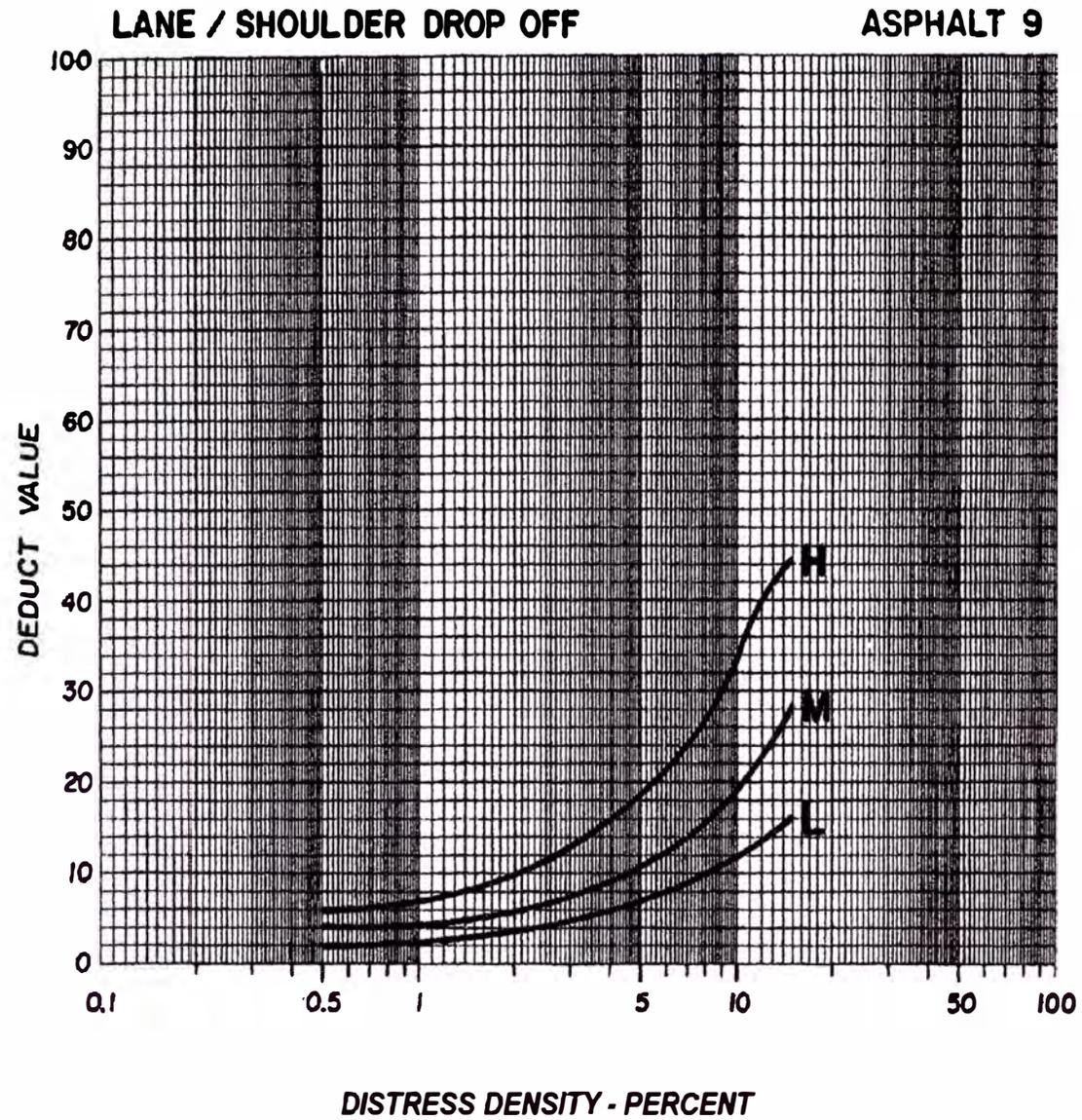
# 7. Curva de Valor de Deducción para Fisura de Borde



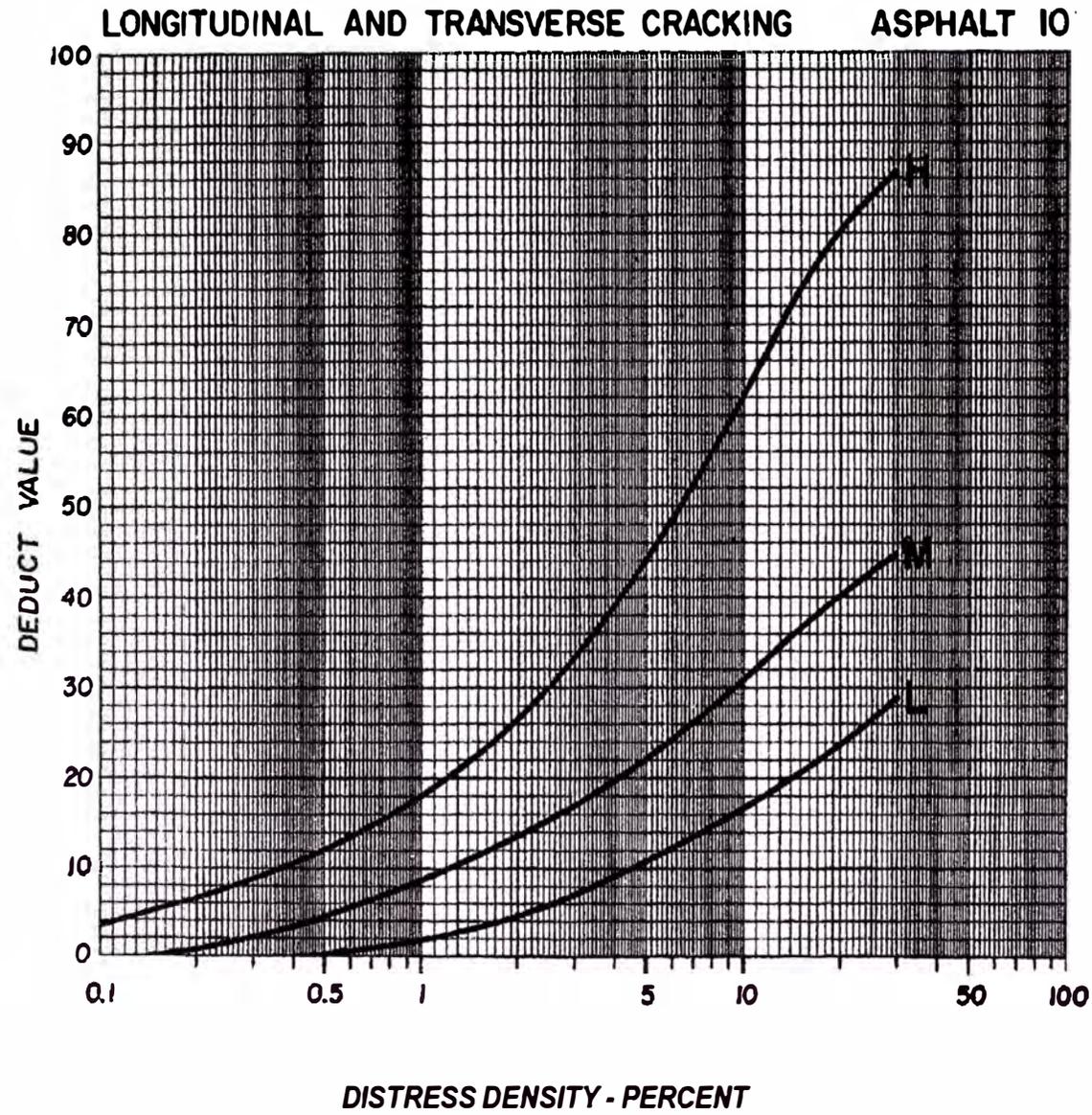
8. Curva de Valor de Deducción para Fisuras de Reflexión de Juntas



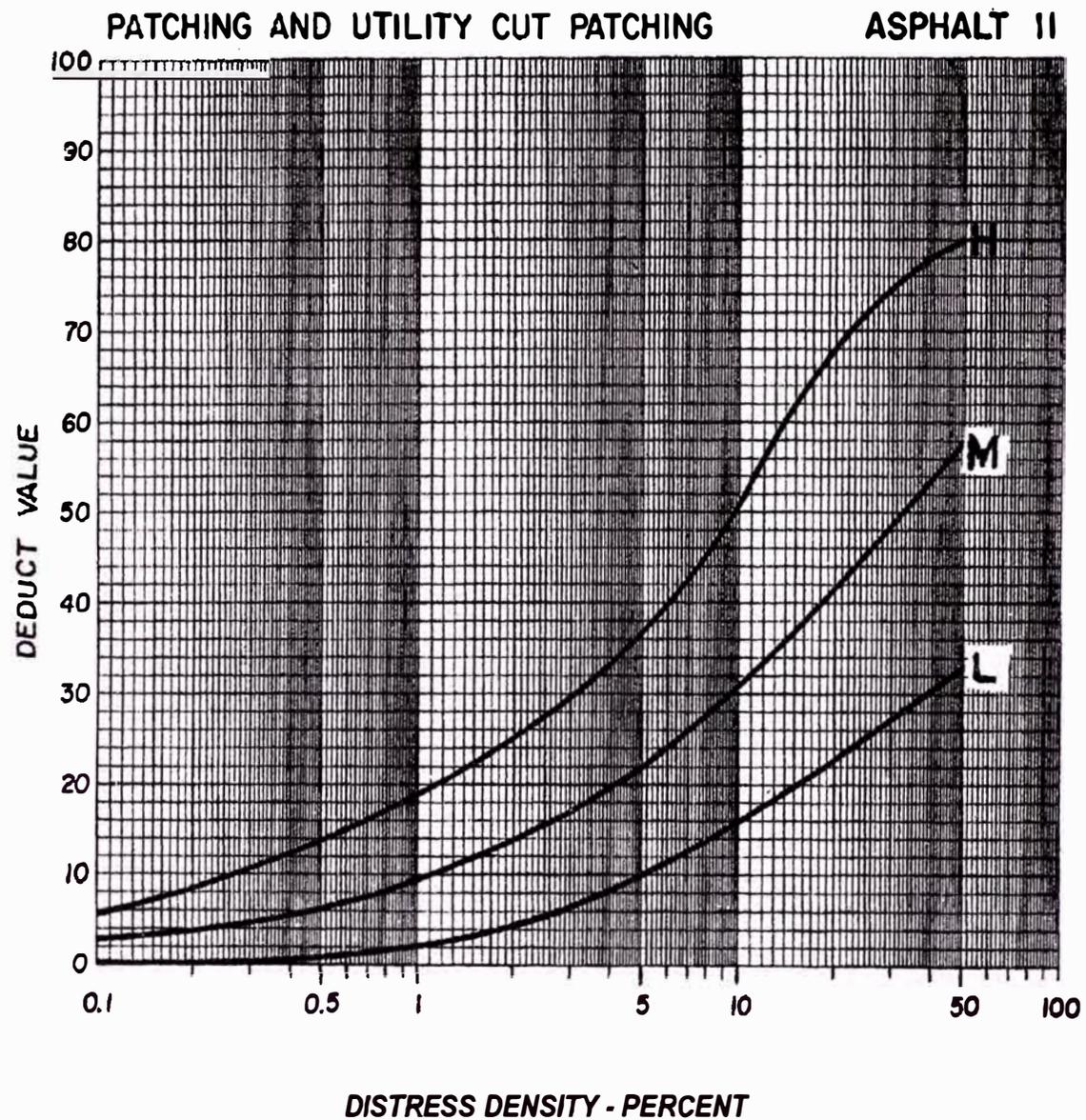
### 9. Curva de Valor de Deducción para Desnivel – Carril/Berma



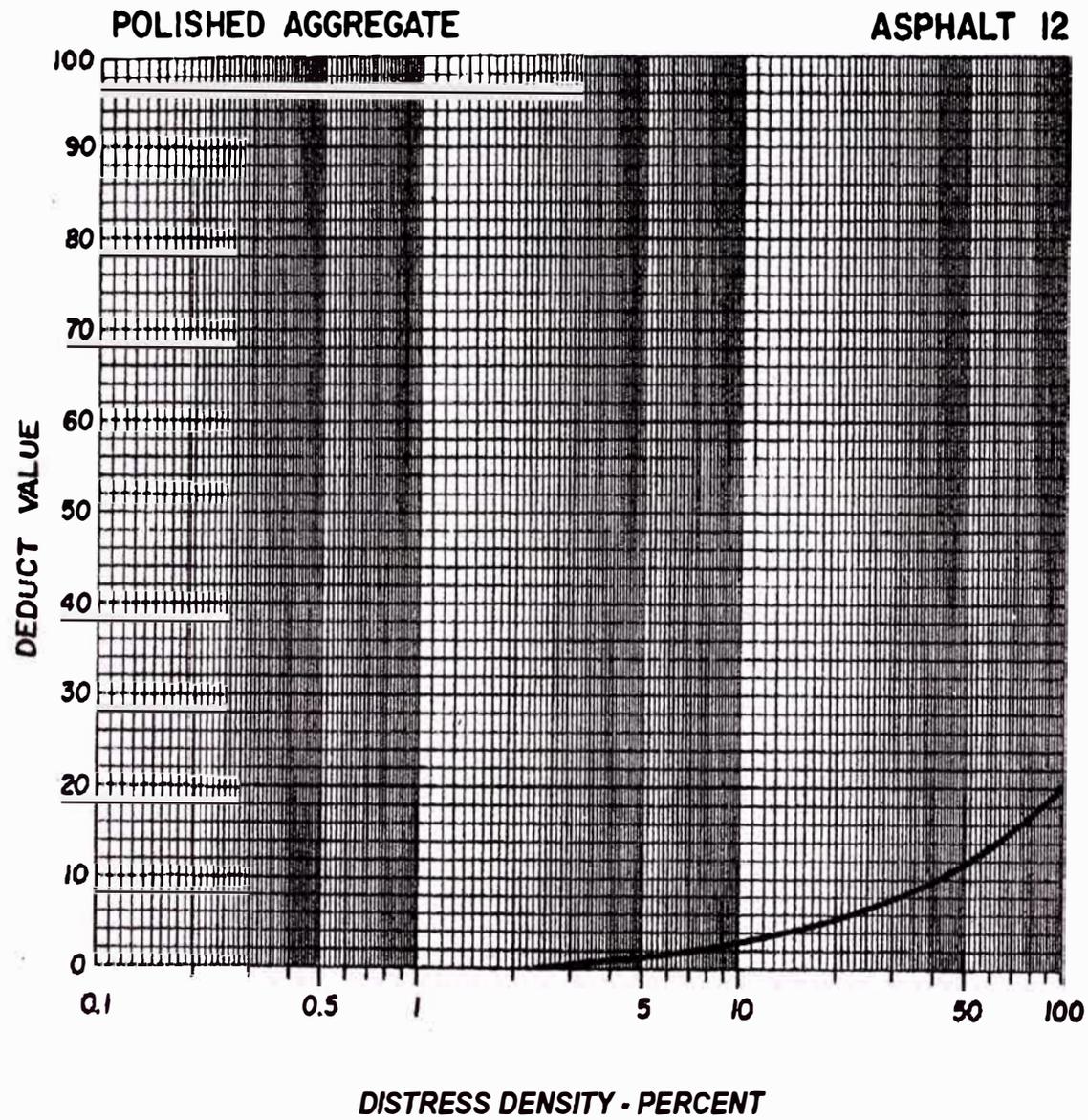
# 10. Curva de Valor de Deducción para Fisuras Longitudinales y Transversales



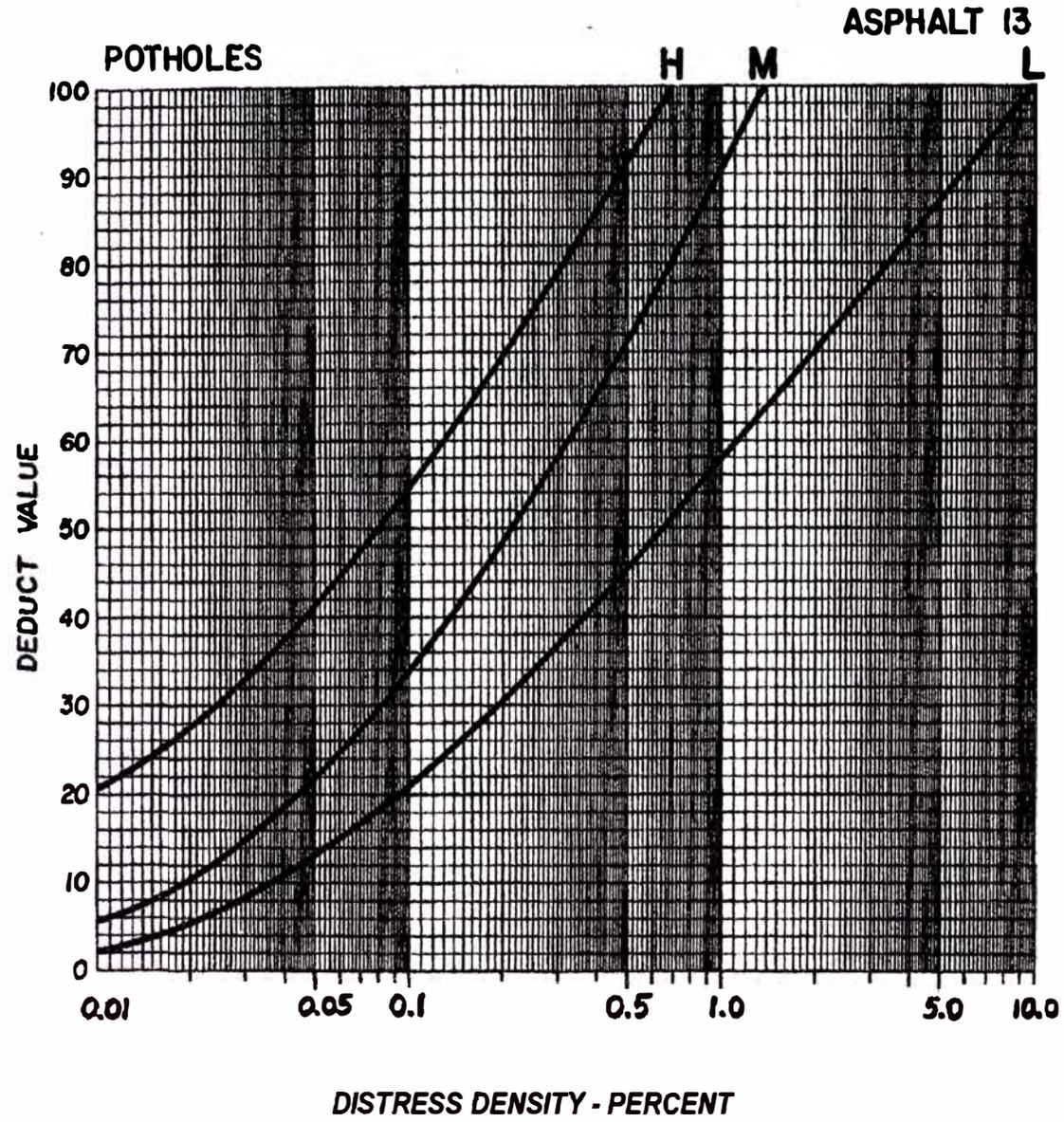
# 11. Curva de Valor de Deducción para Parches y Parches de Cortes Utilitarios



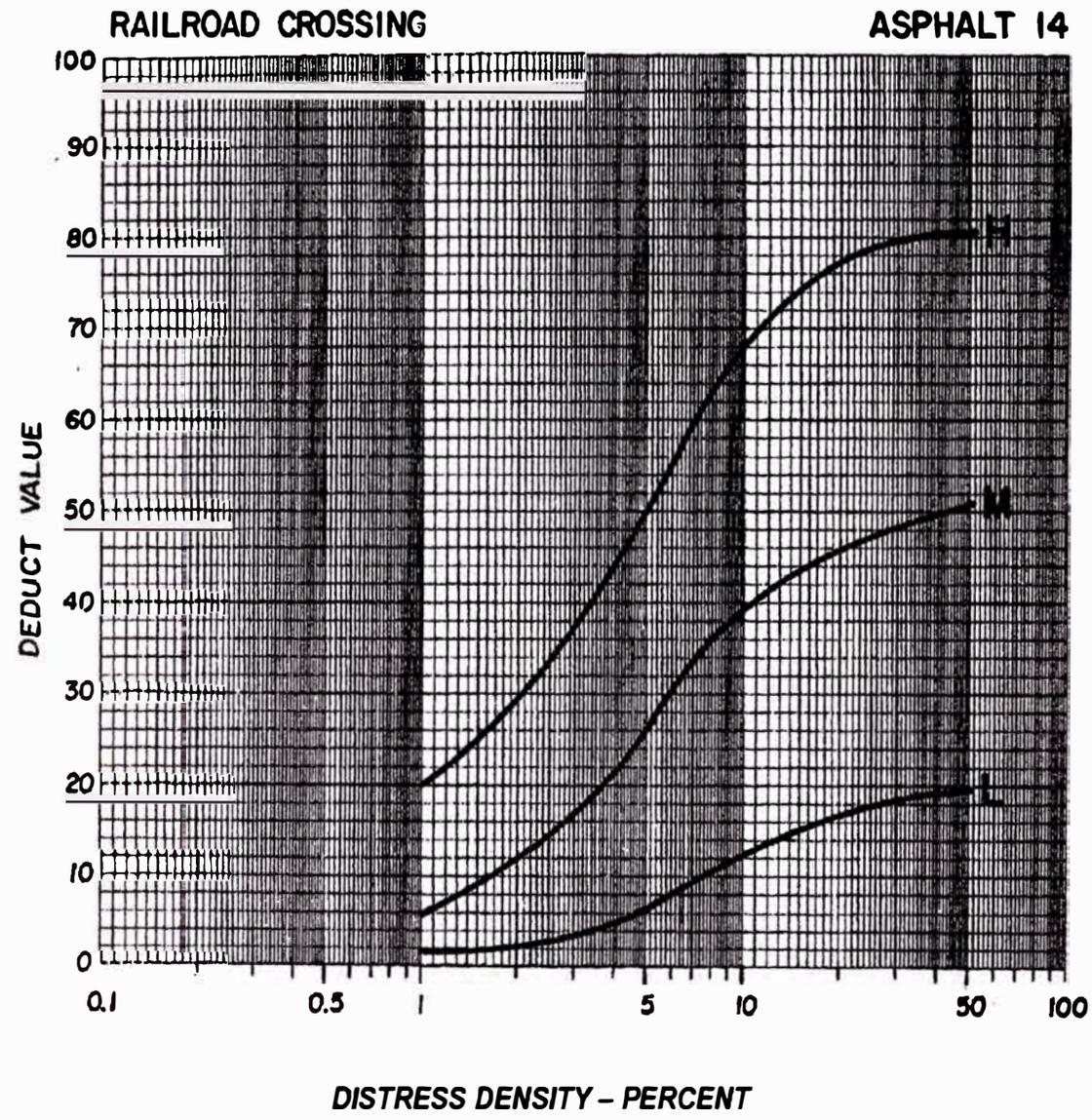
## 12. Curva de Valor de Deducción para Agregado Pulido



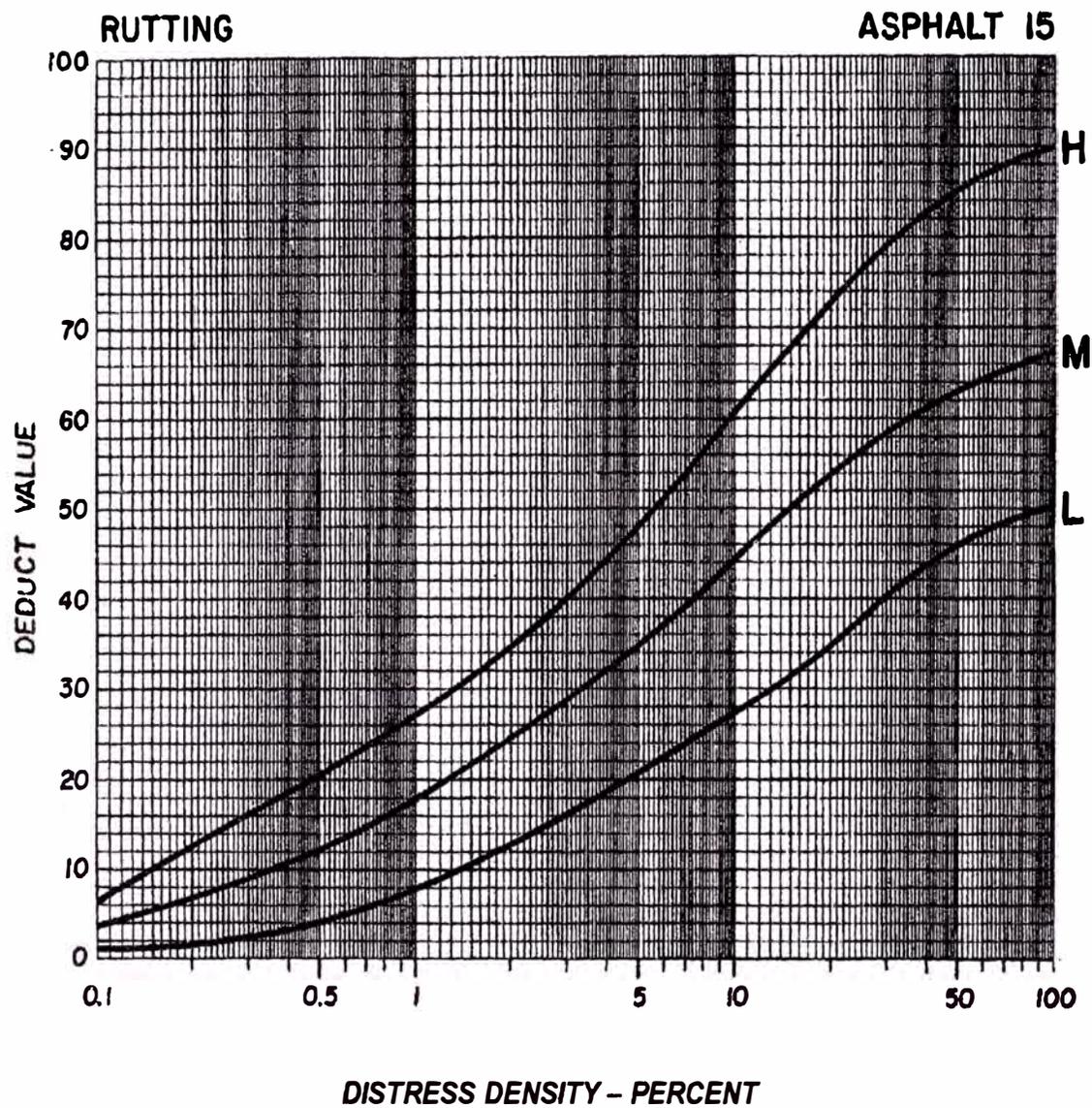
### 13. Curva de Valor de Deducción para Baches



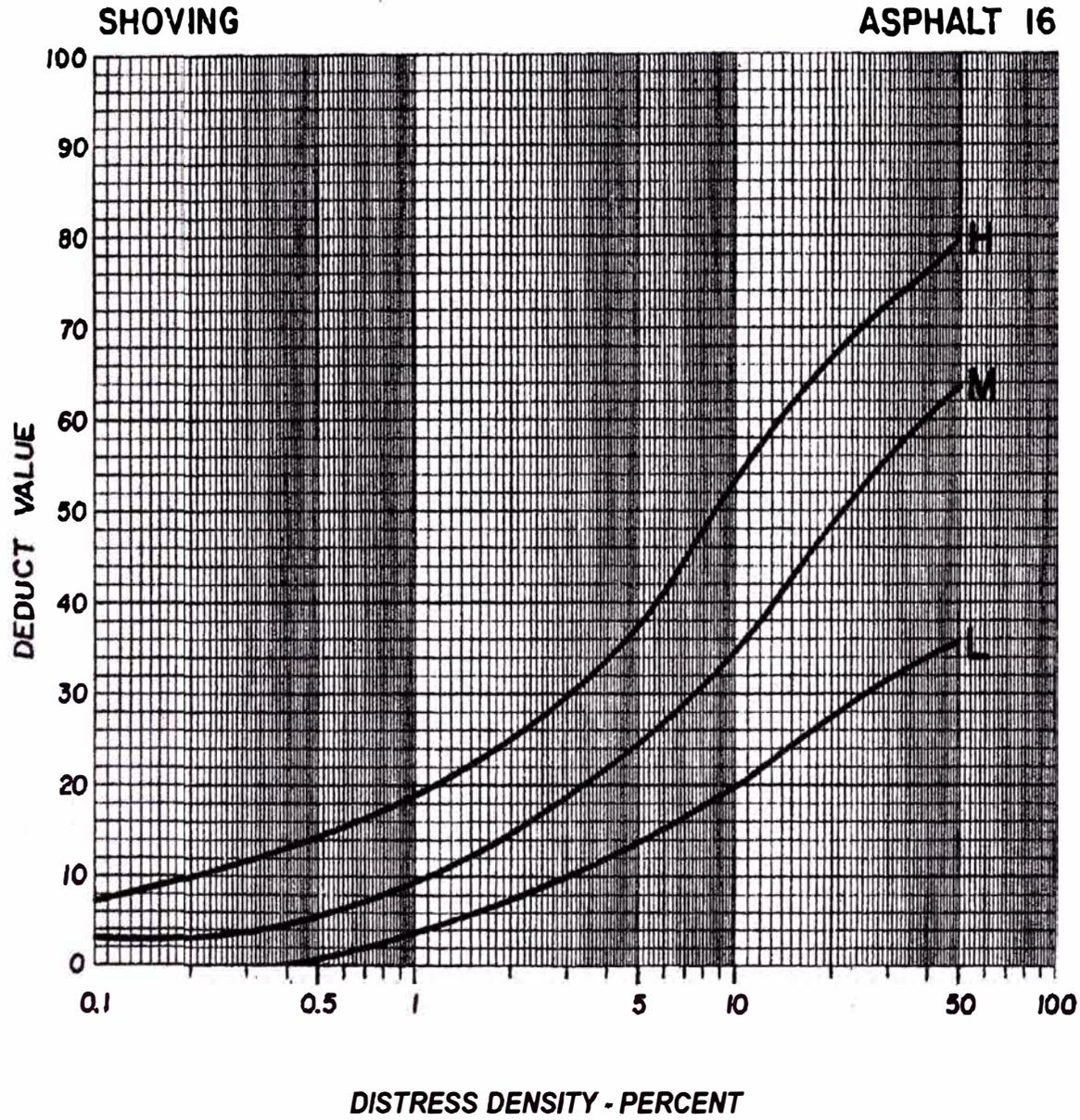
14. Curva de Valor de Deducción para Cruce de Vía Férrea



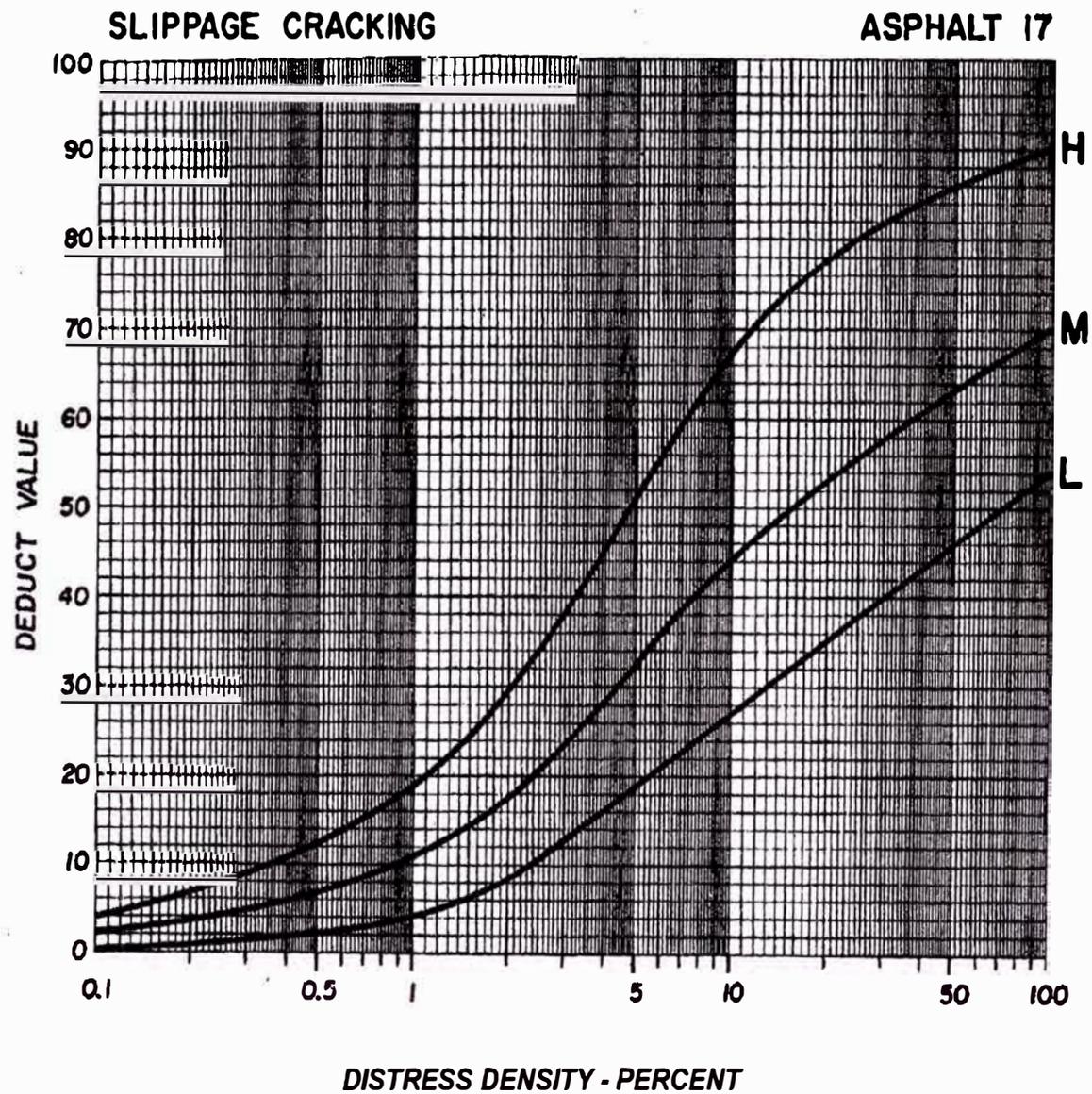
# 15. Curva de Valor de Deducción para Ahuellamiento



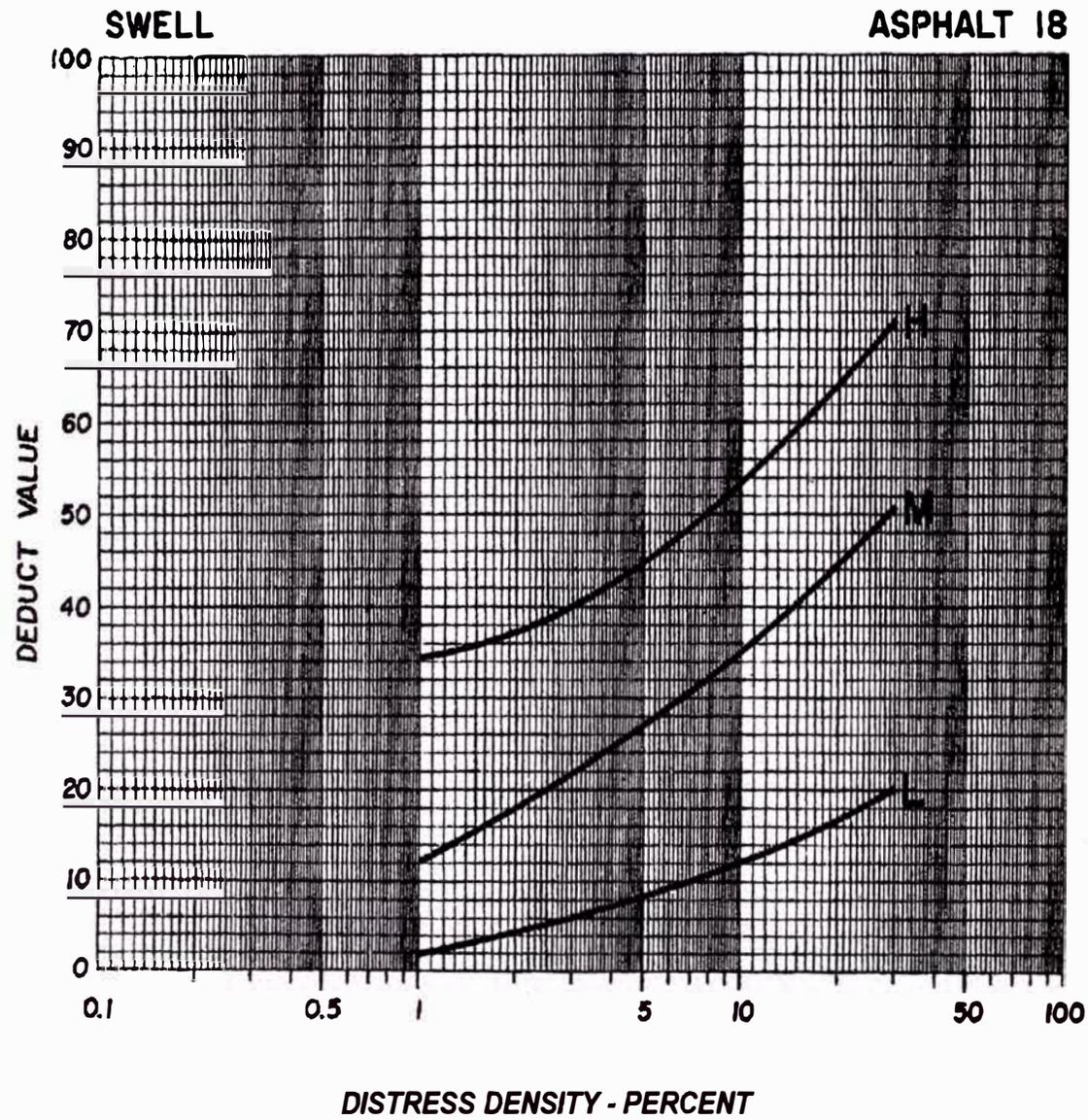
16. Curva de Valor de Deducción para Desplazamiento



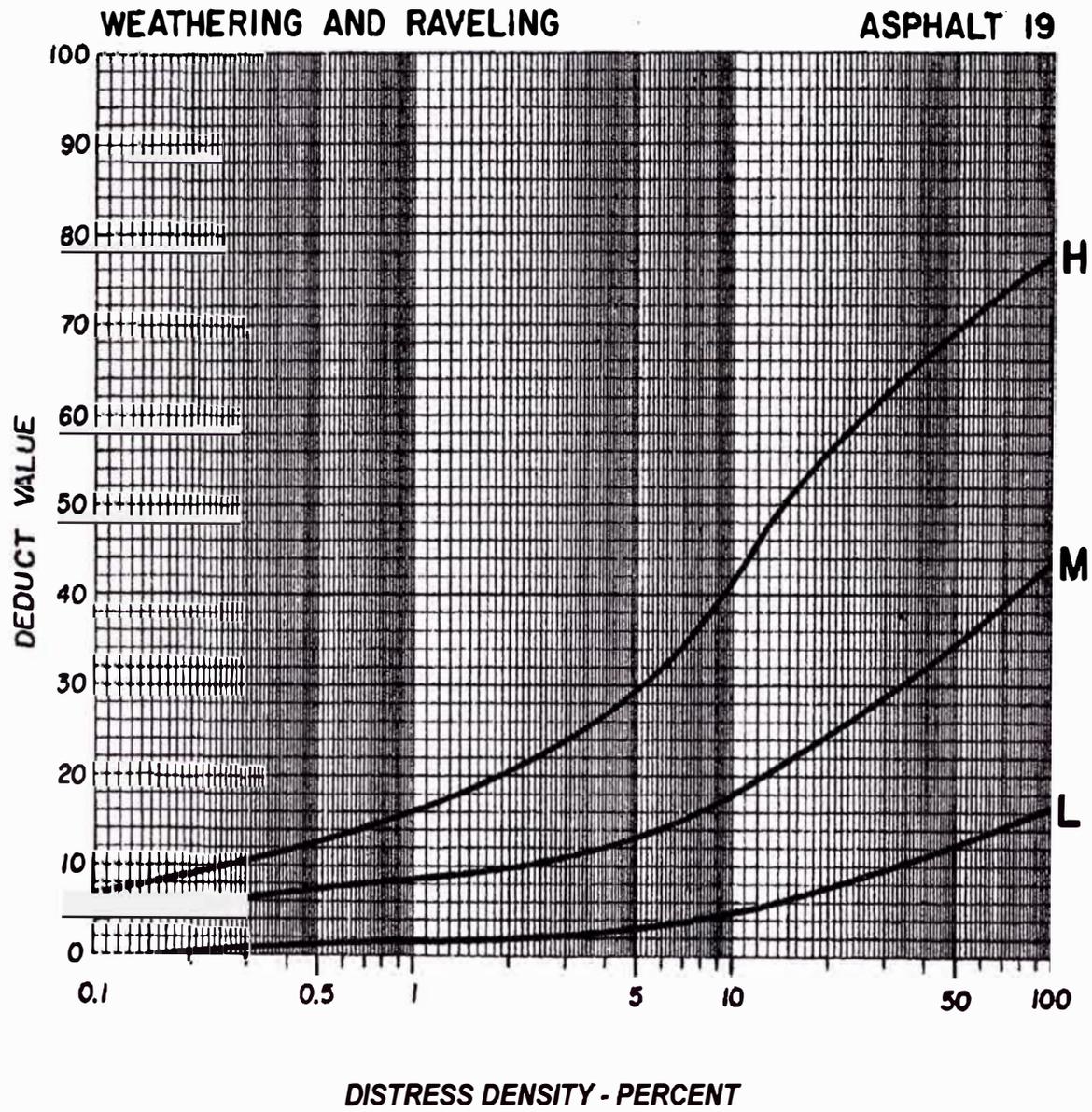
17. Curva de Valor de Deducción para Fisura Parabólica



# 18. Curva de Valor de Deducción para Hinchamiento

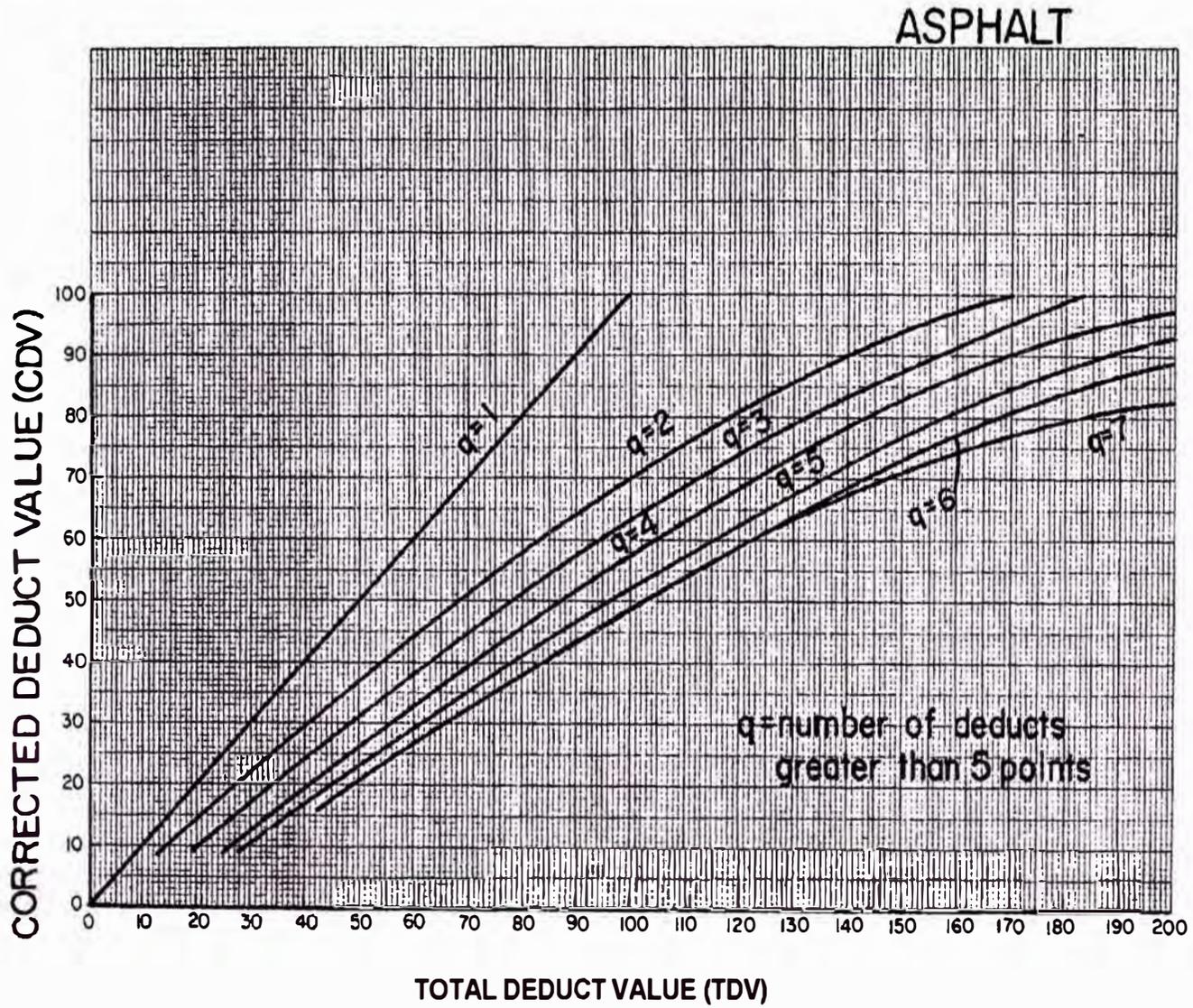


# 19. Curva de Valor de Deducción para Peladura y Desprendimiento



### **03. CURVA DE CORRECCIÓN DE VALOR DEDUCIDO**

Curva de Corrección del Valor Deducido para Concreto Asfáltico



## **04. PANEL FOTOGRÁFICO**



**Ahuellamiento – zona de traslape**



**Medida del ahuellamiento**



**Exudación con severidad leve**



**Hundimiento y grietas transversales**



**Hundimiento**



**Alcantarilla subestándar**



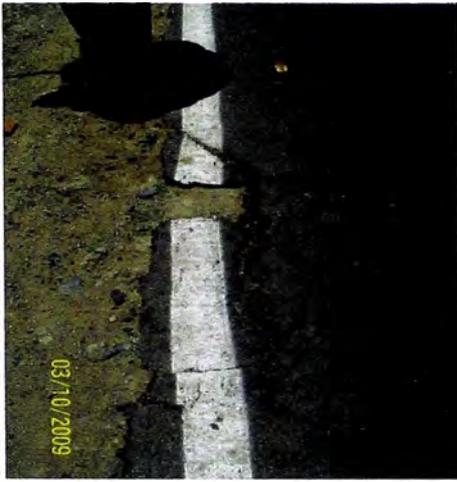
**Hundimiento - Grietas transversales**



**Rasguño en el pavimento**



**Desprendimiento de la capa de Slurry Seal**



**Grietas de borde y desprendimiento del Slurry Seal**



**Huella de llanta bicicleta**



**Huellas de pisadas**



**Medida del tamaño de las pisadas**



**Huecos en el pavimento**



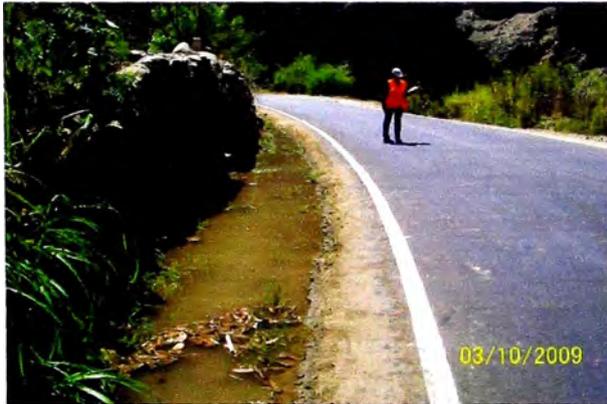
**Rasguño en el pavimento**



**Falta de protección de alcantarillas**



**Salida de alcantarilla muy cercana a la vía**



**Estancamiento de agua al lado de la carretera**



**Zona de berma, cultivo y cuneta no revestida**



**Presencia de pedrecillas sobre el pavimento**

## **05. REGISTROS DE DATOS DE CAMPO**

**Km. 59+000 – Km. 64+000**











## **06. RESULTADOS DE LA HOJA DE CÁLCULO**

TIPO DE DETERIORO REGISTRADO - DATOS DE ENTRADA EN LA HOJA DE CÁLCULO

DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE LA CONDICIÓN DEL PAVIMENTO ( PCI )  
 { Pavimentos Flexibles }  
 ( ASTM D 6433 )

PROYECTO EVALUACIÓN SUPERFICIAL DE LA CARRETERA CAÑETE - YAUYOS - CHUPACA TRAMO KM. 59+000 - KM. 64+000

TRAMO	I
CARRIL	AMBOS
FECHA	03/10/2009

ANCHO SUPERFICIE DE RODADURA (m)	4.80
ANCHO PROMEDIO DE CARRIL (m)	2.40
LONGITUD DE LA MUESTRA (m)	1000.00

PROGRESIVA		AREA	Severidad	TIPO DE DETERIORO REGISTRADO																VDT	VDC	PCI	CONDICIÓN DEL PAVIMENTO		
Del Km	Al Km	m <sup>2</sup>		Piel de cocodrilo	Emulsión	A grietas abiertas en bloque	Abultamientos y hundimientos	Corrugación	Depresión	Grietas de borde	Grietas de reflexión de junta	Desnivel carril / berma	Grietas longitudinales y transversales	Pavimento de agregados	Huecos	Cracks de vía férrea	Ahuellamiento	Desplazamiento	Grietas parabólicas (slippage)					Hinchamiento	Desprendimiento de agregados
1	2	3		4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19						
59+000	60+000	4800.00	L M H		21.0		4.2					3.0 8.6			9.0		3.6	15.5			2.2	8	8	92	EXCELENTE
60+000	61+000	4800.00	L M H		3.6				4.2	1.1		4.8 3.0			16.0		3.2					15	15	85	MUY BUENO
61+000	62+000	4800.00	L M H							1.8					1.0							2	0	100	EXCELENTE
62+000	63+000	4800.00	L M H		13.9					2.1					31.0 3.0							22	17	83	MUY BUENO
63+000	64+000	4800.00	L M H							0.9 3.6		9.6			4.0							2	0	100	EXCELENTE

**DENSIDAD DE FALLAS - DATOS PROCESADOS POR LA HOJA DE CÁLCULO**

**DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE LA CONDICIÓN DEL PAVIMENTO ( PCI )  
{ Pavimentos Flexibles }  
( ASTM D 6433 )**

PROYECTO: EVALUACIÓN SUPERFICIAL DE LA CARRETERA CAÑETE - YAUYOS - CHUPACA TRAMO KM. 59+000 - KM. 64+000  
 TRAMO: I  
 CARRIL: AMBOS  
 FECHA: 03/10/2009

4.80
2.40
1000.00

PROGRESIVA		AREA m <sup>2</sup>	Severidad	DENSIDAD AFECTADA POR LA FALLA																			VDI	VDC	PCI	CONDICIÓN DEL PAVIMENTO
Del Km	Al Km			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19				
59+000	60+000	4800.00	L M H		0.44		0.09					0.06 0.18			0.19		0.08	0.32			0.05	8	8	92	EXCELENTE	
60+000	61+000	4800.00	L M H		0.08				0.09	0.02		0.10 0.06			0.33		0.07					15	15	85	MUY BUENO	
61+000	62+000	4800.00	L M H							0.04					0.02							2	0	100	EXCELENTE	
62+000	63+000	4800.00	L M H		0.29					0.04					0.65 0.06							22	17	83	MUY BUENO	
63+000	64+000	4800.00	L M H							0.02 0.08		0.20			0.08							2	0	100	EXCELENTE	

VALORES DE DEDUCCIÓN - DATOS PROCESADOS POR LA HOJA DE CÁLCULO

DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE LA CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI)  
 { Pavimentos Flexibles }  
 ( ASTM D 6433 )

PROYECTO EVALUACIÓN SUPERFICIAL DE LA CARRETERA CAÑETE - YAUYOS - CHUPACA TRAMO KM. 59+000 - KM. 64+000

TRAMO I  
 CARRIL AMBOS  
 FECHA 03/10/2009

4.80  
 2.40  
 1000.00

PROGRESIVA		AREA	Severidad	VALOR DE DEDUCCION POR TIPO DE FALLA																VDT	VDC	PCI	CONDICIÓN DEL PAVIMENTO			
Del Km	Al Km	m²		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16					17	18	19
59+000	60+000	4800.00	L M H		0		0					0			6		1	1			0	8	8	92	EXCELENTE	
60+000	61+000	4800.00	L M H		0			4	0			0			10		1					15	15	85	MUY BUENO	
61+000	62+000	4800.00	L M H						0						2							2	0	100	EXCELENTE	
62+000	63+000	4800.00	L M H		0					0					16							22	17	83	MUY BUENO	
63+000	64+000	4800.00	L M H							0			0		2							2	0	100	EXCELENTE	

## RESULTADOS PCI DEL TRAMO EN ESTUDIO

