

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL**



**EVALUACIÓN SUPERFICIAL DE LA CARRETERA  
CAÑETE - YAUYOS - CHUPACA CON EL MÉTODO DEL PCI  
TRAMO KM 79+000 - KM 84+000**

**INFORME DE SUFICIENCIA**

**Para optar el Título Profesional de:**

**INGENIERO CIVIL**

**JUAN JOSÉ RIVERA TORRES**

**Lima- Perú**

**2009**

## ÍNDICE

ÍNDICE	01
RESUMEN	04
LISTA DE CUADROS	05
LISTA DE FIGURAS Y FOTOGRAFÍAS	06
LISTA DE SÍMBOLOS Y SIGLAS	07
INTRODUCCIÓN	08

### **CAPITULO 1 : GENERALIDADES**

1.1 ANTECEDENTES DE LA CARRETERA	09
1.2 UBICACIÓN	11
1.3 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	11
1.4 CLIMA Y TOPOGRAFÍA	13
1.5 ESTUDIO DE TRÁFICO	13
1.6 DESCRIPCIÓN DEL TRAMO EVALUADO KM 79+000 - KM 84+000	14
1.6.1 Ubicación	14
1.6.2 Clima y Topografía	15
1.6.3 Estudio de Suelos	15
1.6.4 Estudio de Tráfico	18
1.6.5 Estructura del Pavimento	18

### **CAPITULO 2 : ESTADO DEL ARTE**

2.1 ANTECEDENTES DEL ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO	23
2.2 APLICACIÓN DEL MÉTODO EN EL PERÚ	24

### **CAPITULO 3 : MARCO TEÓRICO**

3.1 EVALUACIÓN SUPERFICIAL	25
3.2 MÉTODO DE EVALUACIÓN DEL PAVIMENTO PCI	26
3.2.1 Ecuación del PCI	27
3.2.2 Escala de Valores del PCI	27

---

3.2.3	Procedimiento de Evaluación de Pavimentos	29
3.2.4	Tipos de fallas	36
3.3	CAUSAS QUE ORIGINAN FALLAS EN EL PAVIMENTO	37
3.3.1	Tráfico de diseño	37
3.3.2	Proceso constructivo	38
3.3.3	Deficiencias del proyecto	38
3.3.4	Factores ambientales	38
3.4	CATÁLOGO DE FALLAS Y CAUSAS PRINCIPALES DE DETERIORO	38

#### **CAPITULO 4 : APLICACIÓN DEL MÉTODO AL TRAMO KM 79+000 AL KM 84+000**

4.1	PLANIFICACIÓN DEL TRABAJO	39
4.2	TRABAJO DE CAMPO	40
4.2.1	Fallas encontradas	40
4.2.2	Identificación y metrado de fallas	45
4.2.3	Causas y mantenimiento sugerido de fallas encontradas	46

#### **CAPITULO 5 : ANÁLISIS Y RESULTADOS**

5.1	PROCESAMIENTO DE DATOS	47
5.1.1	Calculo del PCI del Km 79 al Km 80	47
5.1.2	Calculo del PCI del Km 80 al Km 81	48
5.1.3	Calculo del PCI del Km 81 al Km 82	48
5.1.4	Calculo del PCI del Km 82 al Km 83	49
5.1.5	Calculo del PCI del Km 83 al Km 84	50
5.2	RESUMEN DE EVALUACIÓN SUPERFICIAL - METODO PCI DEL TRAMO	52
5.3	GRÁFICO DE VALORES DEL PCI	53
5.4	CÁLCULO DEL PCI	54
5.5	INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	54

CONCLUSIONES	55
RECOMENDACIONES	57
BIBLIOGRAFÍA	58
ANEXOS	59



## RESUMEN

La importancia de mejorar las vías de integración de corredores económicos, con el fin de elevar el nivel de competitividad de las zonas rurales, hace necesario ofrecer una red en buenas condiciones de transitabilidad, para ello debemos evitar el deterioro prematuro de las vías mediante intervenciones rutinarias y periódicas de manera oportuna.

EL presente estudio consiste en la evaluación superficial de la carretera Cañete - Yauyos - Chupaca comprendido entre el Km 79+000 al Km 84+000 aplicando el método del índice de condición del pavimento (PCI), desarrollado por el Centro de Ingeniería de la Fuerza Aérea de los Estados Unidos, con este método determinaremos el estado en que se encuentra el pavimento de dicha vía.

El monitoreo continuo del PCI es usado para establecer la tasa de deterioro del pavimento, que permite una identificación prematura sobre la necesidad de una rehabilitación.

La evaluación superficial se efectuará sobre un tratamiento superficial monocapa, y se determinarán las fallas que se presentan en este tipo de alternativa de recubrimiento bituminoso, esta evaluación se realizará a 7 meses de la rehabilitación en dicho sector.

## LISTA DE CUADROS

CUADRO 1.1: Estudio del tráfico	13
CUADRO 1.2: Ensayos del Suelo	18
CUADRO 3.1: Formato de Iteración del cálculo de VDC	35
CUADRO 3.2: Catálogo de fallas consideradas por el PCI	36
CUADRO 3.3: Fallas y causas en pavimentos	37
CUADRO 3.4: Catálogo de Fallas y causas	38
CUADRO 4.1: Fallas del tramo en estudio	45
CUADRO 4.2: Causa de Fallas encontradas y mantenimiento	46
CUADRO 5.1: Valor de Deducción Total del Km 79+000 al 80+000	47
CUADRO 5.2: Valor de Deducción Total del Km 80+000 al 81+000	48
CUADRO 5.3: Valor de Deducción Total del Km 81+000 al 82+000	48
CUADRO 5.4: Valor de Deducción Total del Km 82+000 al 83+000	49
CUADRO 5.5: Iteración para hallar el VDC del Km 82+000 al Km 83+000	50
CUADRO 5.6: Valor de Deducción Total del Km 83+000 al 84+000	50
CUADRO 5.7: Iteración para hallar el VDC del Km 83+000 al Km 84+000	51
CUADRO 5.8: Resumen del valor del PCI por Km	52

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1.1: Plano de la carretera Cañete - Yauyos – Chupaca	12
FIGURA 1.2: Ubicación del tramo en Estudio	15
FIGURA 1.3: Estratigrafía del suelo	17
FIGURA 1.4: Estructura del pavimento de la zona en estudio	18
FIGURA 1.5: Fases de material granular de la monocapa	21
FIGURA 3.1: Escala de valores PCI	27
FIGURA 3.2: Formato de inspección de campo	29
FIGURA 5.1: Grafico de variación del valor de PCI por Km	53

## LISTA DE FOTOGRAFÍAS

FOTOGRAFÍA 1.1: Estabilización de material granular con emulsión	20
FOTOGRAFÍA 1.2: Colocación de gravilla sobre asfalto diluido Km 86+000	22
FOTOGRAFÍA 1.3: Compactación de monocapa	22
FOTOGRAFÍA 4.1: Exudación en tratamiento superficial monocapa	41
FOTOGRAFÍA 4.2: Grietas piel de cocodrilo	41
FOTOGRAFÍA 4.3: Depresiones	42
FOTOGRAFÍA 4.4: Grietas de borde	43
FOTOGRAFÍA 4.5: Zanja reparada	43
FOTOGRAFÍA 4.5: Disgregación y desintegración	44

## LISTA DE SÍMBOLOS Y SIGLAS

<b>PCI</b>	Pavement Condition Index (Índice de Condición del Pavimento)
<b>AASHTO</b>	American Association of State Highway and Transportation Officials
<b>SUCS</b>	Sistema Unificado de Clasificación de Suelos
<b>MTC</b>	Ministerio de Transportes y Comunicaciones
<b>TSM</b>	Tratamiento Superficial Monocapa
<b>EE</b>	Eje Equivalente
<b>CBR</b>	California Bearing Ratio
<b>VDC</b>	Valor de Deducción Corregido.
<b>VDT</b>	Valor de Deducción Total
<b><math>a_i</math></b>	Coefficiente estructural de la capa "i"
<b><math>D_i</math></b>	Espesor de la capa "i"
<b><math>m_i</math></b>	Coefficiente de drenaje de la capa gradual "i"
<b>N.T.P.</b>	Norma Técnica Peruana
<b>A.S.T.M.</b>	American Society for Testing and Materials
<b>%W</b>	Contenido de Humedad
<b>M.D.S.</b>	Máxima Densidad Seca
<b>O.C.H.</b>	Óptimo Contenido de Humedad
<b>I.R.I.</b>	Índice de Rugosidad Internacional
<b>CONREVAL</b>	Consortio de Rehabilitación Vial

## INTRODUCCIÓN

La evaluación superficial es un proceso que se realiza a todas las carreteras para determinar la condición en la que se encuentran. El método que se aplicará en el presente estudio es el índice de condición del pavimento (PCI), el cual permite una evaluación completa ya que evalúa el pavimento de manera cualitativa y cuantitativa. Con ello se obtendrá un criterio racional para determinar necesidades de mantenimiento oportuno.

El objetivo general es desarrollar la evaluación superficial del tramo comprendido entre el Km 79+000 al Km 84+000 de la carretera Cañete - Yauyos - Chupaca, aplicando el Índice de condición del pavimento (PCI), para un pavimento con tratamiento superficial monocapa, y determinar la condición que se encuentra.

El objetivo específico es identificar los tipos de falla que se presentan en este tipo de recubrimiento bituminoso, así como su magnitud y severidad. Además de obtener datos confiables para poder realizar una correcta evaluación.

El presente trabajo, cuenta con cinco capítulos, además de las conclusiones recomendaciones y sus respectivos anexos.

En el capítulo 1 (Generalidades), se hace una exposición en forma general de las características de la zona en estudio, y también de las particularidades que presenta el tramo a evaluar.

En el capítulo 2 (Estado del Arte), se presentan la evolución del método a aplicar (PCI) y su aplicación en nuestro país.

En el capítulo 3 (Marco Teórico), se presentan los conceptos básicos que se consideran importantes para el desarrollo del método.

En el capítulo 4 (Aplicación del método al tramo Km 79+000 al Km 84+000), se describe el proceso que se utilizó para la obtención de datos, desde la planificación hasta el trabajo de campo, para obtener el inventario de fallas.

En el capítulo 5 (Análisis y Resultados), se realiza los cálculos de la información recolectada en el campo y se analiza el resultado obtenido.

## CAPITULO 1.- GENERALIDADES

### 1.1. ANTECEDENTES DE LA CARRETERA

La Carretera Cañete – Yauyos – Chupaca, es una vía de 271.73 km. que integra los centros poblados de las provincias de Lima y Junín, como también las zonas rurales que se encuentran a todo lo largo de esta. El mantenimiento, conservación y mejora de esta vía ayuda a la integración de los poblados, eleva la calidad de vida, produce mejoras económicas, propicia el desarrollo sostenido de la zona.

Inicialmente la Carretera de penetración fue construida por partes durante el gobierno de Augusto B. Leguía entre los años 1920 y 1930, mediante la Ley decretada por la Conscripción Vial Territorial del Perú, y durante el gobierno del Dr. Manuel Prado en los años 1940 y 1944 se avanzan los trabajos desde Cañete hasta Yauyos, quedando paralizada a mediados de los años 50. No se llegó a realizar los trabajos de las zonas de Yauyos - Huancayo.

El 6 de febrero de 1957 en un rápido acuerdo nombraron la Comisión Pro Carretera bajo la dirección del alcalde y con la población en general acordaron por unanimidad proseguir los trabajos de la carretera desde Parachaca hasta Alis, se termino los trabajos de la carretera en mayo de 1957.

La Carretera Cañete - Yauyos - Chupaca es una alternativa para que en épocas de huaicos los vehículos no se queden varados por varios días en la Carretera Central, causando problemas de abastecimiento a la ciudad de Lima y la consecuente pérdida de dinero y tiempo a los viajeros.

Se espera que el tiempo de recorrido de Cañete hasta Chupaca (Huancayo) que antes era de 14 horas disminuya. Ahora mientras todavía no se ha terminado la vía se ha reducido a 7 horas el recorrido. Se planea que cuando se termine la obra serán 6 horas y tal vez menos.

Mediante Resolución Ministerial N°223-2007- MTC-02, modificada por Resolución Ministerial 408-2007-MTC/02, se crea el programa Proyecto Perú, que se encuentra bajo responsabilidad de Provias Nacional y el cual es un programa de infraestructura vial diseñado para mejorar las vías de integración y en el cual está incluida la Carretera Cañete - Yauyos - Chupaca.

Con el fin de mantener en óptimas condiciones la carretera se realiza la convocatoria para el concurso público N°034-2007-MTC/20, "Servicio de Conservación Vial por Niveles de servicio de la Carretera "Cañete-Lunahuana-Pacarán-Chupaca y rehabilitación del tramo Zuñiga- Dv. Yauyos-Ronchas".

Esta convocatoria la gana el Consorcio Gestión de Carreteras (CGC), y mediante el contrato N° 288-2007-MTC/20 del 27 de Diciembre del 2007 asume la responsabilidad de efectuar el "Servicio de Conservación Vial por Niveles de Servicio de la Carretera Cañete-Lunahuana-Pacaran-Dv. Yauyos-Ronchas" por un período de 5 años y un valor de S/. 131, 589,139.71.

Estos contratos por niveles de servicio y por plazos iguales o superiores a 3 años implican el concepto de transferencia de riesgo al contratista. Esta modalidad tiene por finalidad de evitar el deterioro prematuro de las vías mediante intervenciones rutinarias y periódicas de manera oportuna. Esto significa actuar permanentemente para mantener la carretera en óptimas condiciones de transitabilidad.

## 1.2. UBICACIÓN

La carretera Cañete - Yauyos - Chupaca (Ver Figura Nro. 1). Se encuentra ubicado en la región central del País, pertenece al:

Departamento	Lima - Junín	
Provincia	Cañete - Yauyos	
Región Geográfica	Costa – Sierra	
Inicio	San Vicente de Cañete	Km 001+805
Final	Chupaca	Km 273+531
Longitud de Carretera	271.73 Km	
Altitud	165 m.s.n.m – 4,666 m.s.n.m	

## 1.3. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Debido a la condición geomorfológica de la zona a lo largo de la cual se desarrolla el trazado de la carretera, presenta las siguientes características generales:

Clasificación de la Vía	Red vial Nacional
Corredor Vial	Numero 13
Categoría de la Vía	3era Categoría
Velocidad Directriz	30 Km / hr
Ancho de vía Útil	6.60 m
Bombeo	2.5 %
Años de servicio	más de 50 años
Ejes proyectados	W18=1.69E+06





#### 1.4. CLIMA Y TOPOGRAFÍA

La vía se desarrolla en la sierra, región quechua y sobre una topografía muy accidentada en la mayoría del tramo. El clima es templado con notable diferencia entre el día y la noche, el sol y la sombra. La temperatura media anual fluctúa entre 11°C y 16°C; las máximas entre 22°C y 29°C; y las mínimas entre 7°C y -4°C. 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).

#### 1.5. ESTUDIO DE TRÁFICO

El estudio de tráfico fue realizado por la empresa contratista Consorcio Gestión de Carreteras en el mes de Junio del 2008 (ver Cuadro 1.1).

Descripción del Vehículo	Pacaran 52+857 a Zuñiga 56+600	Zuñiga 56+600 a San Juan 65+600	San Juan 65+600 Pueblo Nuevo 66+580	Pueblo Nuevo 66+580 Chichicay 92+110	Chichicay 92+110 Capillucas 94+ 640	Capillucas 94+ 640 Dv Yauyos 127+000	Dv Yauyos 127+000 Alis 163 +100	Alis 163 +101 San Jose de Quero 229+300	San Jose de Quero 229+300 Ronchas 255+185
Auto	76	6	6	3	2	1	1	2	9
Camioneta	147	194	194	289	58	20	20	41	208
Combi rural	105	74	74	61	18	4	4	16	37
Micro	17	48	48	68	8	0	0	1	5
Ómnibus 2	8	15	15	14	13	8	8	8	8
Ómnibus +2	0	1	1	0	1	0	0	0	0
Camión 2 Ejes	36	47	47	42	30	9	9	9	37
Camión 3 Ejes	8	9	9	4	2	11	11	7	7
Camión 4 Ejes	2	1	1	2	2	0	0	0	0
Serritrayers	19	28	28	53	98	0	0	20	36
Trayers	0	38	38	33	0	0	0	0	0
<b>IMD veh/día</b>	<b>418</b>	<b>461</b>	<b>461</b>	<b>569</b>	<b>232</b>	<b>53</b>	<b>53</b>	<b>104</b>	<b>347</b>

CUADRO 1.1

ESTUDIO DE TRAFICO DE LA CARRETERA CAÑETE-YAUUYOS-CHUPACA (Junio 2008)

(Fuente: Expediente Técnico del Contratista CGC: Capítulo VIII Conclusiones y Recomendaciones)

En el tramo Pacaran (Km 52+857) a Capillucas (Km 94+640) el IMD varía entre 232 y 569 vehículos por día, esta situación temporal se presento debido a la influencia de los trabajos que se realizaron para la construcción de la Central Hidroeléctrica El Platanal.

Así mismo en el tramo Alis (Km 163+100) a San José de Quero (Km 229 +300) el tráfico es mayor respecto al que se proyectó debido a la presencia de algunas minas que están por la zona y el transporte de bloques de mármol.

Finalmente se tiene el tráfico de San José de Quero (Km 229+300) a Ronchas (Km 255+185) se debe a que por encontrarse cerca a la Ciudad de Huancayo, el tráfico de vehículos menores y transporte público es elevado.

#### 1.6. DESCRIPCIÓN DEL TRAMO EVALUADO KM 79+000 – KM 84+000

El tramo de la carretera donde se realizará el presente estudio es del Km 79+000 al Km 84+000, se encuentra dentro del Sector I: Zuñiga – Yauyos. Este tramo tiene una superficie de rodadura a nivel de tratamiento superficial monocapa, la calzada tiene un sólo carril, la plataforma de la vía es de un ancho útil muy variable que van desde los 3.00 a 5.50 m.

Los tipos fallas encontradas en dicho tramos son ahuellamientos, corrugaciones, huecos, desprendimiento de material bituminoso, disgregación y desintegración; los cuales se presentan en diversos niveles de severidad.

El mes de marzo del 2009 se realizó la colocación del tratamiento superficial monocapa en el tramo a evaluar.

##### 1.6.1 Ubicación

El proyecto en estudio se encuentra ubicado en el Distrito de Catahuasi, provincia de Yauyos y el Departamento de Lima, se inicia en el Km 79+000 (403,276E - 8'584,899 N) al 84+000 (400,045 E – 8'587,062 N) con una longitud de 5 Km, la altitud va desde 1253 m.s.n.m hasta 1370 m.s.n.m.

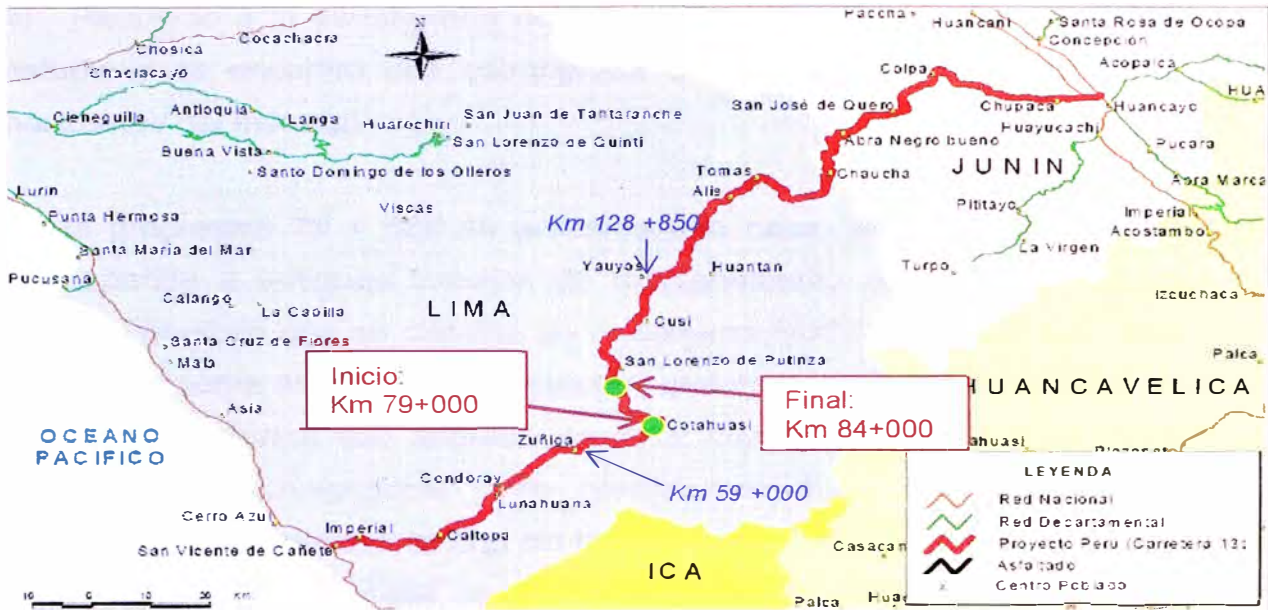


FIGURA 1.2

UBICACIÓN DEL TRAMO EN ESTUDIO

Fuente: MTC- Provias Nacional –Proyecto Perú

### 1.6.2 Clima y topografía

El tramo en estudio presenta corte a media ladera a lo largo de los 5 Km, la topografía es accidentada con anchos de carretera que van desde 3.0 m hasta 5.0 m. Existen sectores con taludes de 90°.

El clima es templado: cálido en el día y frío en la noche. La temperatura máxima es de 28 °C, mientras que la mínima es de 16 °C. La temporada de lluvias es entre los meses de enero y marzo. La precipitación pluvial es de 100 a 150 mm anual en Catahuasi.

### 1.6.3 Estudio de Suelos

El Consorcio Gestión de Carreteras procedió a realizar calicatas para determinar las propiedades físicas y mecánicas del suelo, obteniendo los siguientes resultados:

a) Respecto a la estratigrafía del suelo se realizó 5 calicatas en el tramo en estudio y se encontró una estratigrafía uniforme, sin cambios fuertes de los horizontes del material.

En la progresiva 79 + 800 se presenta una capa de 15 cm de espesor que corresponde a antiguos trabajos de mantenimiento de afirmado, se trata de material gravoso que se clasifica en el Sistema SUCS como GP-GC, esta capa se asienta sobre el terreno de fundación, que es un material areno limo arcilloso (A-1-b(0)) de forma sub angular, de color marrón oscuro de baja plasticidad, medianamente compresible y de consistencia dura, con 2% de bolonería, asimismo presenta material fino sin la presencia de materia orgánica, el tamaño máximo de suelo granular es de 4" presenta un índice plástico de 17%, el espesor de este estrato es de 0.85 m. El espesor del estrato contiguo es de 0.50 m y presenta un suelo gravoso.

El suelo que se encuentra en la calicata del Km 80 + 700, presenta un I.P de 17.9 % su clasificación de suelos en el sistema SUCS es SC-SM, mientras que en el sistema AASHTO es A-2-4(0), el estrato es de 1 m aproximadamente y presenta material grueso de 5", esta capa se basa sobre una capa de material conglomerado, compuesto de grava, arena y limo, con agregados mayores a 2" al 60%.

La calicata del Km 81+600 presenta una estratigrafía similar a las anteriores con una capa de 0.15 m de GP – GC y continua un estrato de 1.35 m de SC – SM, el I.P es de 19.8 %, no presenta material grueso, todo este estrato se asienta sobre un material rocoso.

En el Km 82+700 se tiene una arena limosa (A-1-b(0)) de 1.50 m de espesor, presenta un I.P de 18.1%, es un material fino sin la presencia de materia orgánica.

El tipo de suelo que se encuentra en el Km 83+600 de acuerdo a la clasificación SUCS es SC- SM y en AASHTO A-2-4(0), que representa a una arena limosa



sub angular de color marrón oscuro, sin la presencia de materia orgánica, el tamaño máximo del material grueso es de 4" el I.P es de 18.7 %.

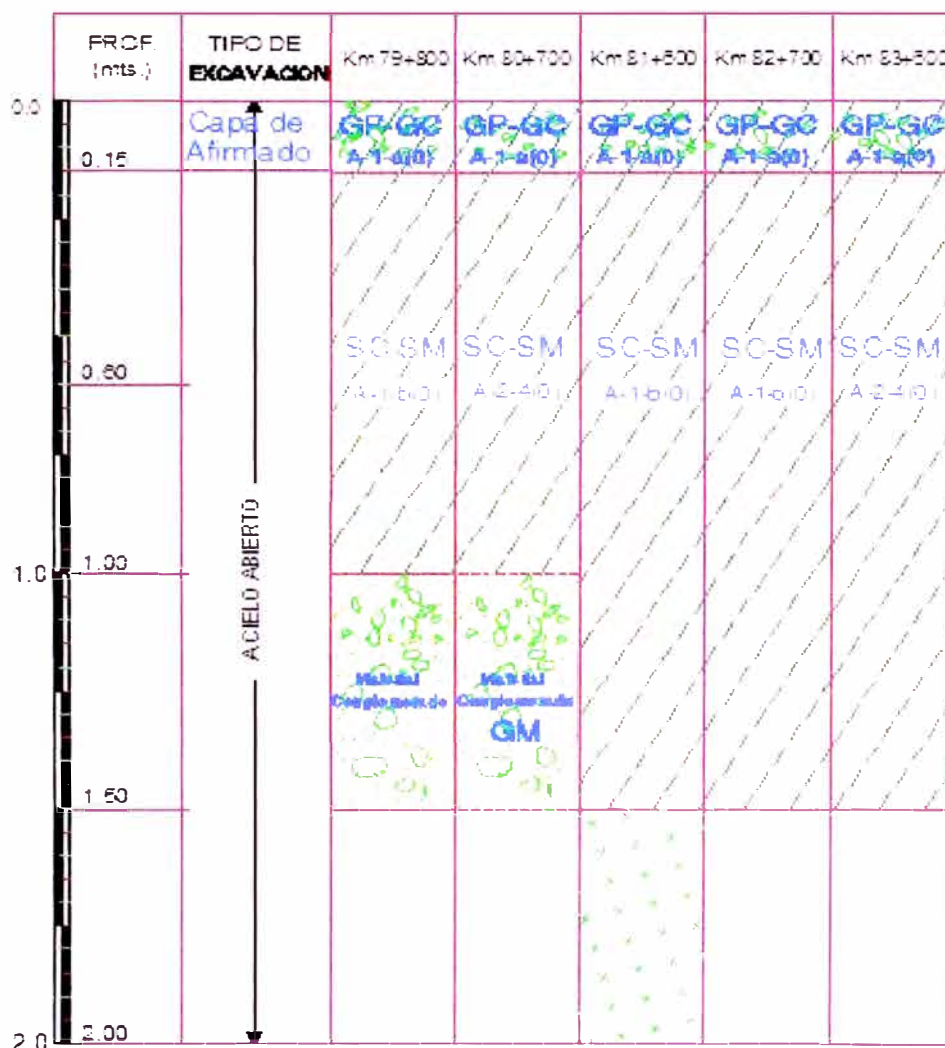


FIGURA 1.3

ESTRATIGRAFIA DEL SUELO

(Fuente: Adaptación propia del Estudio de Suelos del Expediente Técnico de CGC - Tomo IV)

b) La empresa contratista realizo los ensayos del laboratorio para determinar las características de los materiales de acuerdo a la siguiente relación.

- Contenido de Humedad ASTM D-2216
- Proctor Modificado ASTM D-1557
- California Bearing Ratio (C.B.R.) ASTM D-1883

Progresiva (Km)	Clasificación SUCS	Proctor Modificado		CBR 95%	CBR 100%
		Máxima Densidad Seca (gr/cm <sup>2</sup> )	Optimo Contenido de Humedad (%)		
77+800	SC - SM	2.121	7.0	19.4	42.7
81+600	SC - SM	2.117	7.4	19.2	42.9
85+600	SC - SM	2.125	7.2	23.2	43.6

CUADRO 1.2

CUADRO DE ENSAYOS DE SUELOS

(Fuente: Creación propia del Estudio de Suelos del Expediente Técnico de CGC - Tomo IV)

### 1.6.4 Estudio de tráfico

El tramo de carretera (Km 79+000 – Km 84+000) del presente estudio se encuentra dentro de la zona Pueblo Nuevo Km 66+580 hasta Chichicay Km 92+110 el cual presenta IMD de 569 veh/día (ver Cuadro 1.1), siendo la zona con mayor flujo vehicular de la carretera, debido a obras que se están ejecutando en este sector.

### 1.6.5 Estructura del Pavimento

En el sector de la carretera donde se realizará la evaluación superficial presenta la siguiente estructura el pavimento: Ver figura adjunta.

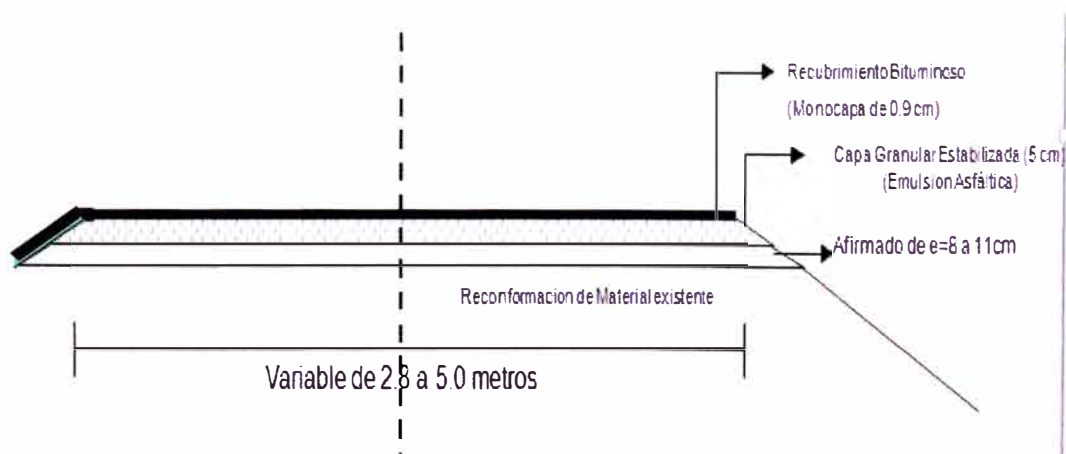


FIGURA 1.4

ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO DE LA ZONA EN ESTUDIO

(Fuente: Clases de Titulación UNI- 2009 – Ing. Edwin Apolinario M.)

Se reconforma el material existente y sobre esta capa se coloca el material granular (afirmado) como base de 13 cm de espesor, de los cuales se estabiliza con una solución básica de emulsión asfáltica. La estabilización se realiza con el objeto de mejorar su resistencia y su durabilidad así como también su insensibilidad al agua.

Una vez estabilizada la base se protege con un recubrimiento bituminoso que es un tratamiento superficial monocapa, para mejorar la transitabilidad de los vehículos. Este tipo de tratamiento se coloca para caminos de bajo volumen de tránsito ya que es una alternativa más eficiente y económica.

#### a) Solución Básica

Consiste en la estabilización de la base (capa granular) con la colocación de emulsión catiónica de rotura lenta.

El proceso consiste en escarificar 5 cm de los 13 cm que tiene dicha capa de material afirmado (capa granular) para adicionar la emulsión con el camión imprimador, la proporción de emulsión que se utiliza por m<sup>3</sup> de afirmado es el 2%.

Finalizado el regado de la emulsión ingresa la motoniveladora la cual realizará el batido para homogenizar la mezcla, se realiza el perfilado en los niveles requeridos y se procede a compactar con un rodillo de 10 a 12 tn.

Los materiales a utilizar deben de cumplir los siguientes requisitos:

- Emulsión catiónica de rotura lenta.
- Tipo de gradación para base granular es B.
- Desgaste Los Ángeles : 50% máx. (MTC E 207)
- Limite Líquido : 35% máx. (MTC E 110)
- Índice de Plasticidad : 0-9 (MTC E 111)
- CBR : 40% Min. (MTC E 132)





*Colocación Emulsión en afirmado*



*Reconformación del afirmado con emulsión*

FOTOGRAFIA 1.1

*ESTABILIZACIÓN DE MATERIAL GRANULAR CON EMULSION*

*(Fuente: Clases de Titulación UNI- 2009 – Ing Edwin Apolinario M.)*

## b) Recubrimiento Bituminoso

Sobre la capa ya estabilizada se realiza el tratamiento superficial monocapa que es el sistema de revestimiento empleando agregados pétreos y asfaltos más eficientes en costo.

Son aquellas aplicaciones de una capa de asfalto diluido (rebajado) tipo RC-250 o emulsión asfáltica con agregado, sobre la superficie estabilizada de la carretera, seguido de un inmediato extendido y rodillado de una capa fina de agregado. El espesor de tales aplicaciones varía comúnmente en el rango de 8 mm a 25 mm. Su propósito es el de sellar el pavimento y mejorar o proteger las características de la superficie de rodadura, generalmente no provee incremento en la capacidad estructural del pavimento.

Un tratamiento superficial brinda una cubierta impermeable a la superficie existente de la calzada y resistencia a la acción abrasiva del tránsito. El tratamiento superficial provee una textura superficial excepcional, impermeabilidad al agua y alguna resistencia a las fisuras.

Los tratamientos superficiales prolongan la vida de servicio de los caminos, siempre y cuando se tienen los materiales adecuados y uniformes.

Su aplicación es recomendada particularmente para tráfico liviano y medio.  
El tratamiento superficial es un elemento que simplemente sirve para resguardar las características de la estructura del pavimento diseñado.  
Las funciones de los Tratamientos Superficiales pueden ser resumidas de la siguiente forma:

- Proveer una nueva superficie de desgaste.
- Impermeabilización de la superficie.
- Mejoramiento de la fricción y drenaje de la superficie del pavimento.
- Reducción del envejecimiento del pavimento.
- Mejoramiento de la apariencia superficial
- Aplicación particularmente para tráfico liviano y medio.
- Métodos de mantenimiento de bajo costo.

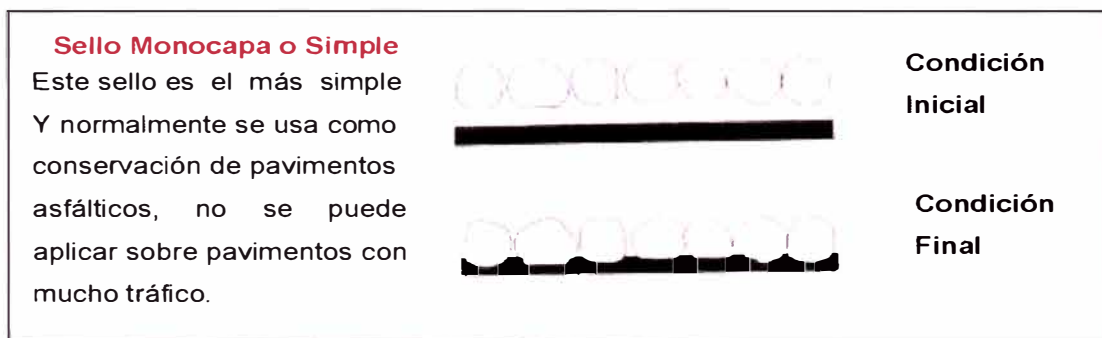


FIGURA 1.5

*Fases de material granular de la monocapa*

*(Fuente: Tesis de grado UNI-FIC – Capítulo II – Ing. José Luis Cahuana S.)*



FOTOGRAFIA 1 2

COLOCACIÓN DE GRAVILLA SOBRE ASFALTO DILUIDO KM 86+000 CAÑETE-  
YAUYOS -CHUPACA

(Fuente: Informe de Supervisión del Proyecto Perú – Panel Fotográfico Marzo 2009)



FOTOGRAFIA 1.3

COMPACTACION DE MONOCAPA

(Fuente: Informe de Supervisión del Proyecto Perú – Panel Fotográfico Marzo 2009)

## **CAPITULO 2.- ESTADO DEL ARTE**

### **2.1 ANTECEDENTES DEL ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO**

El índice de condición del pavimento (PCI) fue desarrollado entre los años 1974 a 1976 por encargo del centro de Ingeniería de la Fuerza Aérea de los Estados Unidos y 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.

En el año 1978 el método PCI fue publicado por el Cuerpo de Ingenieros de la Armada de Estados Unidos (USACE) en el Reporte Técnico M-268, para la realizar la evaluación de pavimentos en aeropuertos, carreteras y estacionamientos.

Este método para pavimentos de aeropuertos, carreteras y estacionamientos ha sido ampliamente aceptado y formalmente adoptado, como procedimiento estandarizado, por diversas agencias como por ejemplo: Fuerza Aérea de Estados Unidos (U.S. Air Force) en 1981, Ejército de los Estados Unidos (U.S. Army) en 1982 y Asociación Americana de Obras Publicas (APWA) en 1984.

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 como D6433-99.

En América del Sur se aplica en 1987 por el ingeniero Augusto Jugo Burguera, quien traduce y promueve la aplicación del método PCI en Venezuela, pero principalmente en pavimentos flexibles, actualmente está desarrollando investigaciones para correlacionarlo con el IRI y el PSI, a la que se denomina PCI funcional.

## 2.2 APLICACIÓN DEL MÉTODO EN EL PERÚ

En nuestro País en los años 80 el MTC sugiere el empleo del método CONREVIAL que corresponde a la inversión realizada y que debería de tener sostenibilidad del caso. El método CONREVIAL, define el tipo de falla y su severidad, solo responde a objetivos cualitativos más no a métodos cuantitativos. Sin embargo el método propuesto por la USACE, determina el índice de la condición del pavimento (PCI), así como también el tipo de falla, magnitud, severidad y además la densidad con respecto al área evaluada.

Fue empleado en el año 1990 para evaluar la carretera Panamericana Sur en su totalidad, la precisión de este método proporciono resultados que no demando adicionales en el presupuesto de Rehabilitación.

En Julio del 2002 se realizo la evaluación de las condiciones superficiales de la pista de aterrizaje del aeropuerto Internacional Jorge Chávez.

En el 2003 se realizo los estudios complementarios de ingeniería del corredor centro – Cosac I y elaboración del expediente técnico tramo I: Av. Alfonso Ugarte - Av. España y tramo II: Av. Emancipación – Jr. Lampa.

Actualmente su empleo es sugerido por los coordinadores del MTC, debido a que con la información brindada por el método podemos obtener metrados y con ello realizar un presupuesto de obra, asimismo permite evaluar el concepto de vida remanente y rehabilitación, además de determinar la frecuencia de evaluación necesaria para carreteras de diferentes categorías.

## CAPITULO 3.- MARCO TEÓRICO

### 3.1 EVALUACIÓN SUPERFICIAL

La Evaluación Superficial del Pavimento, consiste en la recopilación de toda la información que permita establecer los parámetros que reflejen el comportamiento funcional del Pavimento en servicio.

Se consideran tres aspectos:

- Identificación de fallas en la superficie evaluando el grado de severidad y extensión.
- Evaluación del comportamiento o serviciabilidad del pavimento, relacionado con la comodidad de manejo o transitabilidad (función de la rugosidad).
- Evaluación de la seguridad ofrecida por la superficie del pavimento, principalmente orientada a los riesgos de patinaje (calzada resbaladiza).

Los resultados obtenidos por la evaluación superficial, reflejan una información potencial como:

- La información sobre el estado situacional de la vía.
- El inferir sobre las posibles causas de los problemas suscitados y definir posibles soluciones.
- Determinar la necesidad de mantenimiento y rehabilitación.

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

- La propuesta por la Universidad de Wisconsin (PASER)
- Consorcio de Rehabilitación Vial (CONREVIAL)
- Índice de Condición de Pavimentos (PCI)

Estos métodos son sencillos de aplicar y no requieren equipos experimentados. La inspección visual es una de las herramientas más importantes en la



aplicación y evaluación de estos métodos, y forma parte esencial de toda la investigación.

El presente estudio se basa en la aplicación del método propuesto por la USACE, el cual determina el Índice de Condición del Pavimento (PCI).

### 3.2 MÉTODO DE EVALUACIÓN DE PAVIMENTOS PCI (PAVEMENT CONDITION INDEX)

El índice de condición del pavimento PCI (PCI por su sigla en inglés) se constituye en la metodología más completa para la evaluación y calificación objetiva de pavimentos flexibles y rígidos, dentro de los modelos de Gestión Vial disponibles en la actualidad. La metodología es de fácil implementación y no requiere de herramientas especializadas más allá de las que constituye el sistema.

El PCI es un índice numérico, que fluctúa entre 0 (falla) y 100 (excelente). El método permite evaluar la condición estructural y de la superficie (operacional) de una sección de pavimento, e indica las posibles causas que originaron su deterioro (cargas, clima, edad u otros), para definir actividades de mantenimiento y reparación. Además determina el comportamiento de la estructura mediante evaluación continua del PCI, a lo largo del tiempo.

Se basa en un catálogo compuesto por 19 tipos diferentes de fallas, que puede establecer mejores valores de evaluación.

Las características del método de evaluación del PCI, se puede citar las siguientes:

- Es fácil de emplear
- No requiere de ningún equipo especial de evaluación, el procedimiento es enteramente visual.
- Ofrece buena repetibilidad y confiabilidad estadística de los resultados.
- Suministra información confiable sobre las fallas que presenta el pavimento, su severidad y además la densidad con respecto al área evaluada.

### 3.2.1 Ecuación del PCI

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

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.

### 3.2.2 Escala de valores del PCI

El P.C.I. como ya se mencionó, su índice numérico varía desde cero (0), para un pavimento colapsado (fallado) o en mal estado, hasta cien (100) para pavimentos en perfecto estado. En la Figura 3.1 se observa valores de PCI y la condición del pavimento.

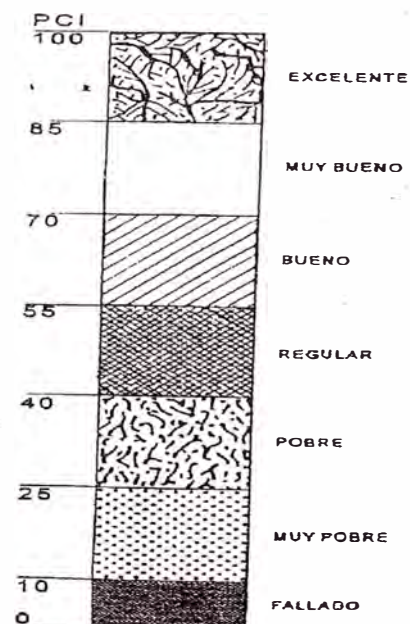


FIGURA 3 1  
ESCALA DE VALORES DEL PCI  
(Fuente: Internet)



El significado del valor hallado del PCI obtenido es el siguiente.

- 100 → Pavimento en Perfecto Estado
- 70 → Punto en que el pavimento comienza a mostrar pequeñas fallas localizadas, es decir el punto en que deben iniciarse acciones de mantenimiento rutinario y/o preventivo menor como: Sello de fisuras, parches, lechadas asfálticas.
- 55 → Punto en que el pavimento requiere acciones de mantenimiento localizado para corregir fallas más fuertes, es decir un mantenimiento correctivo como un recapado. Su condición de rodaje sigue siendo “buena” pero su deterioro o reducción de calidad de rodaje comienza a aumentar.
- 40 → Punto en que el pavimento muestra fallas más acentuadas y su condición de rodaje puede calificarse como “regular” o “aceptable”, el deterioro aumenta rápidamente. Este punto es cercano al definido como punto “optimo” de rehabilitación.
- 0 → El pavimento está fuertemente deteriorado, presenta diversas fallas avanzadas y el trafico no puede circular a velocidad normal. El pavimento se considera “fallado” y requiere acciones de mantenimiento mayor o reconstrucción parcial de un alto porcentaje de su área.

Los trabajos de Mantenimiento ( $PCI > 70$ ) están referidos a la actividad de “aumentar” la vida útil de la estructura de pavimento, en términos de comodidad y seguridad. Puede constituir una práctica preventiva y/o correctiva.

Los trabajos de Rehabilitación ( $70 > PCI > 25$ ) se refiere a la actividad necesaria para “devolver” a la estructura de pavimento las condiciones de soporte de carga con las que inicialmente se construyó así como su nivel de servicio en términos de seguridad y comodidad.

Finalmente los trabajos de Construcción ( $PCI < 25$ ) se vinculan a la caracterización de una estructura de pavimento nueva sobre vías en afirmado o tierra o que por su estado de deterioro se considera deben ser reconstruidas.



### ➤ Unidades de Muestreo

Se divide la vía en secciones o “unidades de muestreo”, cuyas dimensiones varían de acuerdo con los tipos de vía y de capa de rodadura, para carreteras con capa de rodadura asfáltica y ancho menor que 7.30 m, el área de la unidad de muestreo debe estar en el rango  $230.0 \pm 93.0 \text{ m}^2$ .

### ➤ Determinación de las Unidades de Muestreo para Evaluación

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

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

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

Donde:

n : Número de unidades de muestras a evaluar.

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

e : Error permisible en determinación del PCI (recomendable e=5%).

$\sigma$  : Desviación estándar del PCI en las unidades

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

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

### ➤ Selección de las Unidades de Muestreo para Inspección

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

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

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

Donde:

$N$  : Número total de unidades de muestreo disponible.

$n$  : Número mínimo de unidades para evaluar.

$i$  : Intervalo de muestreo, se redondea al número entero inferior (por ejemplo, 3.7 se redondea a 3)

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

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

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

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

### ➤ Selección de Unidades de Muestreo Adicionales

Uno de los mayores inconvenientes del método aleatorio es la exclusión del proceso de inspección y evaluación de algunas unidades de muestreo en muy

mal estado. También puede suceder que unidades de muestreo que tienen daños que sólo se presentan una vez (por ejemplo, “*cruce de línea férrea*”) queden incluidas de forma inapropiada en un muestreo aleatorio.

Para evitar lo anterior, la inspección deberá establecer cualquier unidad de muestreo inusual e inspeccionarla como una “*unidad adicional*” en lugar de una “*unidad representativa*” o aleatoria. Cuando se incluyen unidades de muestreo adicionales, el cálculo del PCI es ligeramente modificado para prevenir la extrapolación de las condiciones inusuales en toda la sección.

### ➤ Evaluación de la Condición

El procedimiento varía de acuerdo con el tipo de superficie del pavimento que se inspecciona. Debe seguirse estrictamente la definición del catálogo de fallas que se presenta en este estudio para obtener un valor del PCI confiable.

La evaluación de la condición incluye los siguientes aspectos:

#### a) Equipo.

- Odómetro manual para medir las longitudes y las áreas de los daños.
- Regla y una cinta métrica para establecer las profundidades de los ahuellamientos o depresiones.
- Catálogo de fallas del PCI con el formato de inspección de campo (Figura 3.3) y en cantidad suficiente para el desarrollo de la actividad.

#### b) Procedimiento.

Se inspecciona una unidad de muestreo para medir el tipo, cantidad y severidad de los daños de acuerdo con el Catálogo de fallas, y se registró la información en el formato correspondiente (Figura 3.3). Se deben conocer y seguir estrictamente las definiciones y procedimientos del catálogo de fallas. En los formatos cada renglón se usa para registrar un daño, su extensión y su nivel de severidad.

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

➤ Cálculo del PCI de las Unidades de Muestreo

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

Etapa 1. Cálculo de los Valores Deducidos:

1. a. Totalice cada tipo y nivel de severidad de la falla y regístrelo en la columna TOTAL de la Figura 3.3. La falla puede medirse en área, longitud ó por número según su tipo.

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

1. c. Determine el VALOR DEDUCIDO para cada tipo de falla y su nivel de severidad mediante las curvas denominadas “Curvas para valores de Dedución” que se adjunta en el Anexo 2, de acuerdo con el tipo de pavimento inspeccionado.

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

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

2. b. Liste los valores deducidos individuales deducidos de mayor a menor.

2. c. Determine el “Número Máximo Admisible de Valores Deducidos” ( $m$ ), utilizando la Ecuación 3:

$$m_i = 1.00 + \frac{q}{98} \{100 - HDV_i\} \text{ Ecuación 3.}$$

Donde:

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

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

Etapa 3. Cálculo del “Máximo Valor Deducido Corregido”, VDC.

El máximo VDC se determina mediante el siguiente proceso iterativo:

3. a. Determine el número de valores deducidos,  $q$ , mayores que 2.0.

3. b. Determine el “Valor Deducido Total” sumando TODOS los valores deducidos individuales.

3. c. Determine el VDC con  $q$  y el “Valor Deducido Total” en la curva de corrección pertinente al tipo de pavimento que se encuentra en el Anexo 2.

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

3. e. El máximo VDC es el mayor de los VDC obtenidos en este proceso.

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

4. a. En el cuadro 3.1 se presenta un formato para el desarrollo del proceso iterativo de obtención del “Máximo Valor Deducido Corregido”, VDC.

No	Valores Deducidos										Total	q	VDC
1													
2													
3													
4													

CUADRO 3.1  
FORMATO DE ITERACION DEL CÁLCULO DEL VDC  
(Fuente: Manual del PCI de Ing. V. Varela, Luis, Colombia 2002)

➤ Cálculo del PCI de una sección de Pavimento

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

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

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

Donde:

PCI<sub>s</sub> : PCI de la sección del pavimento.

PCI<sub>R</sub> : PCI promedio de las unidades de muestreo aleatorias o representativas.

PCI<sub>A</sub> : PCI promedio de las unidades de muestreo adicionales

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

A : Número adicional de unidades de muestreo inspeccionadas.



### 3.2.4 Tipos de fallas

El método de PCI considera 19 fallas para la evaluación de un pavimento flexible, las cuales se detallan en el siguiente cuadro.

Falla Nro	Descripcion	Und
1	Grieta Piel de cocodrilo	m2
2	Exudacion de Asfalto	m2
3	Grietas de contraccion - Bloques	m2
4	Elevaciones - Hundimiento	m
5	Corrugaciones	m2
6	Depresiones	m2
7	Grietas de borde	m
8	Grietas de reflexion de juntas	m
9	Desnivel de calzada	m
10	Grieta longitudinal y transversal	m
11	Baches y zanjas reparadas	m2
12	Agregados Pulidos	m2
13	Huecos	und
14	Cruce de rieles *	m2
15	Ahuellamiento	m2
16	Deformacion de empuje	m2
17	Grietas de Deslizamiento	m2
18	Hinchamiento	m2
19	Disgregacion y Desintegracion	m2

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

#### CUADRO 3.2

#### CATALOGO DE FALLAS CONSIDERADAS POR EL METODO PCI

(Fuente: Clases de Titulación UNI –FIC 2009 Ing W. Gutierrez L.)

La descripción de cada una de las fallas se encuentra en el Anexo 1.

Es importante que el evaluador del pavimento esté familiarizado con estos tipos de fallas, sus niveles de severidad y las formas de medición establecidas en el método. Los tipos de fallas más comunes en pavimentos asfálticos son: grieta del tipo piel de cocodrilo, de contracción, de reflexión de juntas, longitudinales y transversales, baches, huecos, ahuellamientos, y desintegración o disgregación superficial. El resto de los tipos de falla considerados en el método, son encontrados menos frecuentemente.

En algunos casos se requiere entender cómo es afectada la calidad de rodaje por diversos tipos de falla a fin de determinar su severidad, así por ejemplo:

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

### 3.3 CAUSAS QUE ORIGINAN FALLAS EN EL PAVIMENTO

Los daños en los pavimentos flexibles se deben a múltiples causas:

FALLA	CAUSAS
Trafico de Diseño	-cargas mayores a las de diseño -Incremento de Trafico
Proceso Constructivo	-Deficiencia en los procesos constructivos
Deficiencia de Proyecto	-Diseño Inadecuado
	-Mala Calidad y dosificación de los materiales
	-Mala valoración en la sobrasarte

Cuadro 3.3  
FALLAS Y CAUSAS EN PAVIMENTOS

#### 3.3.1. 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.

#### 3.3.2. 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.

### 3.3.3. Deficiencias del Proyecto (Materiales)

Diseños inadecuados y una mala valoración de la subrasante. 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.

### 3.3.4. Factores Ambientales (Clima)

Elevación de la napa freática, inundaciones, lluvias prolongadas, variación térmica, congelamiento, sales nocivas. Así como una insuficiencia en el drenaje superficial o profundo.

## 3.4 CATÁLOGO DE FALLAS Y CAUSAS PRINCIPALES DE DETERIORO

El cuadro presenta las causas de la generación de fallas en la estructura del pavimento, para el catálogo utilizado en el método.

Falla N°	Descripción	Unidad	Causa Principal		
			Tráfico	Clima	Materiales
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	Elevación - 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 Calzada - Hombrillo	m			
10	Grietas Longitudinal - Transversal	m			
11	Baches y Zanjas Reparadas	m <sup>2</sup>			
12	Agregados Pulidos	m <sup>2</sup>			
13	Huecos	No.			
14*	Cruces de Rieles. Puentes. Pontones. Rejillas de Drenaje	m <sup>2</sup>			
15	Ahuellamiento	m <sup>2</sup>			
16	Deformación por Empuje	m <sup>2</sup>			
17	Grieta de Deslizamiento	m <sup>2</sup>			
18	Hincharamiento	m <sup>2</sup>			
19	Disgregación y Desintegración	m <sup>2</sup>			

CUADRO 3.4

### CATALOGO DE FALLAS Y SUS CAUSAS

(Fuente: Tesis de Maestría Modelación Geotécnica de Pavimentos Flexibles con fines de análisis y Diseño en el Perú- Ing.W. Gutiérrez Lázares 2007, 65 )

## **CAPITULO 4.- APLICACIÓN DEL MÉTODO AL TRAMO KM 79+000 AL KM 84+000**

### **4.1 PLANIFICACIÓN DEL TRABAJO**

En esta etapa se ha establecido la secuencia de trabajo a seguir, la recopilación de información existente del pavimento y recursos a utilizar.

Se ha planificado el trabajo teniendo como punto de partida la recopilación de información existente de la situación de la carretera. Dentro de la información obtenida se tiene formato de inspección de campo para la evaluación superficial, catálogo de fallas consideradas por el método a utilizar y la Norma ASTM-D6433 que ha servido como guía para desarrollar el siguiente trabajo.

La información obtenida ha sido analizada para poder identificar con mayor facilidad la clase, severidad y cantidad de fallas que presenta la carretera.

#### Recursos Utilizados

- Personal
  - 01 Ingeniero Especialista.
  - 02 Asistentes por cada 5km
  
- Equipos, Materiales y Herramientas
  - 01 Cámara fotográfica digital.
  - 01 Cinta métrica de 30 m.
  - 02 Cintas métricas de 5 m.
  - Regla metálica de 30cm.
  - Regla de aluminio de 2.0 m.
  - Elementos de seguridad (chalecos naranja, conos, etc.)
  - Tablero de madera.
  - Formatos de Inspección de campo.

## 4.2 TRABAJO DE CAMPO

Una de las etapas importantes del trabajo para la evaluación superficial es la etapa de campo, para el presente estudio se ha inspeccionado a lo largo de los 5 Km, desde el Km 79+000 (Altura de Catahuasi) hasta el Km 84+000 (Altura de Canchan). El trabajo de campo se ha realizado haciendo un recorrido a pie por la carretera con un rendimiento de 1Km / hora aproximadamente.

Como primera parte del trabajo de campo, se realizo un reconocimiento preliminar con vehículo para determinar si se encontraban los hitos Kilométricos y observar los anchos variables de la vía, con esta información se podrá hallar el área total de muestra.

Se determinó hallar el área total de muestra de la siguiente manera:

- La longitud se considera 1 Km (ejemplo Km 79 +000 al Km 80+000) entre hitos.
- El ancho de la carretera se tomará 4 medidas dentro del Km que se está evaluando y el promedio será el ancho de ese Km.
- El área total de la muestra será la multiplicación de la longitud por el ancho promedio.

Se realizo la inspección visual y el relevamiento de fallas detalladamente en todo el área total de la muestra, caminando y haciendo las anotaciones correspondientes de todas las fallas observadas. Estas fallas son anotadas en el formato de inspección de campo.

### 4.2.1 Fallas encontradas

En el tramo evaluado se han encontrado las siguientes fallas de acuerdo al catálogo que se utiliza para el método PCI.

a) Exudación de Asfalto se encontró en los Km 81+ 000 al Km 82 + 000 con pequeñas migraciones de forma leve, en el Km 82+000 al Km 83+000 en esta zona se aprecia mayor incremento del área de falla y presenta una severidad

media causado por el intenso calor que producía que el asfalto diluido usado (RC) se pegara en las manos.



FOTOGRAFÍA 4.1

EXUDACIÓN EN TRATAMIENTO SUPERFICIAL MONOCAPA

(Fuente: Propio, viaje a la carretera Cañete-Yauyos-Chupaca)

b) Grietas piel de cocodrilo este tipo de falla se encontró en la progresiva Km 83 +000 al Km 84+000 y con área aproximada de 5 m<sup>2</sup> de severidad media, la causa de esta falla es producido por la carga de los vehículos que transitan. Recordemos que en esta zona presenta el mayor IMD de vehículos, otra posible causa que este acelerando el deterioro de dicha falla es que cruza una alcantarilla de PVC de 8"-10" que debido a la precariedad en su construcción puedan presentar filtraciones de agua.



FOTOGRAFÍA 4.2

GRIETAS PIEL DE COCODRILO

(Fuente: Propio, viaje a la carretera Cañete-Yauyos-Chupaca)



c) Corrugaciones se encontró desde la progresiva 81+000 hasta la progresiva 83+000 la severidad se aprecia es leve, el área de falla es 22.8 m<sup>2</sup>, en estos sectores.

d) Las depresiones se encuentran en sectores puntuales en la progresiva 79+000 y la progresiva 80+000, una de las causas de esta falla se debe al cruce de una alcantarilla que lleva agua de riego (perpendicular al eje de la carretera), la cual debe de estar filtrando y quitando capacidad portante a la base, por ello se produce estos hundimientos, la severidad es leve en el Km 79+000 y media en el Km 80+000.



FOTOGRAFÍA 4.3

DEPRESIONES

(Fuente: Propio, viaje a la carretera Cañete-Yauyos-Chupaca)

e) La grieta de borde se presentó en el Km 80+000 la severidad es alta la longitud de falla es de 3 m, se produce esta falla por la destrucción del muro seco que confina dicho sector de la carretera, la presencia de humedad es la que ocasiona esta destrucción.



FOTOGRAFÍA 4.4  
GRIETA DE BORDE

(Fuente: Propio, viaje a la carretera Cañete-Yauyos-Chupaca)

f) En el Km 79+000 se encuentra una zanja reparada produciendo un bache la cual afecta la transitabilidad de la carretera la severidad es mediana y el área de la falla es de 3 m<sup>2</sup>.



FOTOGRAFÍA 4.5  
ZANJA REPARADA

(Fuente: Propio, viaje a la carretera Cañete-Yauyos-Chupaca)

g) Los Huecos se presentan a lo largo de los Km 81+000, Km 82+000 y Km 83+000 con una severidad leve en todos estos sectores, la posible causa que se



aprecia es que el agregado utilizado no es uniforme en todo el tramo, existen sectores que se han encontrado agregado hasta de 1", la cual hace que se desprenda fácilmente del asfalto con la fricción que ejercen los vehículos que transitan.

h) Solo se ha encontrado ahuellamiento en el Km 79+000 con una severidad leve ya que la profundidad máxima es de 10mm, el área de falla es de 2.1 m<sup>2</sup>

i) Disgregación y desintegración este tipo de falla se ha encontrado en los 5.0 Km de evaluación con diversos niveles de severidad, en el Km 79+000, Km 80+000 y Km 81+000 la severidad es leve, en el Km 82+000, Km 83+000 hasta el Km 84+000 la severidad es media y alta, el área de falla de todo el tramo es de 71.7 m<sup>2</sup>. La causa de falla en el tramo de severidad alta se debe a la presencia en las progresivas 82+980 y 83+100 de dos quebradas que atraviesan la carretera acumulando material granular en estos sectores y con el paso de vehículos arrastran este material produciendo el desgaste de la capa protectora de la base. Hay que recalcar que en estas progresivas donde se encuentran las quebradas no hay la presencia de badenes y no se tiene una pendiente para desfogue de las aguas, es por ello la acumulación de material granular.



FOTOGRAFÍA 4.6

DISGREGACIÓN Y DESINTEGRACIÓN

(Fuente: Propio. viaje a la carretera Cañete-Yauyos-Chupaca)

### 4.2.2 Identificación y metrados de fallas

Carretera : Cañete - Yauyos - Chupaca  
 Departamento : Lima  
 Tramo : Km 79+000 - Km 84+000

Hecho por : Juan Rivera  
 Fecha : 03/10/2009

Nro	Descripcion	Und	Tramo					TOTAL METRADO		
			1	2	3	4	5	L	M	H
			Prog(Km): 79+00 - 80+00	Prog(Km): 80+00 - 81+00	Prog(Km): 81+00 - 82+00	Prog(Km): 82+00 - 83+00	Prog(Km): 83+00 - 84+00			
2	Exudacion de Asfalto	m2	0	0	20.5 L + 17M	120 L+16.5 H	0	140.5	17	16.5
3	Grietas piel de cocodrilo	m2	0	0	0	0	5 M		5	
5	Corrugaciones	m2	0	0	16 L	6.8 L	0	22.8		
6	Depresiones	m2	2 L	5.7 M	0	0	0	2	5.7	
7	Grietas de borde	m	0	3 H	0	0	0			3
11	Baches y zanjas reparadas	m2	3 H	0	0	0	0			3
13	Huecos	und	0	0	15 L	16 L	6 L	37		
15	Ahuellamiento	m2	2.1 L	0	0	0	0	2.1		
19	Disgregacion y Desintegracion	m2	8.5 L	1.5 L	0.2 L	1.5 M+33 H	3 L +24 H	13.2	1.5	57

L : LEVE  
 M : MEDIA  
 H : ALTA

CUADRO 4.1  
 FALLAS DEL TRAMO EN ESTUDIO  
 (Fuente: Adaptación propia)

### 4.2.3 Causas y Mantenimiento sugerido de fallas encontradas

Nro	FALLA	SEVERIDAD	CAUSA	MANTENIMIENTO
1	Grietas piel de cocodrilo	M	Tráfico y posible filtración de tubería PVC	Bacheo profundo y colocación de alcantarilla metálica.
2	Exudación de Asfalto	L	Clima y exceso de asfalto diluido	No se hace nada
		M	Clima y exceso de asfalto diluido	Se aplica arena y rodilla.
		H	Clima y exceso de asfalto diluido	Se aplica arena y rodilla.
5	Corrugaciones	L	Se abre el tránsito rápidamente, material inestable	Las vibraciones no son fuertes, se puede dejar así
6	Depresiones	L	Falla por asentamiento de subrasante, aprox. 15 mm de depresión	Realizar un bacheo superficial
		M	Filtración de alcantarilla de PVC que cruza la vía, proceso constructivo inadecuado y deficiente compactación.	Realizar un bacheo profundo, cambio de base y posible cambio de alcantarilla
7	Grietas de borde	H	Destrucción de muro seco, que confina plataforma de carretera, producido por humedad existente en ese sector.	Reconstrucción de muro seco, y mitigar humedad.
11	Baches y zanjas reparadas	H	El parche fue mal ejecutado, afecta la transitabilidad	Sustitución de parche. Bacheo profundo
13	Huecos	L	Desprendimiento de monocapa debido al tránsito, se encuentran sectores con agregado mayor a 3/8".	Sello con emulsión
15	Ahuellamiento	L	Falla producida por deformación de la base o subrasante, se encontró 10mm de ahuellamiento	Bacheo superficial, y proteger la base emulsión.
19	Disgregación y Desintegración	L	El asfalto diluido y los materiales utilizados son de baja calidad	Tratamiento superficial con emulsión
		M	El asfalto diluido y los materiales utilizados son de baja calidad	Tratamiento superficial con emulsión
		H	Producido por acumulación de material granular en quebrada que cruza la vía (falta de badén) que es arrastrado por vehículos la cual erosiona la monocapa	Un recapeo con slurry seal

CUADRO 4.2  
CAUSAS DE LAS FALLAS ENCONTRADAS Y MANTENIMIENTO  
(Fuente: Elaboración propia)

## CAPITULO 5.- ANÁLISIS Y RESULTADOS

### 5.1 PROCESAMIENTO DE DATOS

Terminado el trabajo de campo de todo el tramo en estudio se procede a realizar el cálculo del valor del PCI con la información recolectada en los formatos.

Se ha evaluado todo el tramo de carretera los 5.0 Km, por lo tanto no será necesario realizar el proceso de muestreo. Ver Capítulo 3

A continuación se realiza el cálculo del PCI por Km.

#### 5.1.1 Cálculo del PCI del km 79+000 al 80+000

TIPO DE FALLA	DENSIDAD %	SEVERIDAD	VALOR DE DEDUCCION	VER ANEXO 2
11	0.0800	M	0.00	Figura C-1
6	0.0500	L	0.00	Figura C-6
15	0.0600	L	0.00	Figura C-15
19	0.2300	L	1.00	Figura C-19
VALOR DE DEDUCCION TOTAL			1.00	

CUADRO 5 1

VALOR DE DEDUCCION TOTAL KM 79+000 AL 80+000

En el Anexo 2 se encuentran los valores de deducción de acuerdo al tipo de falla.

Se observa los valores de deducción de las fallas son menores a 2, por lo tanto el valor de deducción corregido será igual al valor de deducción total.

Por lo tanto el valor del PCI es el siguiente:

$$PCI=100-1$$

$$PCI =99$$

El resultado con el formato se encuentra en el Anexo 3.

5.1.2 Cálculo del PCI del Km 80+000 al Km 81+000

TIPO DE FALLA	DENSIDAD %	SEVERIDAD	VALOR DE DEDUCCION	VER ANEXO 2
19	0.0400	L	0.00	Figura C-19
7	0.0700	H	0.00	Figura C-7
6	0.1400	M	8.00	Figura C-6
VALOR DE DEDUCCION TOTAL			8.00	

CUADRO 5 2  
 VALOR DE DEDUCCION TOTAL KM 80+000 AL 81+000

En el Anexo 2 se encuentran los valores de deducción de acuerdo al tipo de falla.

Los valores de deducción solo uno de ellos es mayor 2, por lo tanto el valor de deducción corregido será igual al valor de deducción total.

Por lo tanto el valor del PCI es el siguiente:

$$PCI=100-8$$

$$PCI =92$$

El resultado con el formato se encuentra en el Anexo 3.

5.1.3 Cálculo del PCI del Km 81+000 al Km 82+000

TIPO DE FALLA	DENSIDAD %	SEVERIDAD	VALOR DE DEDUCCION	VER ANEXO 2
19	0.0000	L	0.00	Figura C-19
2	0.9100	L	0.00	Figura C-2
5	0.3900	L	1.60	Figura C-5
13	0.3700	L	8.40	Figura C-13
VALOR DE DEDUCCION TOTAL			10.00	

CUADRO 5 3  
 VALOR DE DEDUCCION TOTAL KM 81+000 AL 82+000

En el Anexo 2 se encuentran los valores de deducción de acuerdo al tipo de falla.

Los valores de deducción tan solo uno de ellos es mayor a 2, por lo tanto el valor de deducción corregido será el valor de deducción total.

Por lo tanto el valor del PCI es el siguiente:

$$PCI = 100 - 10$$

$$PCI = 90$$

El resultado con el formato se encuentra en el Anexo 3.

#### 5.1.4 Cálculo del PCI del Km 82+000 al Km 83+000

TIPO DE FALLA	DENSIDAD %	SEVERIDAD	VALOR DE DEDUCCION	VER ANEXO 2
5	0.2000	L	1.00	Figura C-5
13	0.4700	L	12.00	Figura C-13
2	3.5300	L	1.00	Figura C-2
2	0.4900	M	2.00	Figura C-2
19	0.0400	M	0.00	Figura C-19
19	0.9700	H	16.00	Figura C-19
VALOR DE DEDUCCION TOTAL			32	

CUADRO 5.4

VALOR DE DEDUCCION TOTAL KM 82+000 AL 83+000

En el Anexo 2 se encuentran los valores de deducción de acuerdo al tipo de falla.

Existen 2 valores de deducción (VD) mayores que 2 por lo tanto hay que encontrar el valor de deducción corregido (VDC), para ello se realizará la iteración respectiva.

Ordenando las fallas de mayor a menor se obtiene que:

- El valor de deducción más alto : 16
- El numero admisible de valores deducidos : 8.71 (Ver Capítulo 3, ecuación 3).

Como el número admisible es 8.71 entonces se tomaran todos los tipos de fallas.

Se realizara la Iteración para la obtener el máximo valor de deducción corregido:

No	Valores Deducidos Ordenados										Total	q	VDC
1	16	12	2	1	1	0					32	2	24
2	16	2	2	1	1	0					22	1	23

CUADRO 5 5

ITERACION PARA EL VALOR DEDUCCION CORREGIDO KM 82+000 AL 83+000

El valor de deducción corregido (VDC) para q=1 y q=2 se encuentran en el Anexo 2, figura C21.

Del proceso de iteración se tiene que el máximo valor corregido es 24, con este valor se obtendrá el valor de PCI.

Por lo tanto el valor del PCI es el siguiente:

$$PCI=100-24$$

$$PCI =76$$

El resultado con el formato se encuentra en el Anexo 3.

### 5.1.5 Cálculo del PCI del Km 83+000 al Km 84+000

TIPO DE FALLA	DENSIDAD %	SEVERIDAD	VALOR DE DEDUCCION	VER ANEXO 2
13	0.1400	L	4.00	Figura C-13
1	0.1200	M	8.00	Figura C-1
19	0.0700	L	0.00	Figura C-19
19	0.5700	H	13.50	Figura C-19
VALOR DE DEDUCCION TOTAL			25.5	

CUADRO 5 6

VALOR DE DEDUCCION TOTAL KM 83+000 AL 84+000



En el Anexo 2 se encuentran los valores de deducción de acuerdo al tipo de falla.

Existen 3 valores de deducción (VD) mayores que 2 por lo tanto hay que encontrar el valor de deducción corregido (VDC).

Ordenando las fallas de mayor a menor se obtiene que:

- El valor de deducción más alto : 13.5
- El numero admisible de valores deducidos : 8.94 (Ver Capítulo 3, ecuación 3).

Como el número admisible es 8.94 entonces se tomaran todos los tipos de fallas.

Se realizara la Iteración para la obtener el máximo valor de deducción corregido:

No	Valores Deducidos Ordenados										Total	q	VDC
1	13.5	8	4	0							25.5	3	15.5
2	13.5	8	2	0							23.5	2	17.0
3	13.5	2	2	0							17.5	1	18.0

CUADRO 5 7

ITERACION PARA EL VALOR DEDUCCION CORREGIDO KM 83+000 AL 84+000

El valor de deducción corregido (VDC) para q=1, q=2 y q=3 se encuentran en el Anexo 2, figura C21.

El máximo valor corregido es 18, este valor se restara a 100 para obtener el valor de PCI.

Por lo tanto el valor del PCI es el siguiente:

$$PCI=100-18$$

$$PCI =82$$

El resultado con el formato se encuentra en el Anexo 3.



## 5.2 RESUMEN DE LA EVALUACIÓN SUPERFICIAL - MÉTODO PCI DEL TRAMO

Carretera : Cañete - Yauyos - Chupaca  
 Departamento : Lima  
 Tramo : Km 79+000 - Km 84+000  
 Hecho por : Juan Rivera  
 Fecha : 03/10/2009

Nro	Descripcion	Und	Tramo				
			1	2	3	4	5
			Prog(Km): 79+00 - 80+00	Prog(Km): 80+00 - 81+00	Prog(Km): 81+00 - 82+00	Prog(Km): 82+00 - 83+00	Prog(Km): 83+00 - 84+00
2	Exudacion de Asfalto	m2	0	0	37.5	136.5	0
1	Grietas piel de cocodrilo	m2	0	0	0	0	5.00
5	Corrugaciones	m2	0	0	16	6.8	0
6	Depresiones	m2	2	5.7	0	0	0
7	Grietas de borde	m	0	3	0	0	0
11	Baches y zanjas reparadas	m2	3	0	0	0	0
13	Huecos	und	0	0	15	16	6
15	Ahuellamiento	m2	2.1	0	0	0	0
19	Disgregacion y Desintegracion	m2	8.5	1.5	0.2	34.5	27
<b>Valor del PCI</b>			99	92	90	76	82
<b>Condicion del Pavimento</b>			EXCELENTE	EXCELENTE	EXCELENTE	MUY BUENO	MUY BUENO

CUADRO 5.8  
 RESUMEN DEL VALOR DEL PCI POR KM  
 (Fuente: Adaptación propia)

5.3 GRÁFICO DE VALORES DEL PCI

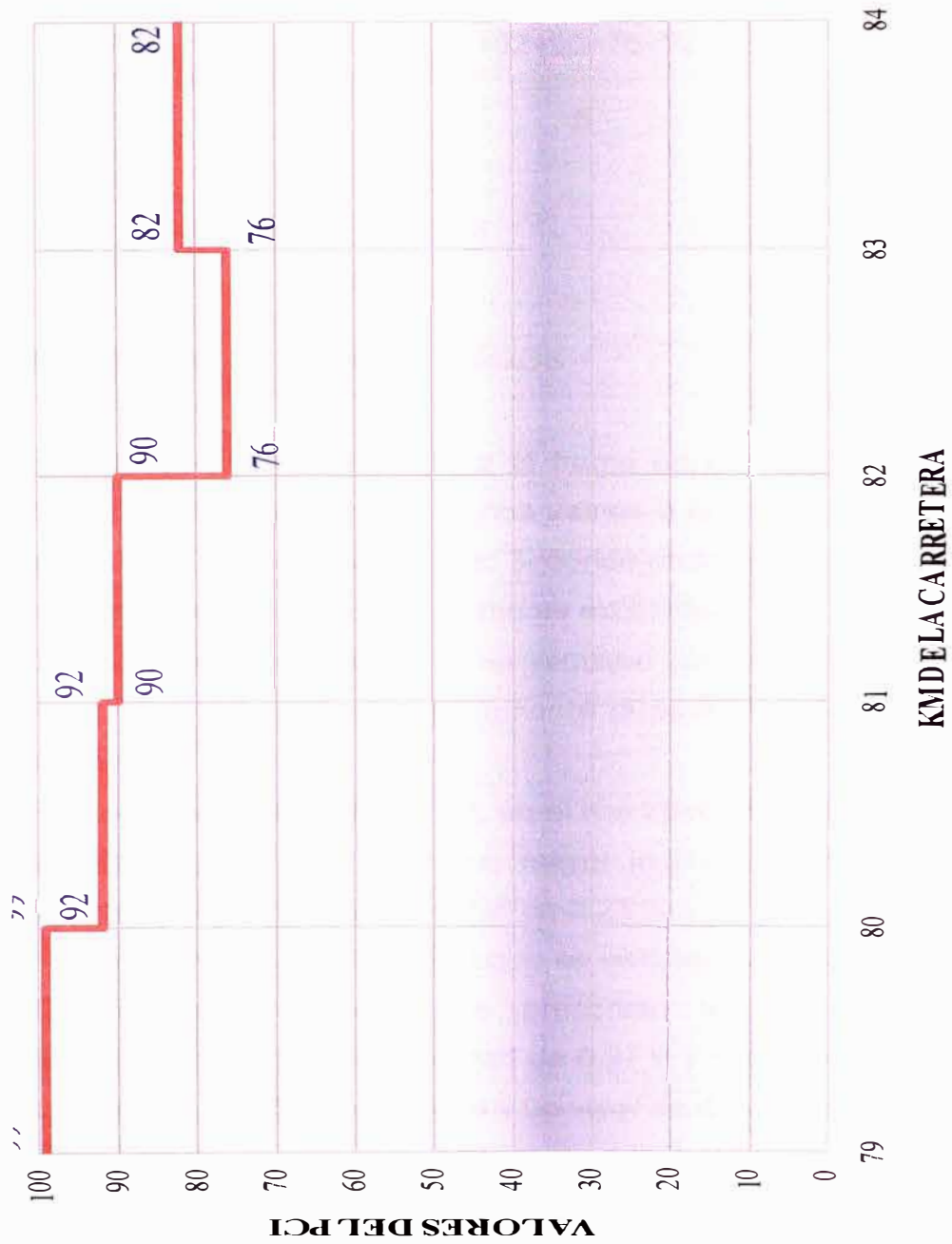


FIGURA 5.1

GRÁFICO DE VARIACIÓN DEL VALOR DE PCI POR KM

(Fuente: Adaptación propia)

## 5.4 CÁLCULO DEL PCI

El PCI para el tramo en estudio será el promedio de los 5 valores obtenidos en cada Kilometro revisar Capítulo 3.

$$\text{PCI (Tramo)} = \frac{99+92+90+76+82}{5}$$

$$\text{PCI (Tramo)} = 88$$

## 5.5 INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

- El valor de PCI obtenido para el tramo en estudio Km 79+000 al Km 84+000 es 88, con este valor nos vamos a la escala de valores del PCI que se encuentra en el Capítulo 3, donde podemos afirmar que el estado en que se encuentra el pavimento es excelente.
- Con este valor de PCI solo se requiere un Mantenimiento rutinario y preventivo, para evitar se incremente la severidad de las fallas que se presentan.
- El máximo valor del PCI es 99, en el Km 79+000 y Km 80+000 debido a que en esta zona la falla con mayor incidencia es la disgregación y desintegración con una densidad de 0.23 % y un valor de deducción de 1, y el menor valor de PCI es 76 que se encuentra en el Km 82+000 al Km 83+000, en este sector se presentan las fallas disgregación y desintegración con una densidad de 0.97% y valor de deducción de 16 y huecos con 0.47% de densidad y un valor de destrucción de 12.

## CONCLUSIONES

- ✓ Se concluye que el valor obtenido de PCI del tramo evaluado es 88.
- ✓ La condición en la que se encuentra el tramo de carretera evaluado es excelente, de acuerdo al valor de PCI obtenido.
- ✓ Con este valor de PCI solo se requiere un Mantenimiento rutinario y preventivo, para evitar se incremente la severidad de las fallas que se presentan.
- ✓ Las fallas con mayor incidencia que afectan el PCI del tramo en estudio son: exudación, disgregación y desintegración, huecos, corrugaciones, el resto de fallas se encuentran en zonas puntuales y en un porcentaje menor.
- ✓ A 7 meses de haberse ejecutado la rehabilitación, la evaluación superficial realizada determina que la condición del pavimento a disminuido en 12%, si no se interviene lo más pronto posible, dicha condición seguirá decreciendo en un 15% a 20% adicional para un periodo similar de evaluación, por lo tanto obtendremos valores de PCI que varían entre 65 a 75, donde se tendrá que intervenir con mayores recursos de los que se necesitarían actualmente.
- ✓ La falla que se ha encontrado a lo largo de los 5 Km de evaluación ha sido la disgregación y desintegración la cual hace pensar que es una falla característica para este tipo de tratamiento superficial.
- ✓ Se debe de complementar las obras de drenaje a lo largo del tramo evaluado de la carretera para prevenir futuras fallas.
- ✓ El tratamiento superficial monocapa aplicado, presenta un deterioro debió a deficiencias en el proceso constructivo (exceso de asfalto, falta de uniformidad en el tamaño de los agregados).

- ✓ Otro factor que contribuye a desmejorar la situación del pavimento es el intenso tráfico pesado generado por la construcción del proyecto el platanal el cual ha hecho que se incremente los vehículos en el tramo.
  
- ✓ Una de las causas que incrementara al deterioro del pavimento será la temporada de lluvias que comienza en el mes de diciembre.

## RECOMENDACIONES

- ✓ Se recomienda realizar una evaluación superficial con el método PCI posterior a la temporada de lluvia para determinar la condición del pavimento y determinar si la solución adoptada por el contratista es la mejor.
- ✓ Se debe programar tareas de mantenimiento rutinario y periódico para garantizar que el pavimento se conserve estructural y funcionalmente eficiente durante su periodo de vida para el cual fue diseñado.
- ✓ Es necesario realizar el mantenimiento preventivo antes de la temporada de lluvia, debido a que muchas fallas podrían incrementar su severidad.
- ✓ Se sugiere cambiar y profundizar las alcantarillas que atraviesan la carretera, actualmente se encuentra tubos de PVC de 8" a 10" a 30 cm en promedio de relleno, estas deberían de ser metálicas de 90 cm de diámetro y con una profundidad de relleno como mínimo 60 cm, para que puedan soportar las cargas de los vehículos.
- ✓ Se debe realizar la construcción de badenes en la progresiva 82+980 y la progresiva 83+100, esto para disminuir las fallas de disgregación que se encuentran en ese sector.
- ✓ Se debería exigir el control de calidad de la cantidad de asfalto diluido (RC) por m<sup>2</sup>, para evitar el problema de exudación posteriormente.
- ✓ Se recomienda realizar un mejor control de calidad sobre el agregado usado para la colocación de la monocapa ya que se ha encontrado piedras mayores de 1", cuando debería de ser menor a 3/8", para este tipo de vías.

## BIBLIOGRAFÍA

- ✓ AMERICAN SOCIETY FOR TESTING MATERIALS (ASTM), Norma ASTM D6433-03, Procedimiento Estándar para la Inspección del Índice de Condición del Pavimento en caminos y estacionamiento, Versión en español Publicada en Diciembre del 2003.
- ✓ ASOCIACIÓN LATINOAMERICANA y CARIBEÑA de PAVIMENTOS AEROPORTUARIOS [en línea], <http://www.alacpa.org/ASTMD5340-MetCalc-PCI-espRev0.pdf>, [Setiembre del 2009].
- ✓ CAMINEROS EN LA RED [en línea], <http://www.camineros.com/docs/cam036.pdf>, [consulta Octubre del 2009].
- ✓ CCAHUAY AZURZA, MARTHA; Evaluación del Fisuramiento Temprano en Carpeta Asfáltica Nueva Aplicación al Sector “Cuesta Toro” Km 850 + 000 al Km 860+000 Panamericana Sur, Tesis UNI-FIC, Lima, 1998.
- ✓ JUAREZ BADILLO, EULALIO; Mecánica de Suelos – Tomo I; Editorial Limusa, México, 1973.
- ✓ MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES [en línea], <http://www.mtc.gob.pe>, [consulta Octubre del 2009].
- ✓ PROVIAS NACIONAL [en línea], <http://www.proviasnac.gob.pe>, [consulta Octubre del 2009].
- ✓ VÁSQUEZ VARELA, LUIS RICARDO; Paviment Condition Index (PCI) para pavimentos asfálticos y concreto en carreteras, Manizales, Colombia, 2002.
- ✓ VIGO JAUREGUI, FERNANDO; Metodología para la Evaluación Integral de Pavimentos Flexibles Carretera Central Cocrachacra – Matucana, Tesis UNI-FIC, Lima, 1999.

## **ANEXO 01**

### **CATALOGO DE FALLAS DEL PCI**



## 1. GRIETA PIEL DE COCODRILO

### a) Descripción

Las grietas de fatiga o piel de cocodrilo son una serie de grietas interconectadas cuyo origen es la falla por fatiga de la capa de rodadura asfáltica bajo acción repetida de las cargas de tránsito. El agrietamiento se inicia en el fondo de la capa asfáltica (o base estabilizada) donde los esfuerzos y deformaciones unitarias de tensión son mayores bajo la carga de una rueda. Inicialmente, las grietas se propagan a la superficie como una serie de grietas longitudinales paralelas. Después de repetidas cargas de tránsito, las grietas se conectan formando polígonos con ángulos agudos que desarrollan un patrón que se asemeja a una malla de gallinero o a la piel de cocodrilo.

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

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

### b) Niveles de severidad

L (Low: Bajo): Grietas finas (menor de 1.5mm) capilares y longitudinales que se desarrollan de forma paralela con unas pocas o ninguna interconectadas. Las grietas no están descascaradas, es decir, no presentan rotura del material a lo largo de los lados de la grieta.

M (Medium: Medio): Desarrollo posterior de grietas piel de cocodrilo (menor de 5 mm), en un patrón o red de grietas que pueden estar ligeramente descascaradas.

H (High: Alto): Red o patrón de grietas que ha evolucionado (mayores de 5mm) de tal forma que las piezas o pedazos están bien definidos y

descascarados los bordes. Algunos pedazos pueden moverse bajo el tránsito.

c) Medida

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

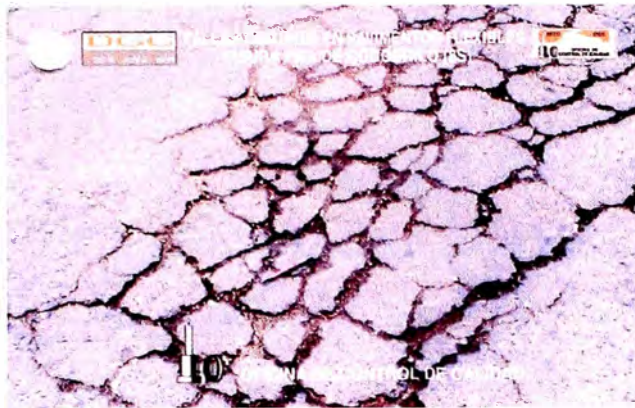
d) Opciones de reparación

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

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

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





## 2. EXUDACIÓN DE ASFALTO

### a) Descripción

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

### b) Niveles de severidad

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

M: La exudación ha ocurrido hasta un punto en el cual el asfalto se pega a los zapatos y vehículos únicamente durante días calurosos.

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

c) Medida

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

d) Opciones de reparación

L: No se hace nada.

M: Se aplica arena / agregados y cilindrado.

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



### 3. GRIETAS DE CONTRACCION - BLOQUE

a) Descripción

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

pavimento, pero algunas veces aparecerá únicamente en áreas sin tránsito. Este tipo de daño difiere de la piel de cocodrilo en que este último forma pedazos más pequeños, de muchos lados y con ángulos agudos. También, a diferencia de los bloques, la piel de cocodrilo es originada por cargas repetidas de tránsito y, por lo tanto, se encuentra únicamente en áreas sometidas a cargas vehiculares (por lo menos en su primera etapa).

b) Niveles de severidad

L: Bloques definidos por grietas de baja severidad con un espesor menor a 1.5 mm, como se define para grietas longitudinales y transversales .

M: Bloques definidos por grietas de severidad media, espesor menor de 5mm.

H: Bloques definidos por grietas de alta severidad, espesor mayor a 5mm.

c) Medida

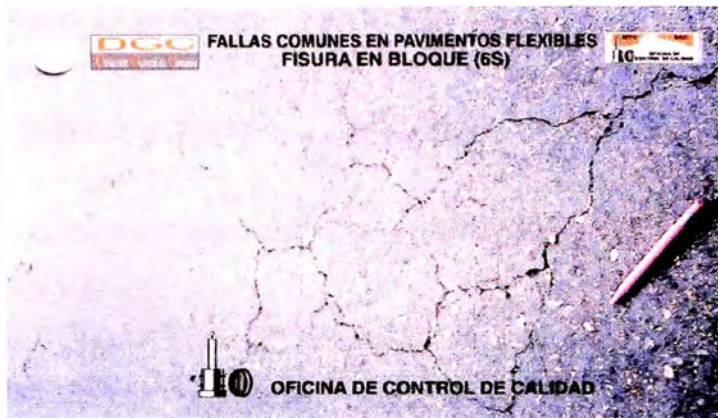
Se mide en pies cuadrados (ó metros cuadrados) de área afectada. Generalmente, se presenta un sólo nivel de severidad en una sección de pavimento; sin embargo, cualquier área de la sección de pavimento que tenga diferente nivel de severidad deberá medirse y anotarse separadamente.

d) Opciones de reparación

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

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

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



#### 4. ELEVACIONES Y HUNDIMIENTOS

##### a) Descripción

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

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

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



b) Niveles de severidad

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

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

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

c) Medida

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

d) Opciones de reparación

L: No se hace nada.

M: Reciclado en frío. Parcheo profundo o parcial.

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





## 5. CORRUGACIÓN

### a) Descripción

La corrugación es una serie de cimas y depresiones muy próximas que ocurren a intervalos bastante regulares usualmente a menos de 3.0 m. Las cimas son perpendiculares a la dirección del tránsito. Este tipo de daño es usualmente causado por la acción del tránsito combinada con una carpeta o una base inestables.

### b) Niveles de severidad

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

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

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

### c) Medida

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

### d) Opciones de reparación

L: No se hace nada.

M: Reconstrucción.

H: Reconstrucción



## 6. DEPRESIÓN

### a) Descripción

Son áreas localizadas de la superficie del pavimento con niveles ligeramente más bajos que el pavimento a su alrededor. En múltiples ocasiones, las depresiones suaves sólo son visibles después de la lluvia, cuando el agua almacenada forma un “baño de pájaros”. En el pavimento seco las depresiones pueden ubicarse gracias a las manchas causadas por el agua almacenada. Las depresiones son formadas por el asentamiento de la subrasante o por una construcción incorrecta.

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

### b) Niveles de severidad

Máxima profundidad de la depresión:

L: 13.0 a 25.0 mm.

M: 25.0 a 51.0 mm.

H: Más de 51.0 mm.

### c) Medida

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

### d) Opciones de reparación

L: No se hace nada.

M: Parcheo superficial, parcial o profundo.

H: Parcheo superficial, parcial o profundo.



## 7. GRIETA DE BORDE

### a) Descripción

Las grietas de borde son paralelas y, generalmente, están a una distancia entre 0.30 y 0.60 m del borde exterior del pavimento. Este daño se acelera por las cargas de tránsito y puede originarse por debilitamiento, debido a condiciones climáticas, de la base o de la subrasante próximas al borde del pavimento.

### b) Niveles de severidad

L: Agrietamiento bajo o medio sin fragmentación o desprendimiento.

M: Grietas medias con algo de fragmentación y desprendimiento.

H: Considerable fragmentación o desprendimiento a lo largo del borde.

### c) Medida

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

### d) Opciones de reparación

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

M: Sellado de grietas. Parcheo parcial - profundo.

H: Parcheo parcial – profundo.



## 8. GRIETA DE REFLEXIÓN DE JUNTAS

### a) Descripción

Este daño ocurre solamente en pavimentos con superficie asfáltica construidos sobre una losa de concreto de cemento Pórtland. No incluye las grietas de reflexión de otros tipos de base (por ejemplo, estabilizadas con cemento o cal). Estas grietas son causadas principalmente por el movimiento de la losa de concreto de cemento Pórtland, inducido por temperatura o humedad, bajo la superficie de concreto asfáltico. Este daño no está relacionado con las cargas; sin embargo, las cargas del tránsito pueden causar la rotura del concreto asfáltico cerca de la grieta.

### b) Niveles de Severidad

L: Existe una de las siguientes condiciones:

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

M: Existe una de las siguientes condiciones:

1. Grieta sin relleno con ancho entre 10.0 mm y 76.0 mm.
2. Grieta sin relleno de cualquier ancho hasta 76.0 mm rodeada de un

ligero agrietamiento aleatorio.

3. Grieta rellena de cualquier ancho rodeada de un ligero agrietamiento aleatorio.

H: Existe una de las siguientes condiciones:

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

c) Medida

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

d) Opciones de Reparación

L: Sellado para anchos superiores a 3.00 mm.

M: Sellado de grietas. Parcheo de profundidad parcial.

H: Parche de profundidad parcial. Reconstrucción de la junta



## 9. DESNIVEL DE CALZADA

### a) Descripción

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

### b) Niveles de severidad

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

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

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

### c) Medida

El desnivel de calzada se miden en pies lineales (ó metros lineales).

### d) Opciones de reparación

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





## 10. GRIETAS LONGITUDINALES Y TRANSVERSALES

### a) Descripción

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

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

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

### b) Niveles de Severidad

L: Espesor de fisura menor de 1.5mm.

M: Fisuras menores a 5mm.

H: Espesor de fisura mayor de 5mm.

### c) Medida

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



d) Opciones de reparación

L: Sellado de grietas.

M: Sellado de grietas.

H: Sellado de grietas. Parche parcial.



## 11. BACHES Y ZANJAS REPARADAS

a) Descripción

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

b) Niveles de Severidad:

L: El parche está en buena condición, bajo efecto a la calidad del rodaje.

M: El parche está moderadamente deteriorado.

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

c) Medidas:

Los parches se miden en pies cuadrados (o metros cuadrados) de área afectada. Sin embargo, si un sólo parche tiene áreas de diferente severidad, estas deben medirse y registrarse de forma separada.

d) Opciones de reparación:

L: No se hace nada.

M: No se hace nada. Sustitución del parche.

H: Sustitución del parche.



## 12. AGREGADOS PULIDOS

a) Descripción:

Este daño es causado por la repetición de cargas de tránsito. Cuando el agregado en la superficie se vuelve suave al tacto, la adherencia con las llantas del vehículo se reduce considerablemente. Cuando la porción de agregado que está sobre la superficie es pequeña, la textura del pavimento no contribuye de manera significativa a reducir la velocidad del vehículo. El pulimento de agregados debe contarse cuando un examen revela que el agregado

que se extiende sobre la superficie es degradable y que la superficie del mismo es suave al tacto. Este tipo de daño se indica cuando el valor de un ensayo de resistencia al deslizamiento es bajo o ha caído significativamente desde una evaluación previa.

b) Niveles de severidad:

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

c) Medida:

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

d) Opciones de reparación

L, M, H: Tratamiento superficial. Fresado y recapeo.



### 13. HUECOS

a) Descripción

Los huecos son depresiones pequeñas en la superficie del pavimento, usualmente con diámetros menores que 0.90 m y con forma de tazón. El crecimiento de los huecos se acelera por la acumulación de agua dentro del mismo. Los huecos se producen cuando el tráfico arranca pequeños pedazos de la superficie del pavimento. La desintegración del pavimento progresa debido a mezclas pobres en la superficie, puntos débiles de la base o la subrasante, o porque se ha alcanzado una condición de piel de cocodrilo de severidad alta. Con frecuencia los huecos son daños asociados a la condición de la estructura y no deben confundirse con desprendimiento o meteorización.

b) Niveles de severidad

Los niveles de severidad para los huecos de diámetro menor que 762 mm están basados en la profundidad y el diámetro de los mismos, de acuerdo con el Cuadro 3.3.

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

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

c) Medida

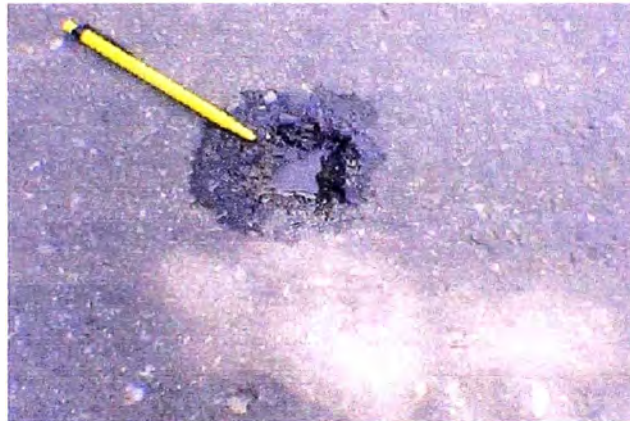
Los huecos se miden contando aquellos que sean de severidades baja, media y alta, y registrándolos separadamente.

d) Opciones de reparación

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

M: Parche parcial o profundo.

H: Parche profundo.



## 14. CRUCE DE VÍA FÉRREA

a) Descripción

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

b) Niveles de severidad

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

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

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



c) Medida

El área del cruce se mide en pies cuadrados (ó metros cuadrados) de área afectada. Si el cruce no afecta la calidad de tránsito, entonces no debe registrarse. Cualquier abultamiento considerable causado por los rieles debe registrarse como parte del cruce.

d) Opciones de reparación

L: No se hace nada.

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

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



## 15. AHUELLAMIENTO

a) Descripción

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

del tránsito. Un ahuellamiento importante puede conducir a una falla estructural considerable del pavimento.

b) Niveles de severidad

Profundidad media del ahuellamiento:

L: 6.0 a 13.0 mm.

M: >13.0 mm a 25.0 mm.

H: > 25.0 mm.

c) Medida

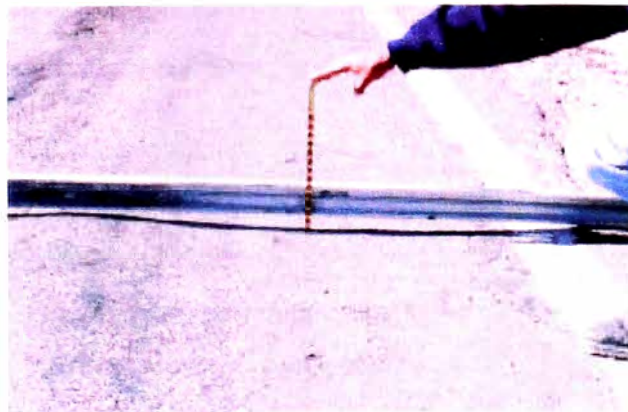
El ahuellamiento se mide en pies cuadrados (ó metros cuadrados) de área afectada y su severidad está definida por la profundidad media de la huella. La profundidad media del ahuellamiento se calcula colocando una regla perpendicular a la dirección del mismo, midiendo su profundidad, y usando las medidas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

d) Opciones de reparación

L: No se hace nada. Fresado y recapeo asfáltico.

M: Parche superficial, parcial o profundo. Fresado y recapeo.

H: Parche superficial, parcial o profundo. Fresado y recapeo.





## 16. DEFORMACION POR EMPUJE

### a) Descripción

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

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

### b) Niveles de severidad

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

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

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

### c) Medida

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

### d) Opciones de reparación

L: No se hace nada. Fresado.

M: Fresado. Parche parcial o profundo.

H: Fresado. Parche parcial o profundo



## 17. GRIETAS DE DESLIZAMIENTO

### a) Descripción

Las grietas por deslizamiento (slippage) son grietas en forma de media luna creciente. Son producidas cuando las ruedas que frenan o giran inducen el deslizamiento o la deformación de la superficie del pavimento. Usualmente, este daño ocurre en presencia de una mezcla asfáltica de baja resistencia, o de una liga pobre entre la superficie y la capa siguiente en la estructura de pavimento.

### b) Nivel de severidad

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

M: Existe una de las siguientes condiciones:

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

H: Existe una de las siguientes condiciones:

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

c) Medida

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

d) Opciones de reparación

L: No se hace nada. Parcheo parcial.

M: Parcheo parcial.

H: Parcheo parcial.

## 18. HINCHAMIENTO

a) Descripción:

El hinchamiento se caracteriza por un pandeo hacia arriba de la superficie del pavimento, una onda larga y gradual con una longitud mayor que 3.0 m. Usualmente, este daño es causado por el congelamiento en la subrasante o por suelos potencialmente expansivos.

b) Nivel de severidad

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

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

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

c) Medida

El hinchamiento se mide en pies cuadrados (ó metros cuadrados) de

área afectada.

d) Opciones de reparación

L: No se hace nada.

M: No se hace nada. Reconstrucción.

H: Reconstrucción.



## 19. DISGREGACION Y DESINTEGRACION

a) Descripción

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

b) Niveles de severidad

L: Han comenzado a perderse los agregados o el ligante. En algunas áreas la superficie ha comenzado a deprimirse. En el caso de derramamiento de aceite, puede verse la mancha del mismo, pero la superficie es dura y no puede penetrarse con una moneda.

M: Se han perdido los agregados o el ligante. La textura superficial es moderadamente rugosa y ahuecada. En el caso de derramamiento de aceite, la superficie es suave y puede penetrarse con una moneda.

H: Se han perdido de forma considerable los agregados o el ligante. La textura superficial es muy rugosa y severamente ahuecada. Las áreas ahuecadas tienen diámetros menores que 10.0 mm y profundidades menores que 13.0 mm; áreas ahuecadas mayores se consideran *huecos*. En el caso de derramamiento de aceite, el ligante asfáltico ha perdido su efecto ligante y el agregado está suelto.

c) Medida

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

d) Opciones de reparación

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

M: Sello superficial. Tratamiento superficial. recapeo.

H: Tratamiento superficial. recapeo Reciclaje. Reconstrucción.

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



## **ANEXO 02**

# **CURVAS PARA VALORES DE DEDUCCIÓN**



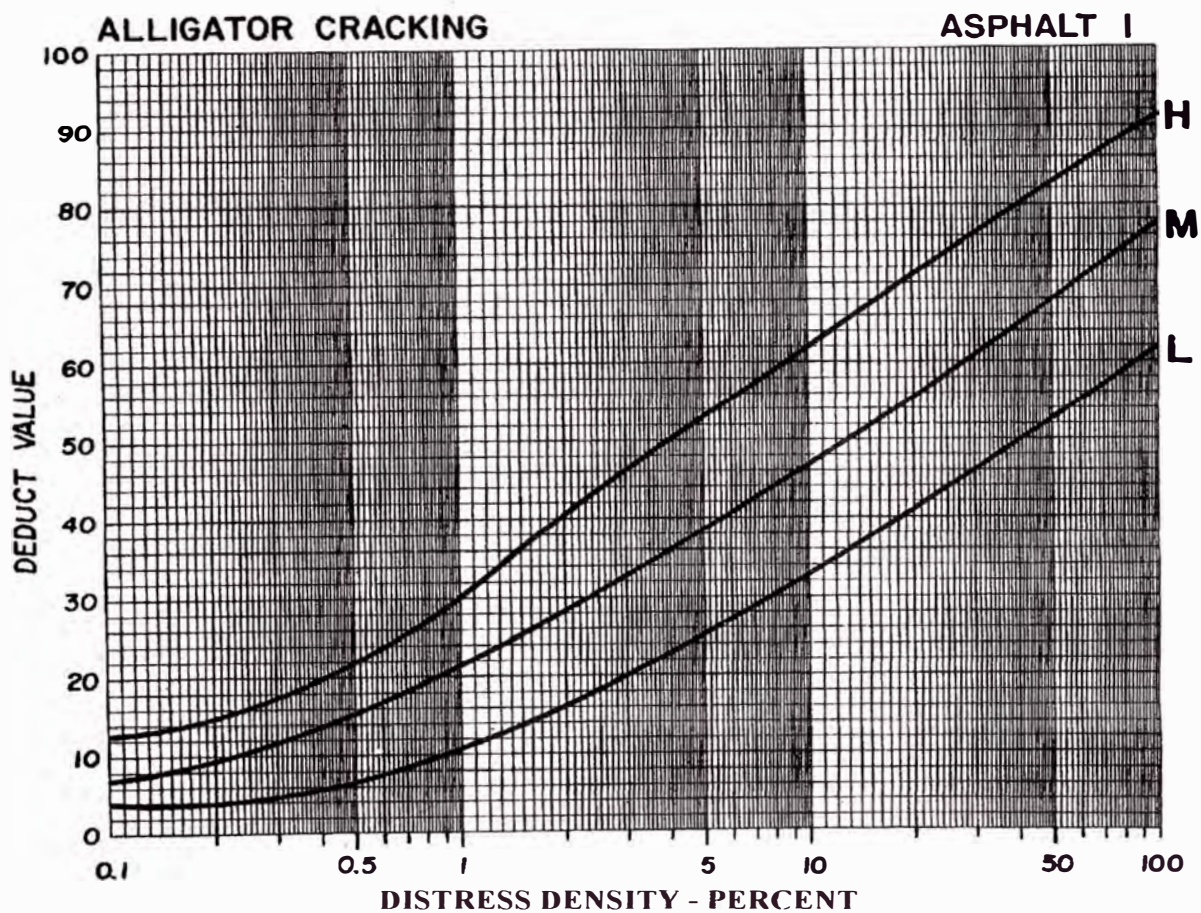


Figure C-1. Deduct value curves for alligator cracking.



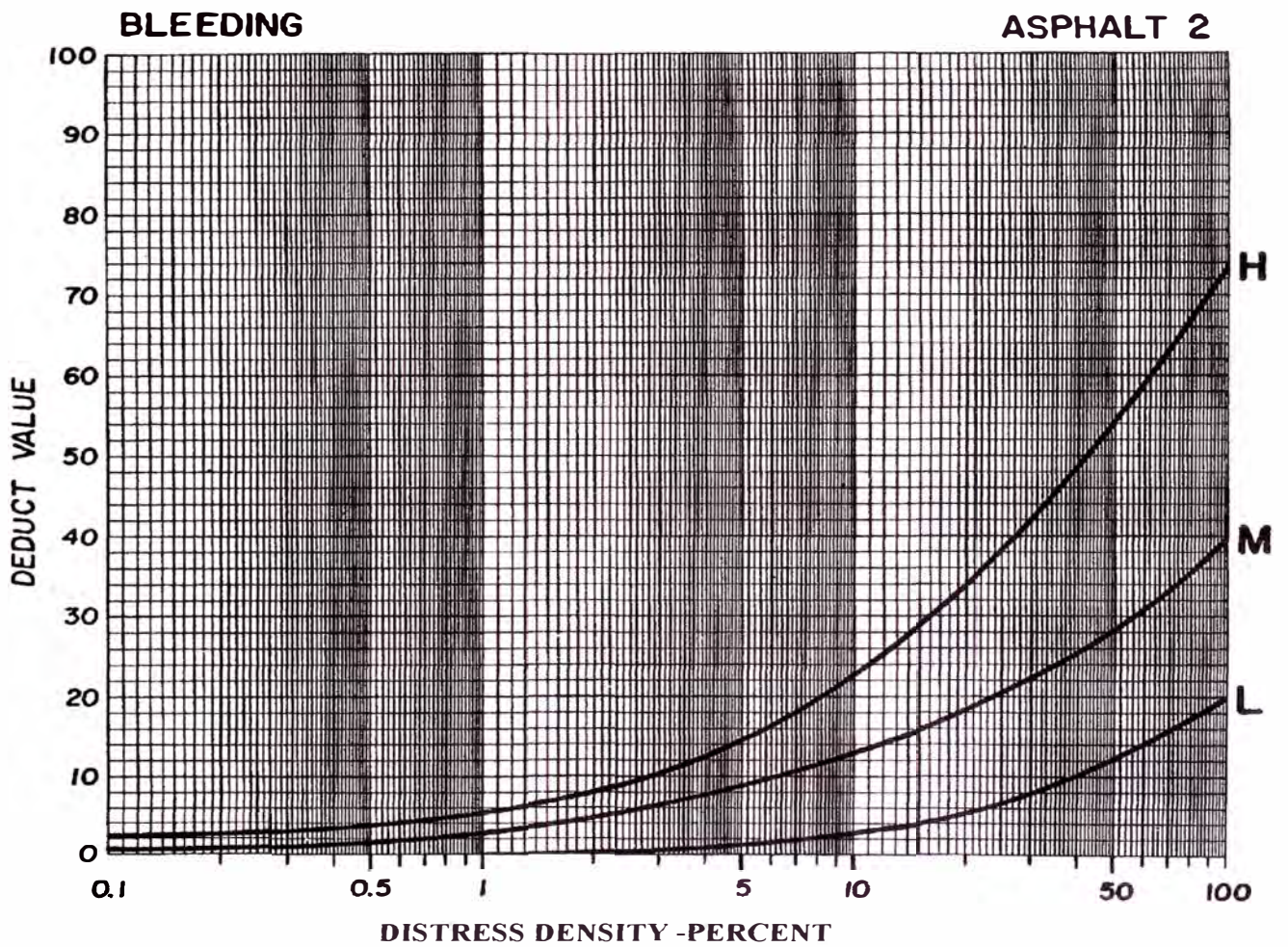


Figure C-2. Deduct value curves for bleeding

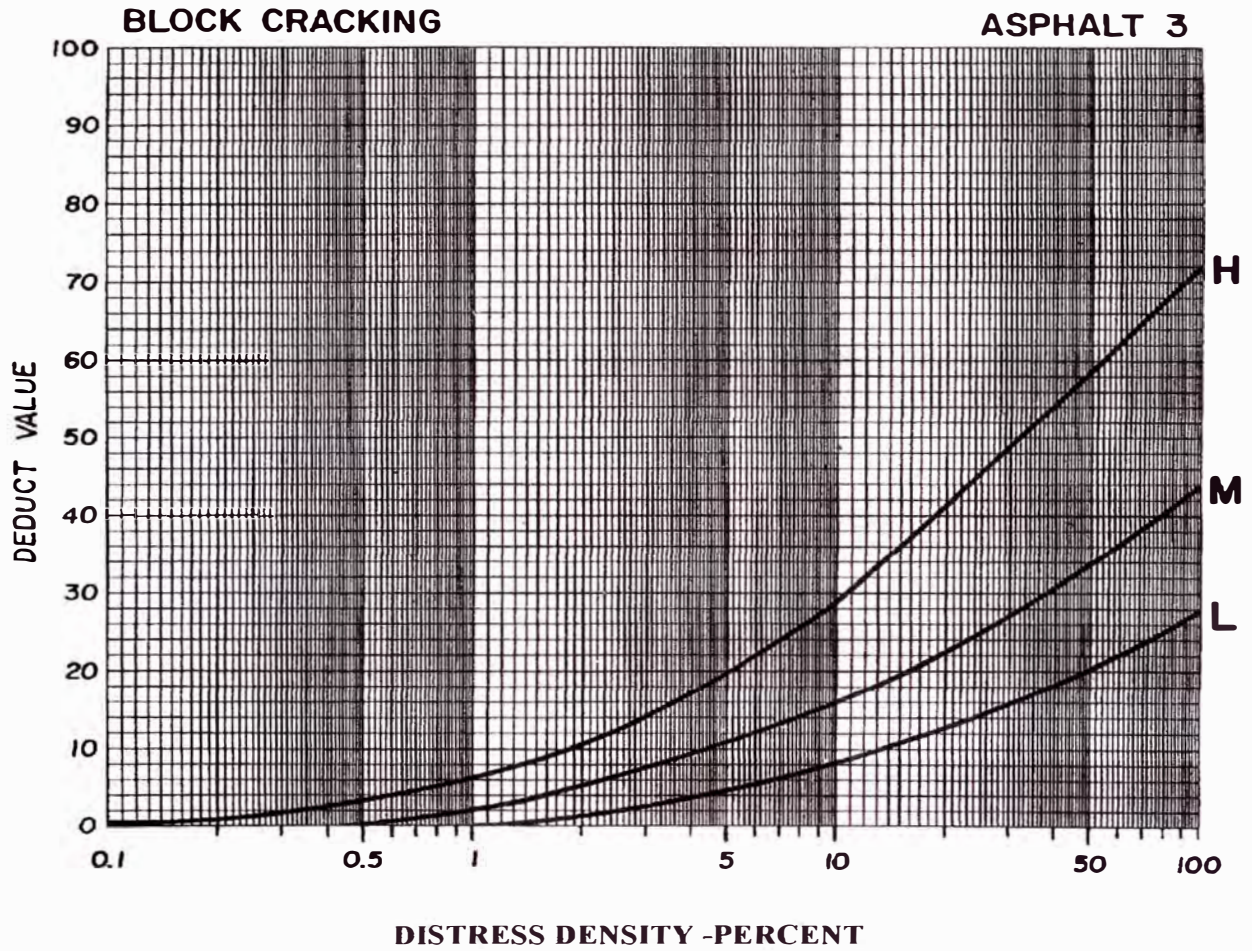


Figure C-3. Deduct value curves for block cracking.



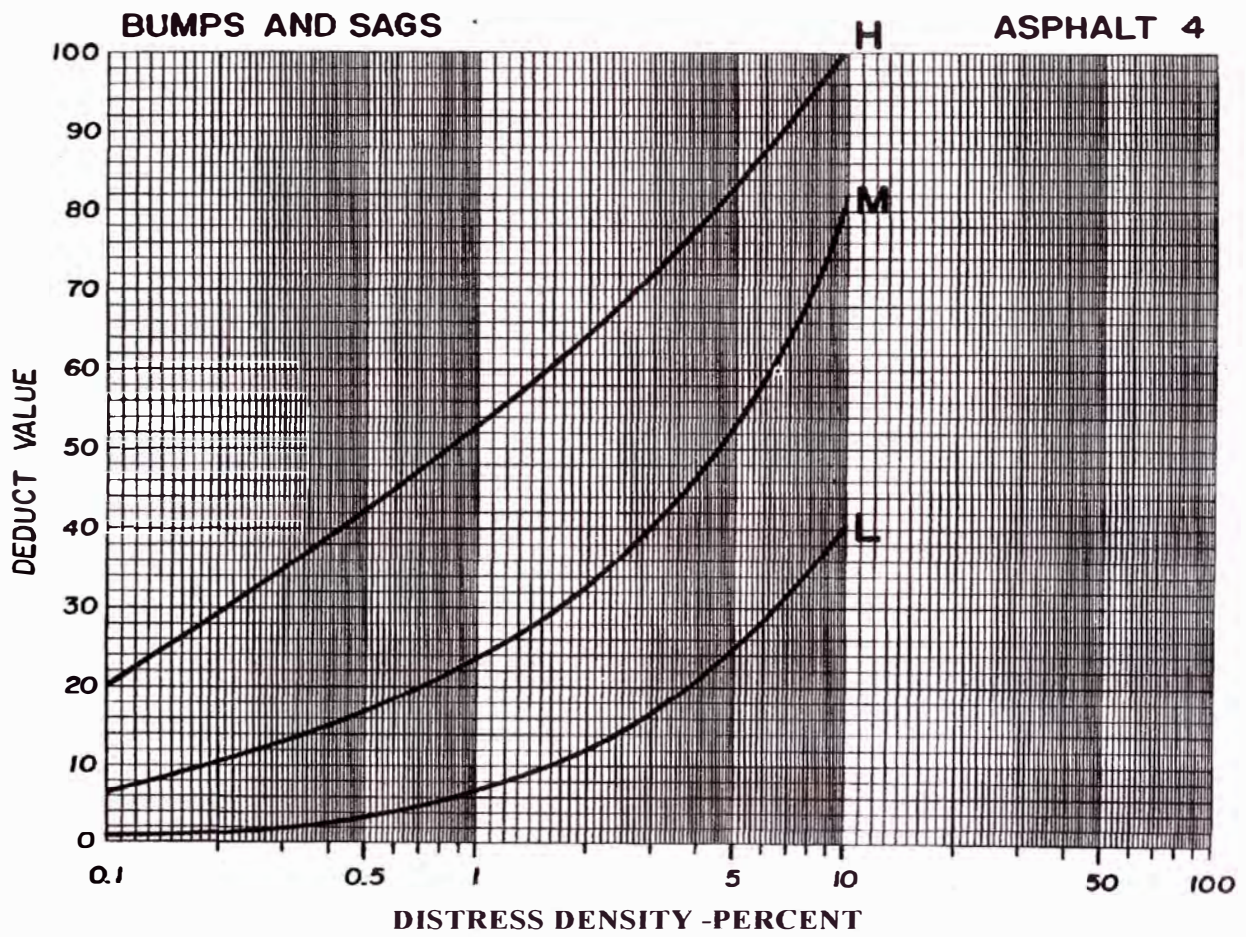
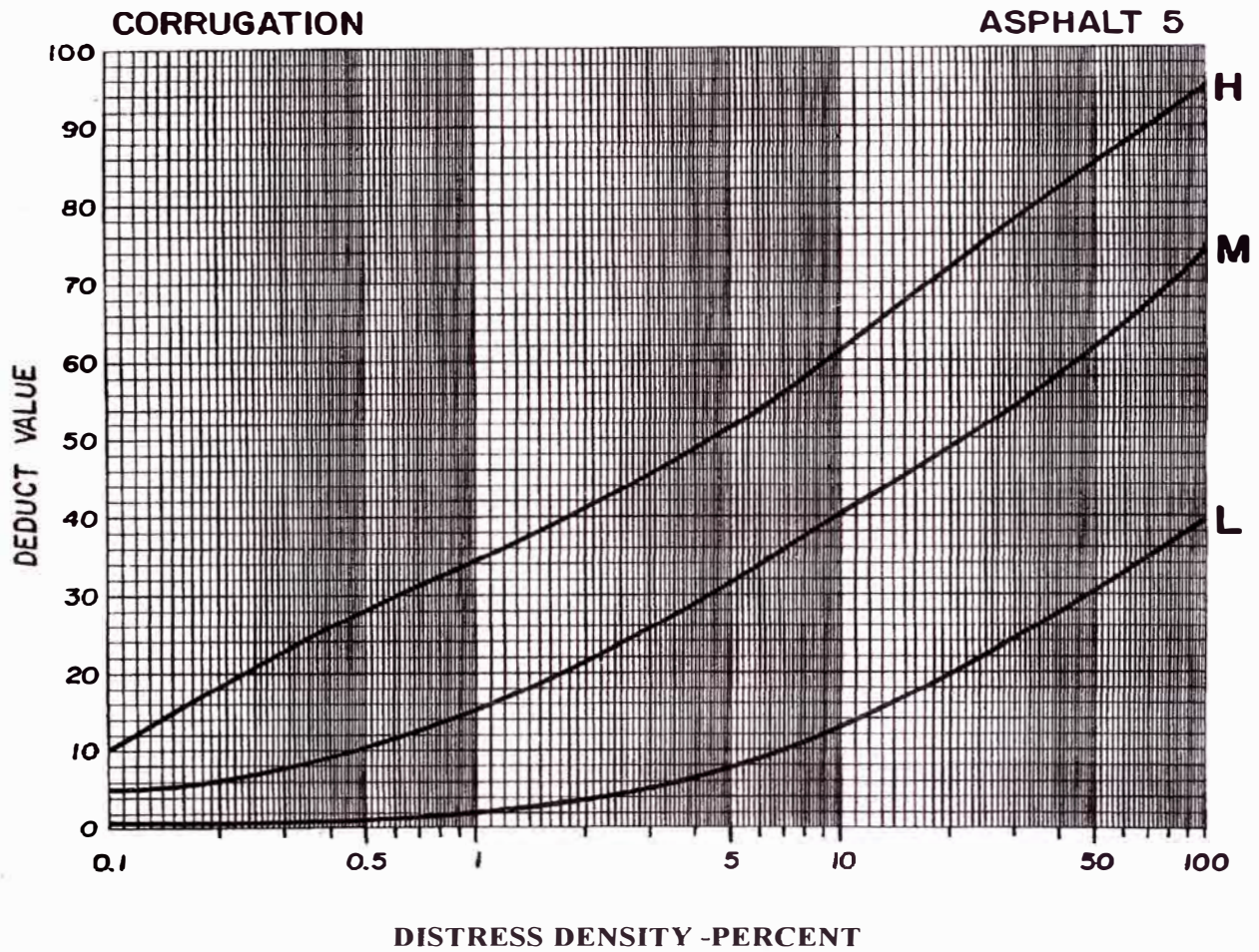
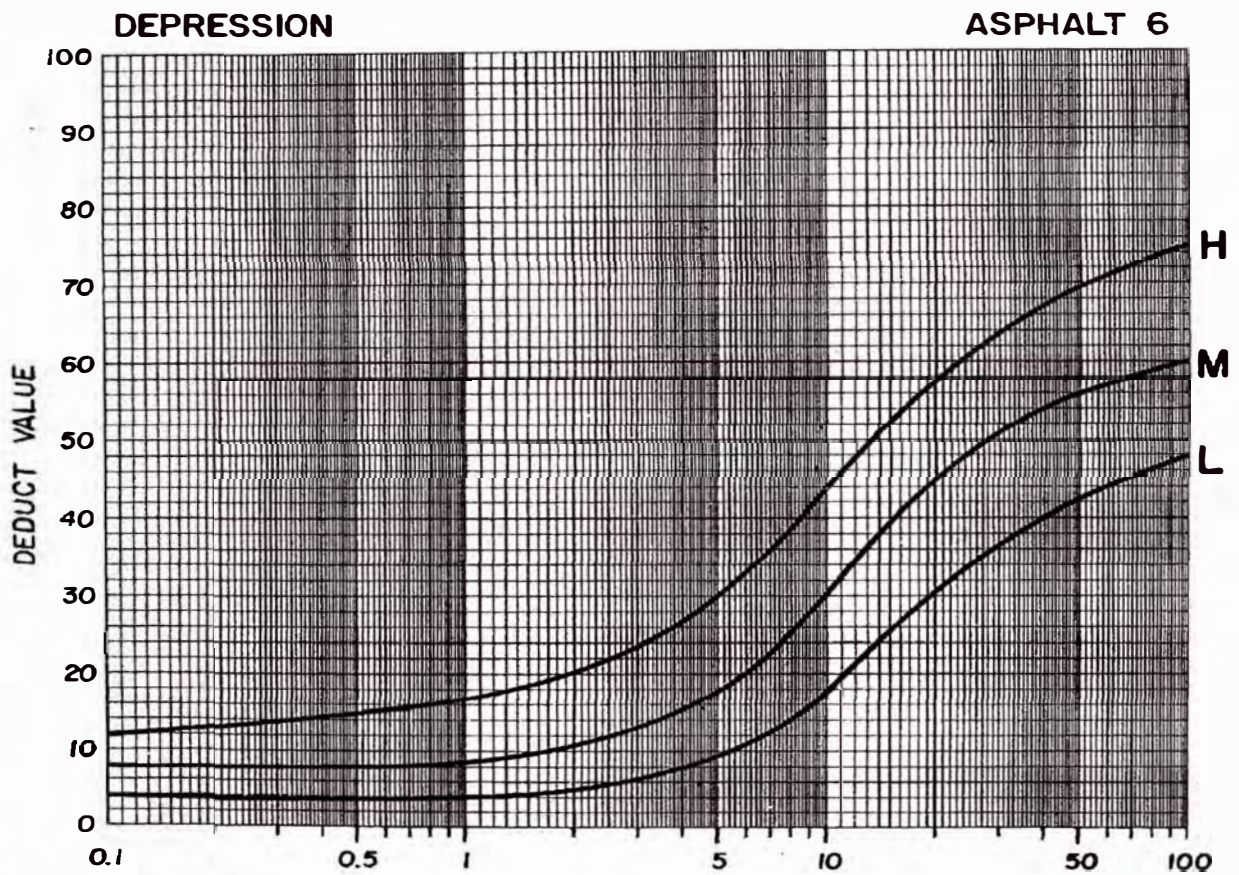


Figure C-4. Deduct value curves for bumps and sags.  
C-5

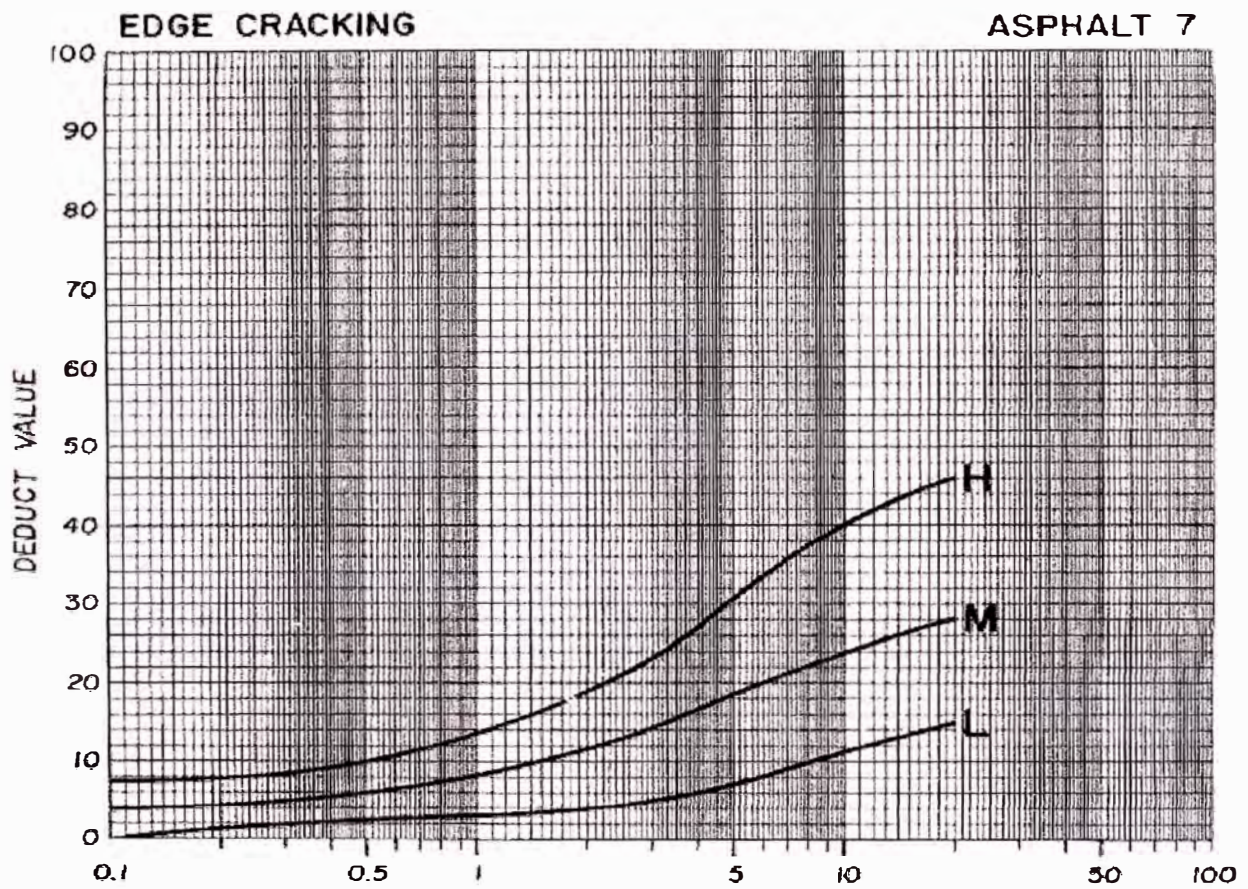


**DISTRESS DENSITY -PERCENT**  
Figure C-5. Deduct value curves for corrugation.  
C-6





**DISTRESS DENSITY -PERCENT**  
Figure C-6. Deduct value curves for depression.  
C-7



**DISTRESS DENSITY - PERCENT**  
Figure C-7. Deduct value curves for edge cracking.  
C-8



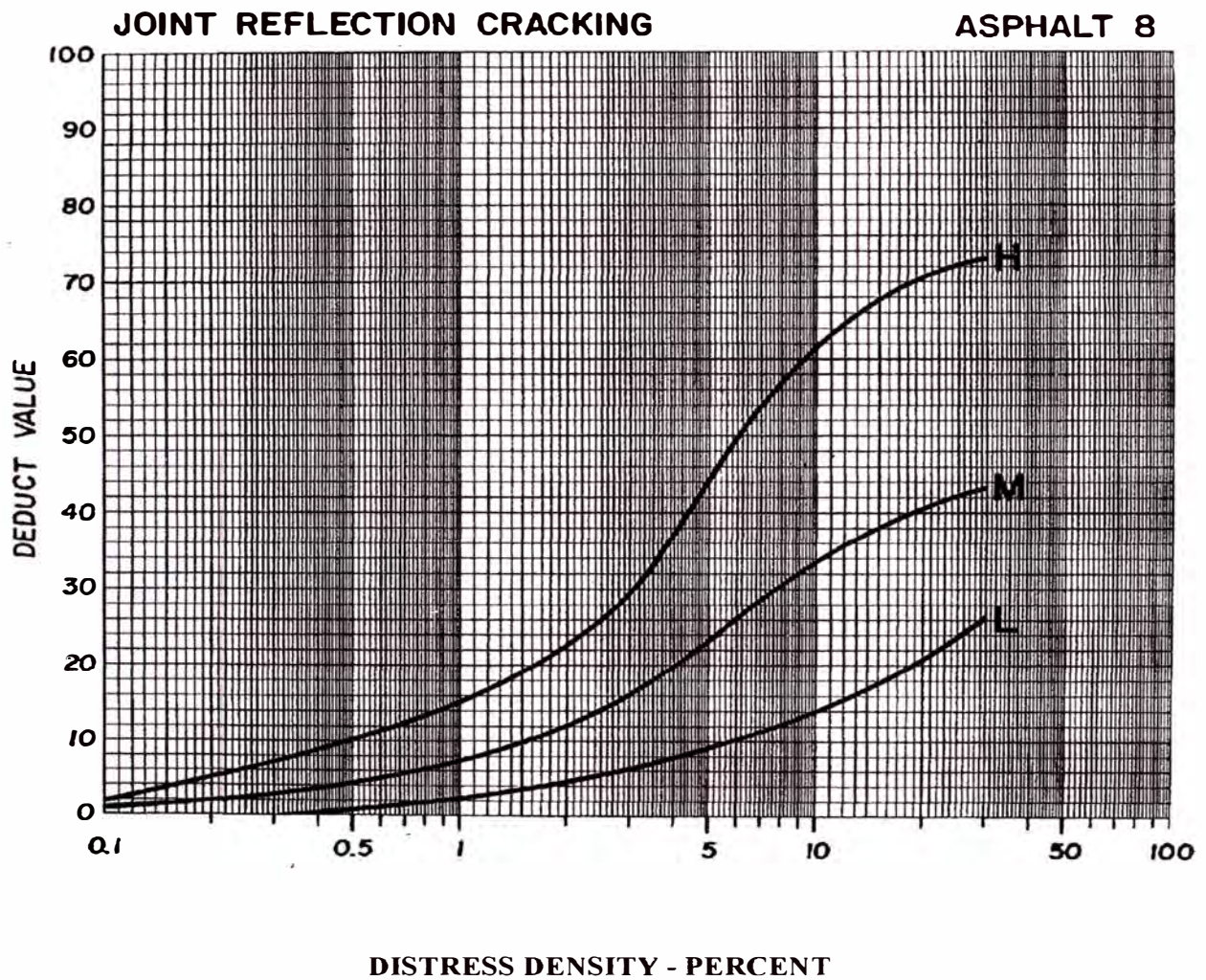
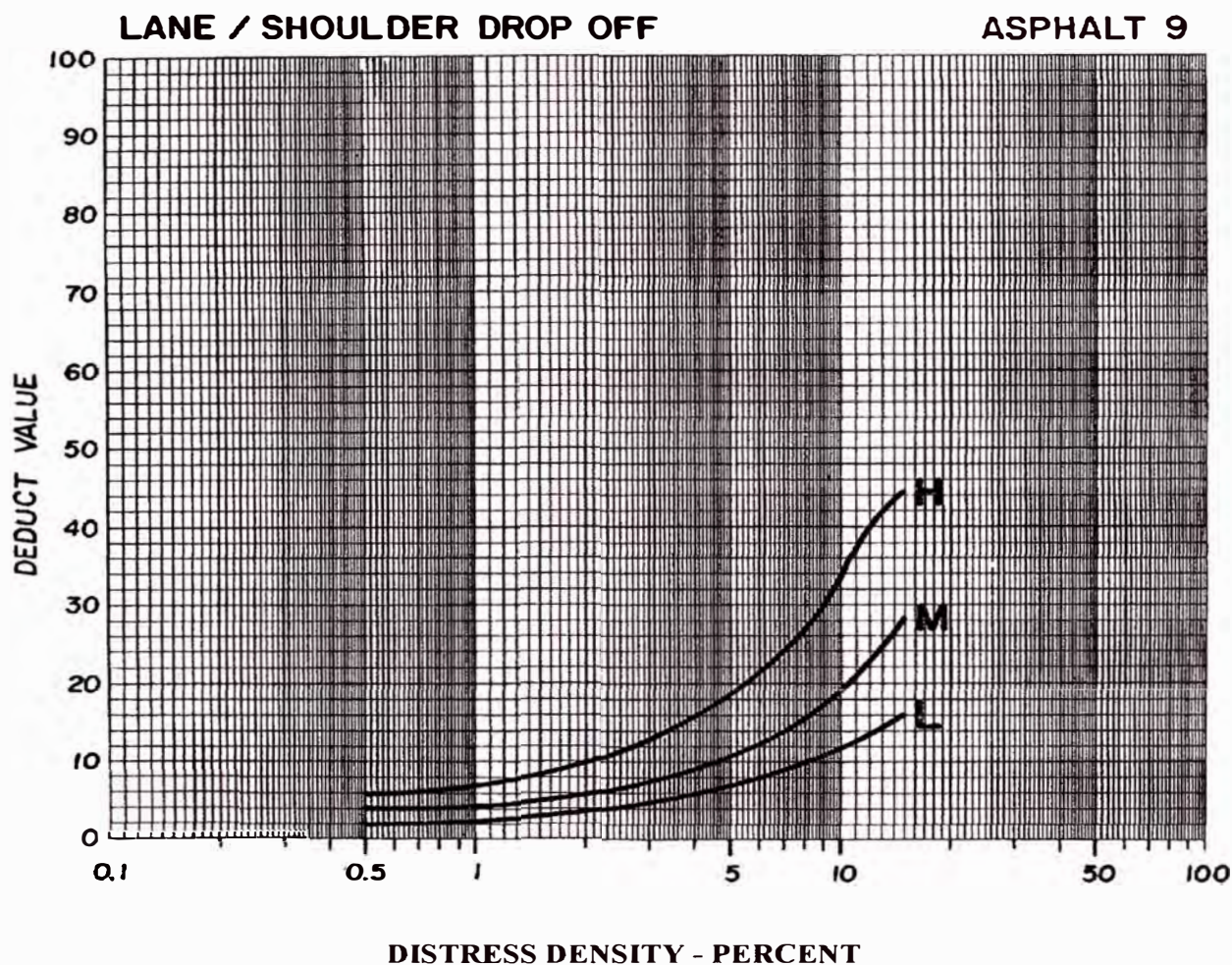


Figure C-8. Deduct value curves for joint reflection cracking.

C-9





**DISTRESS DENSITY - PERCENT**  
Figure C-9. Deduct value curves for lane/shoulder drop off  
C-10

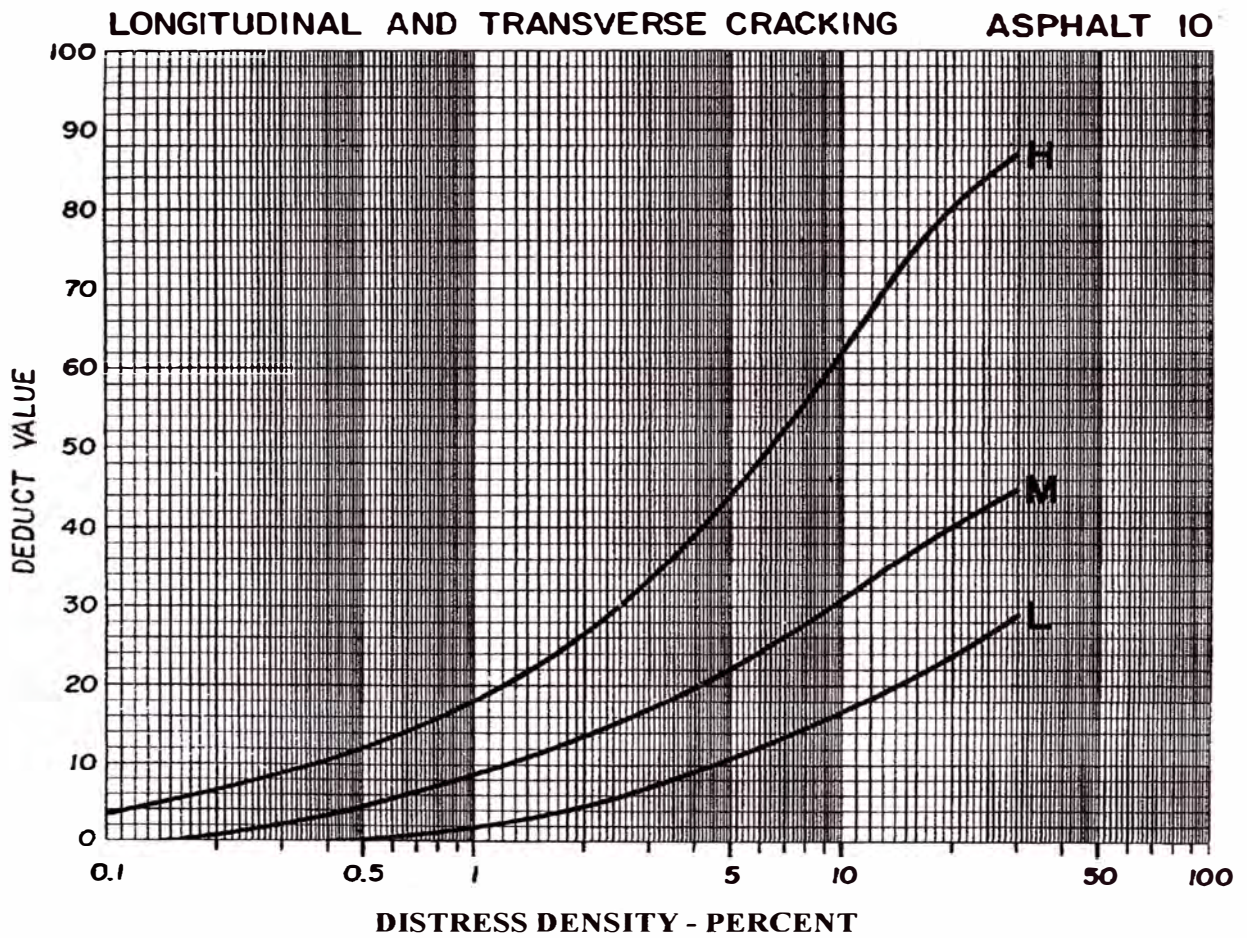
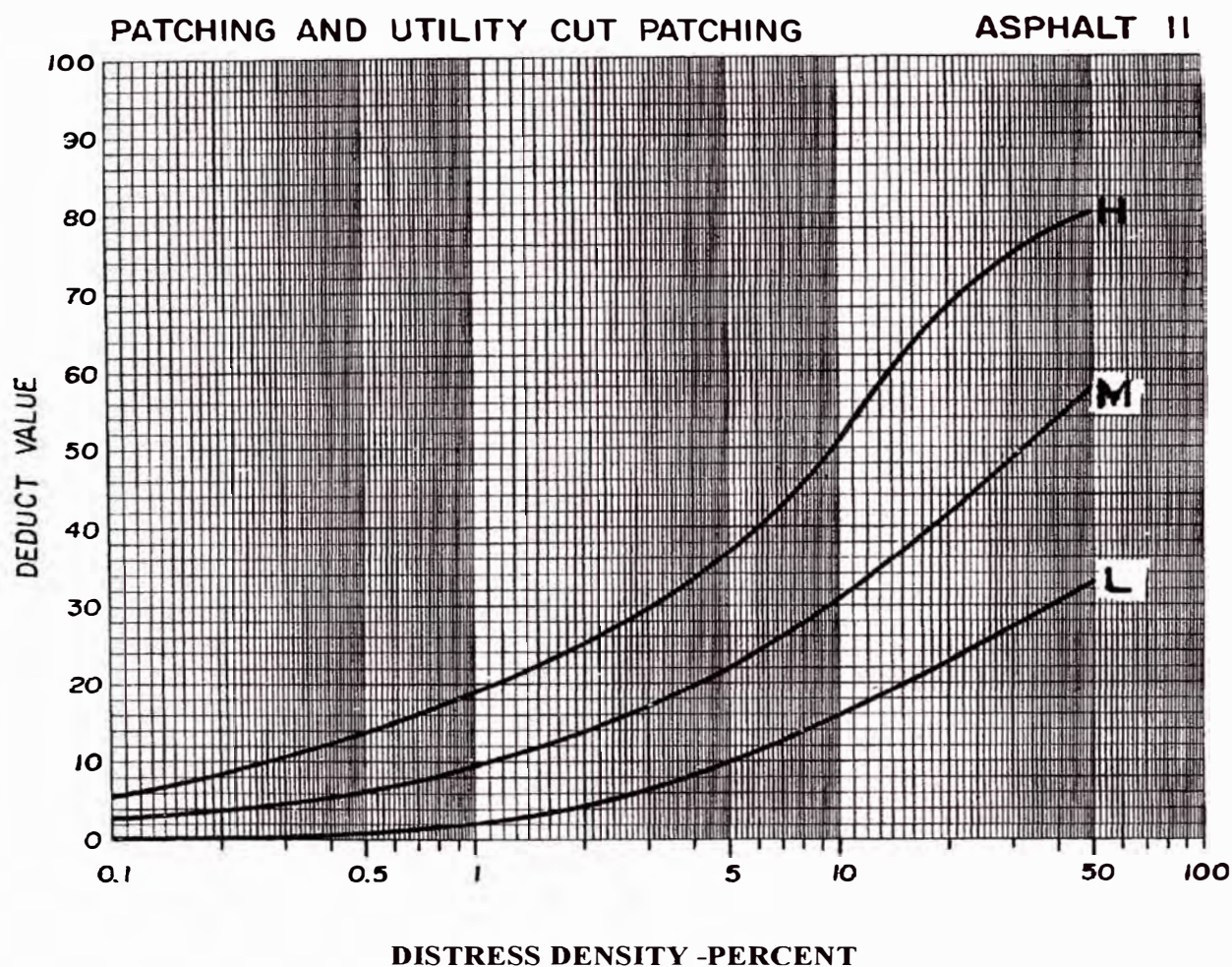
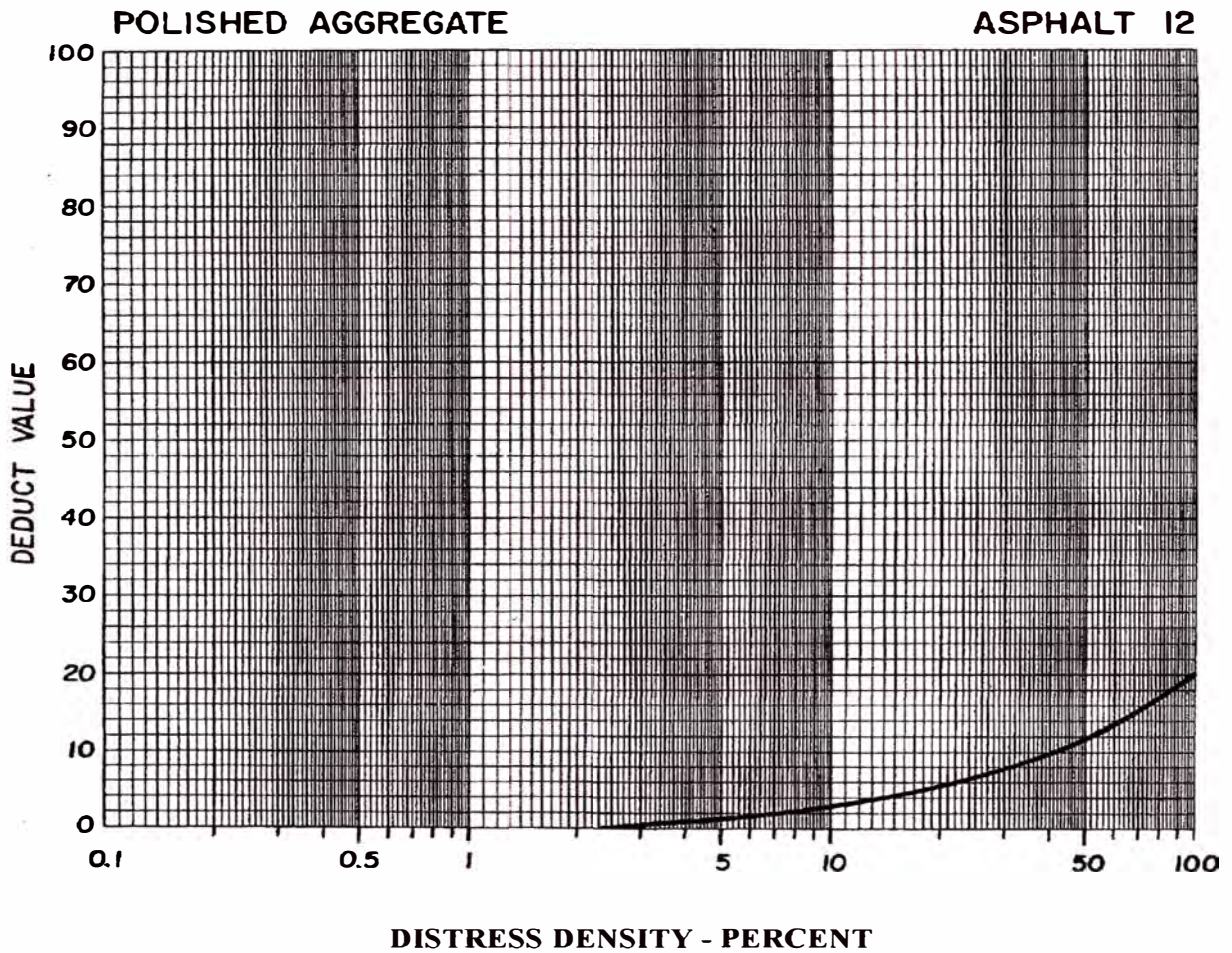


Figure C-10. Deduct value curves for longitudinal and transverse cracking.  
C-11





**DISTRESS DENSITY -PERCENT**  
Figure C-11. Deduct value curves for patching and utility cut patching.  
**C-12**



**DISTRESS DENSITY - PERCENT**  
Figure C-12. Deduct value curves for polished aggregate.  
C-13



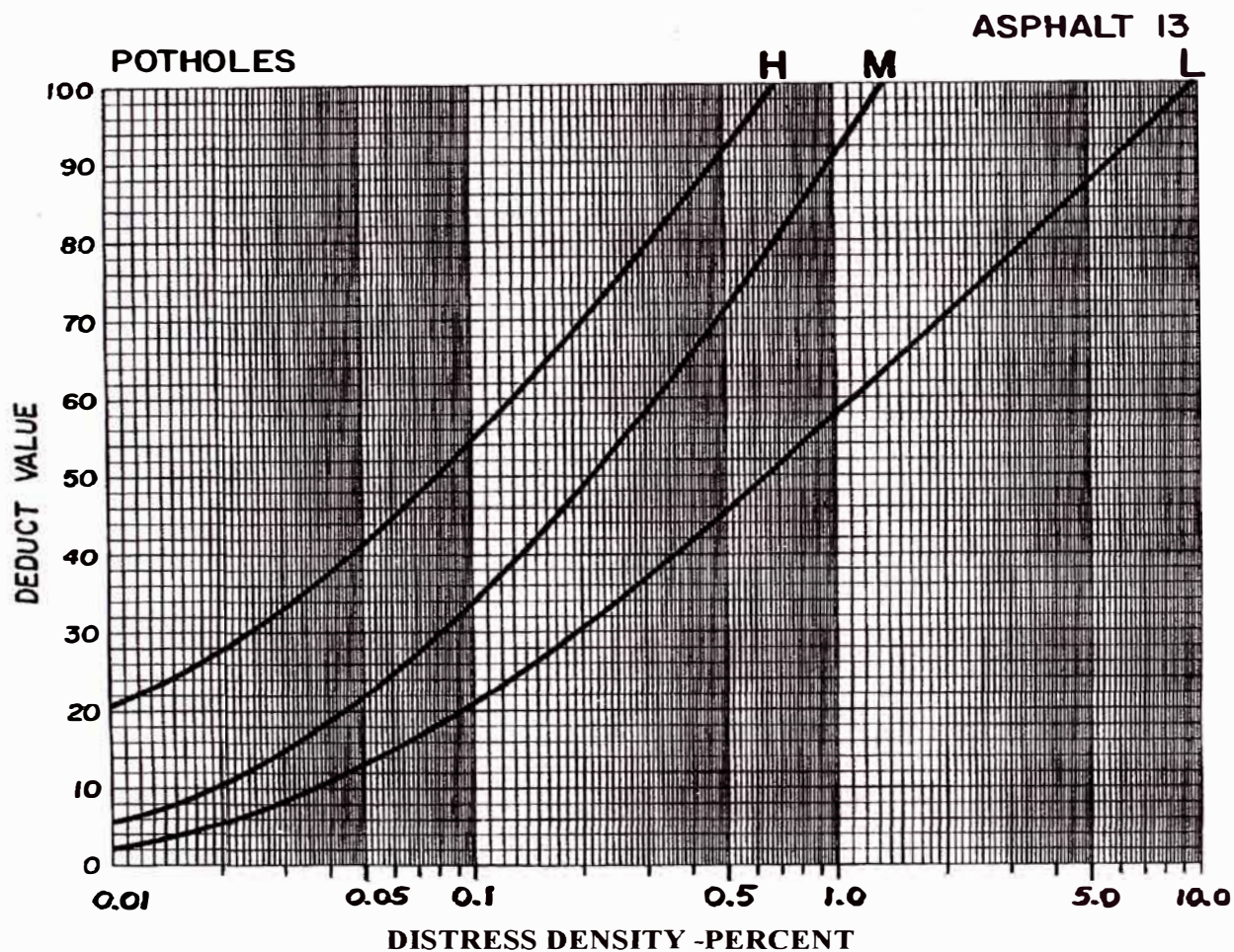
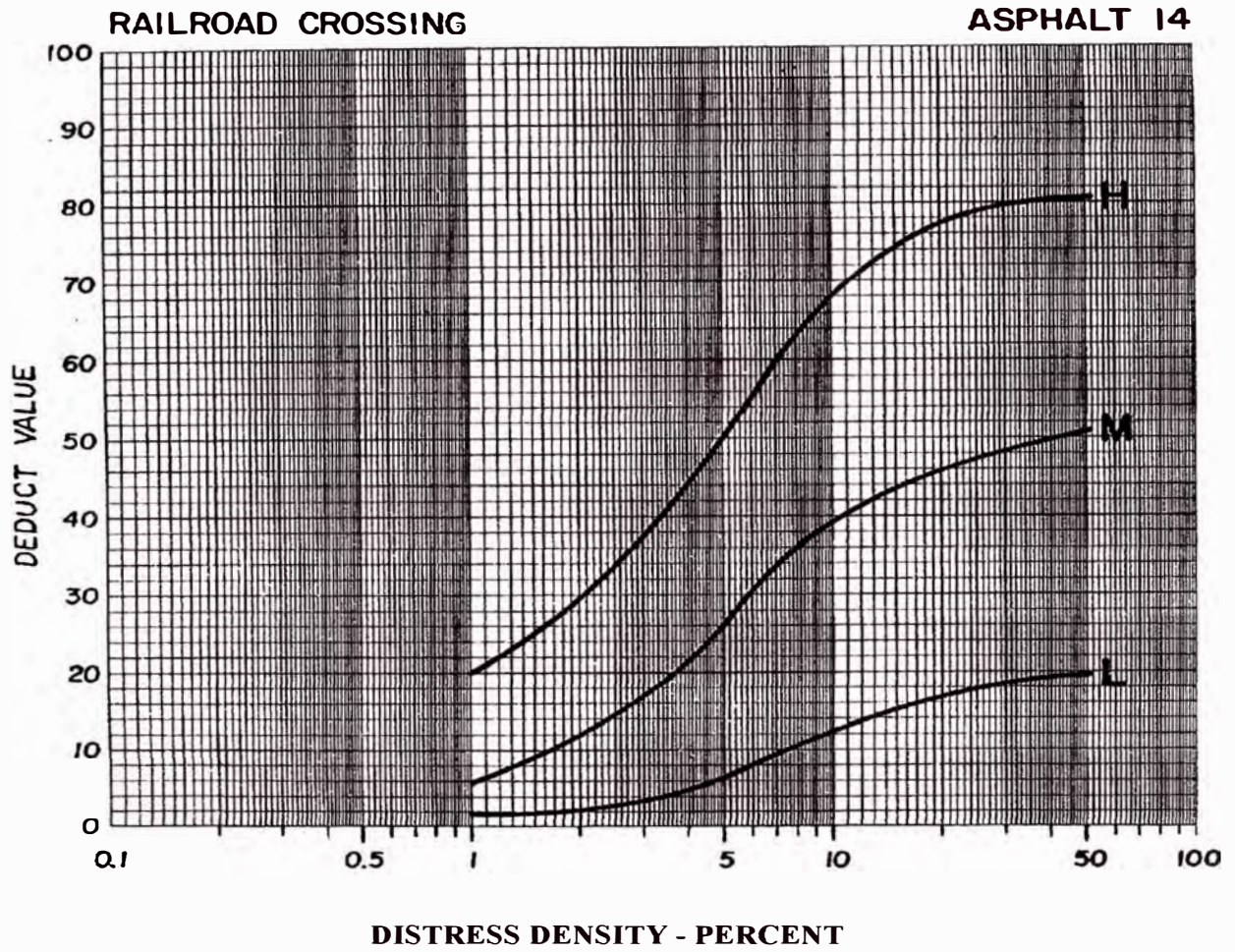


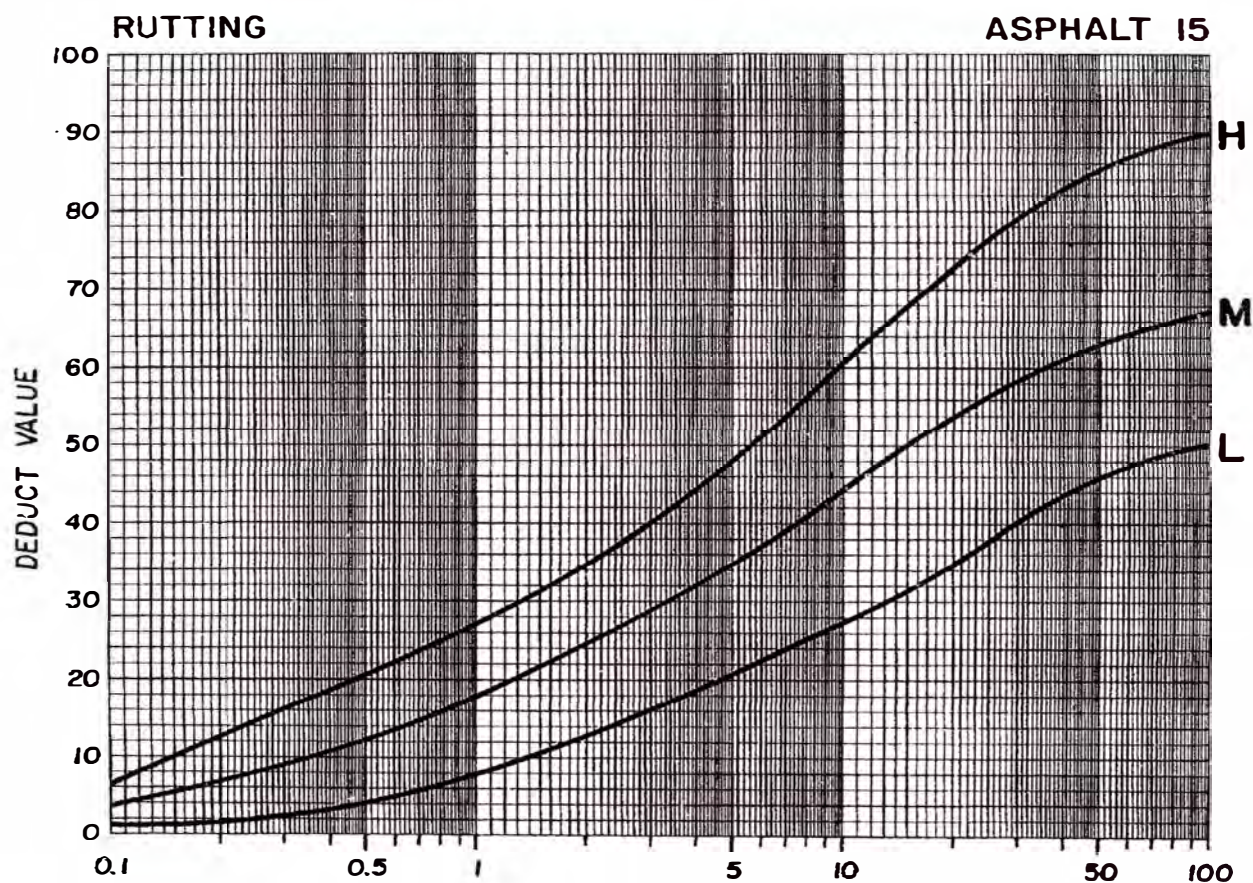
Figure C-13. Deduct value curves for potholes.

C-14



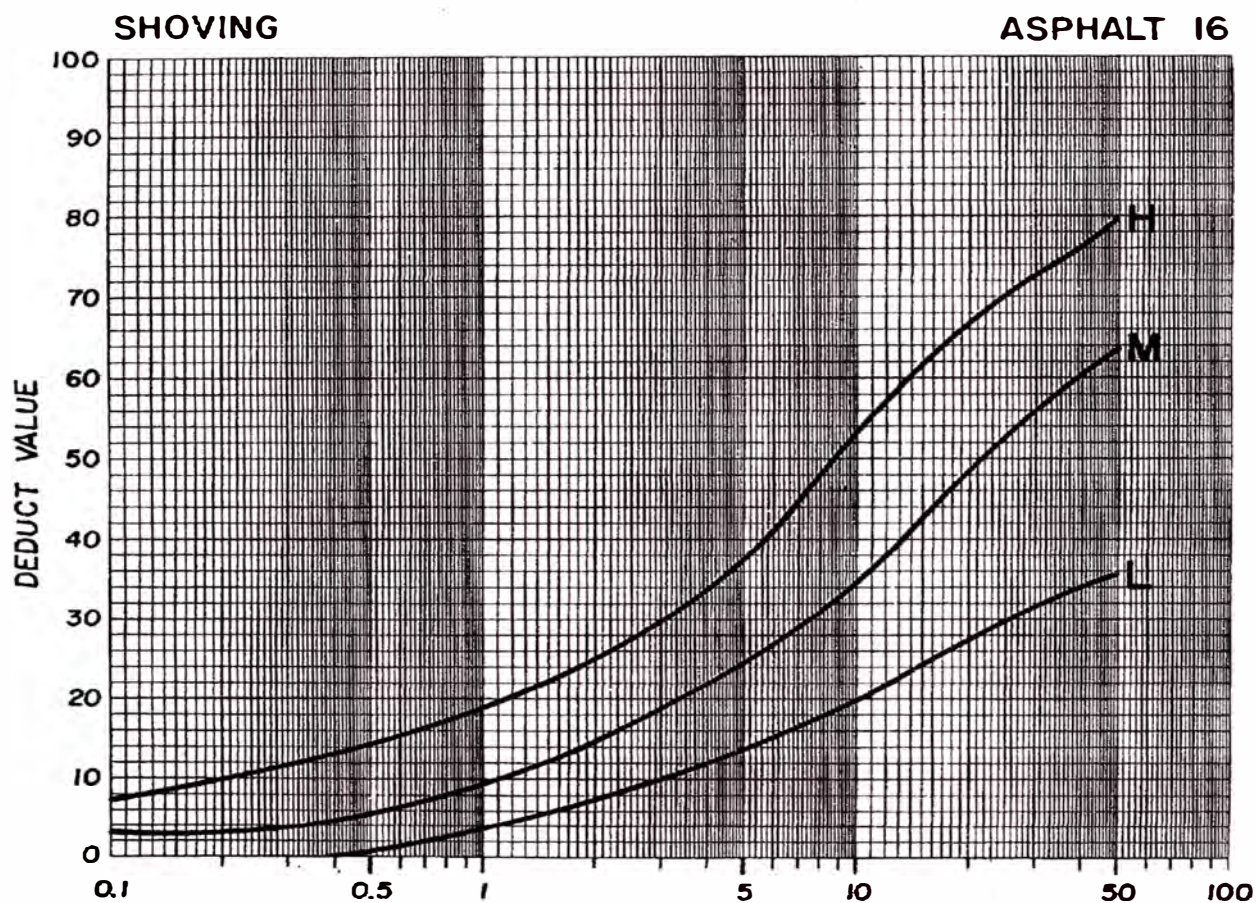
**DISTRESS DENSITY - PERCENT**  
Figure C-14. Deduct value curves for railroad crossing.  
C-15



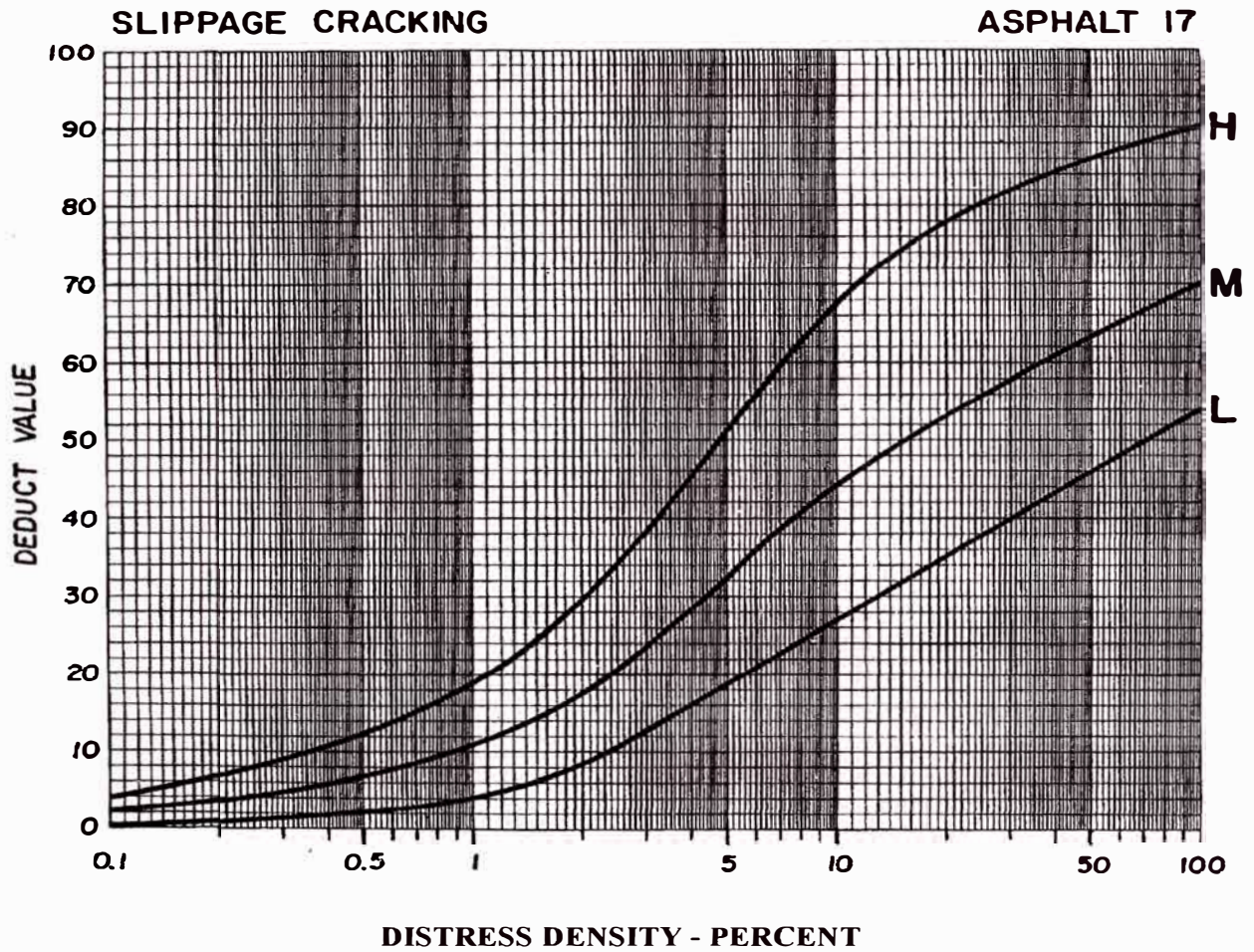


**DISTRESS DENSITY - PERCENT**  
Figure C-15. Deduct value curves for rutting.  
C-16



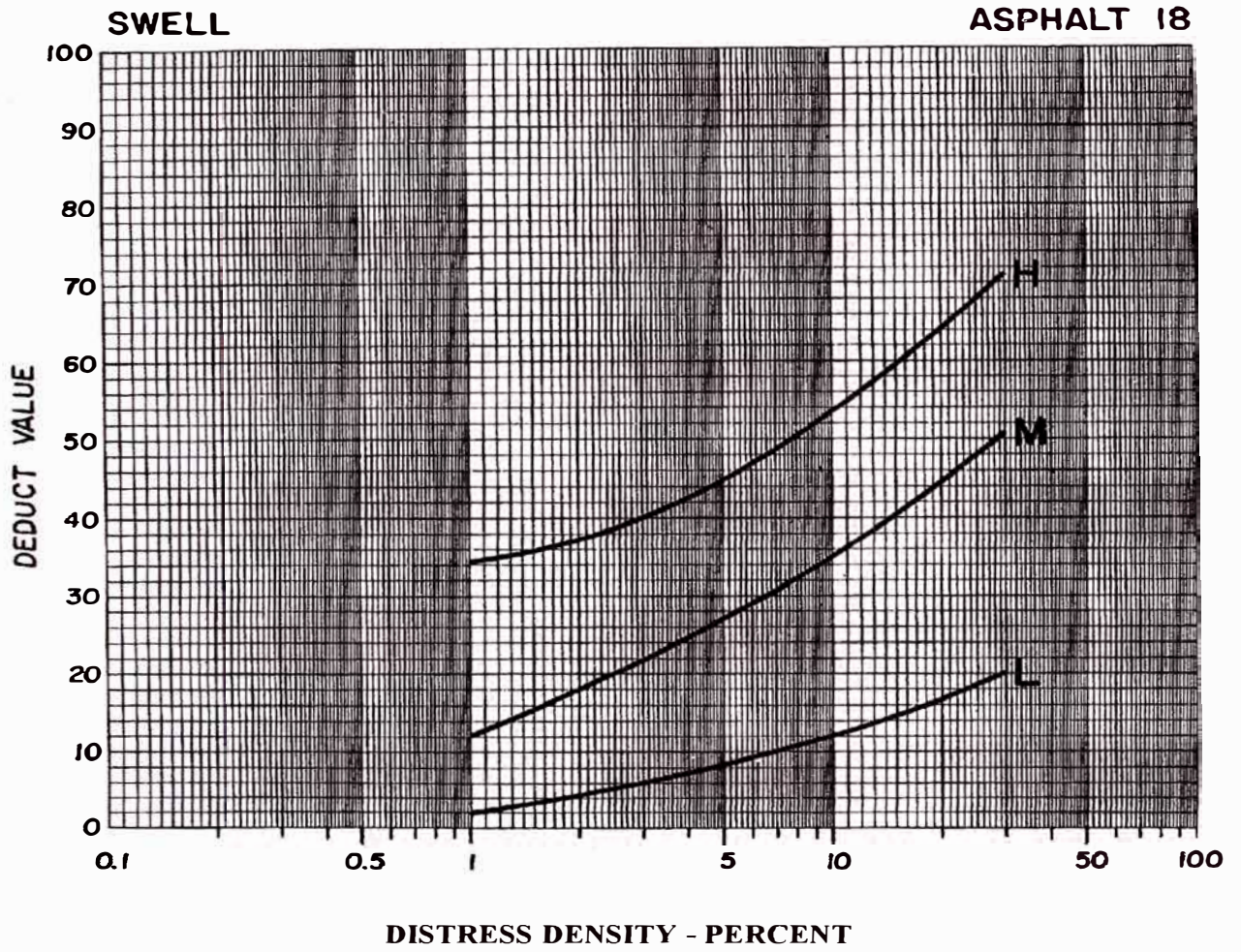


**DISTRESS DENSITY - PERCENT**  
Figure C-16. Deduct value curves for shoving.  
C-17



**DISTRESS DENSITY - PERCENT**  
Figure C-17. Deduct value curves for slippage.  
**C-18**





**DISTRESS DENSITY - PERCENT**  
Figure C-18. Deduct value curves for swell.  
**C-19**

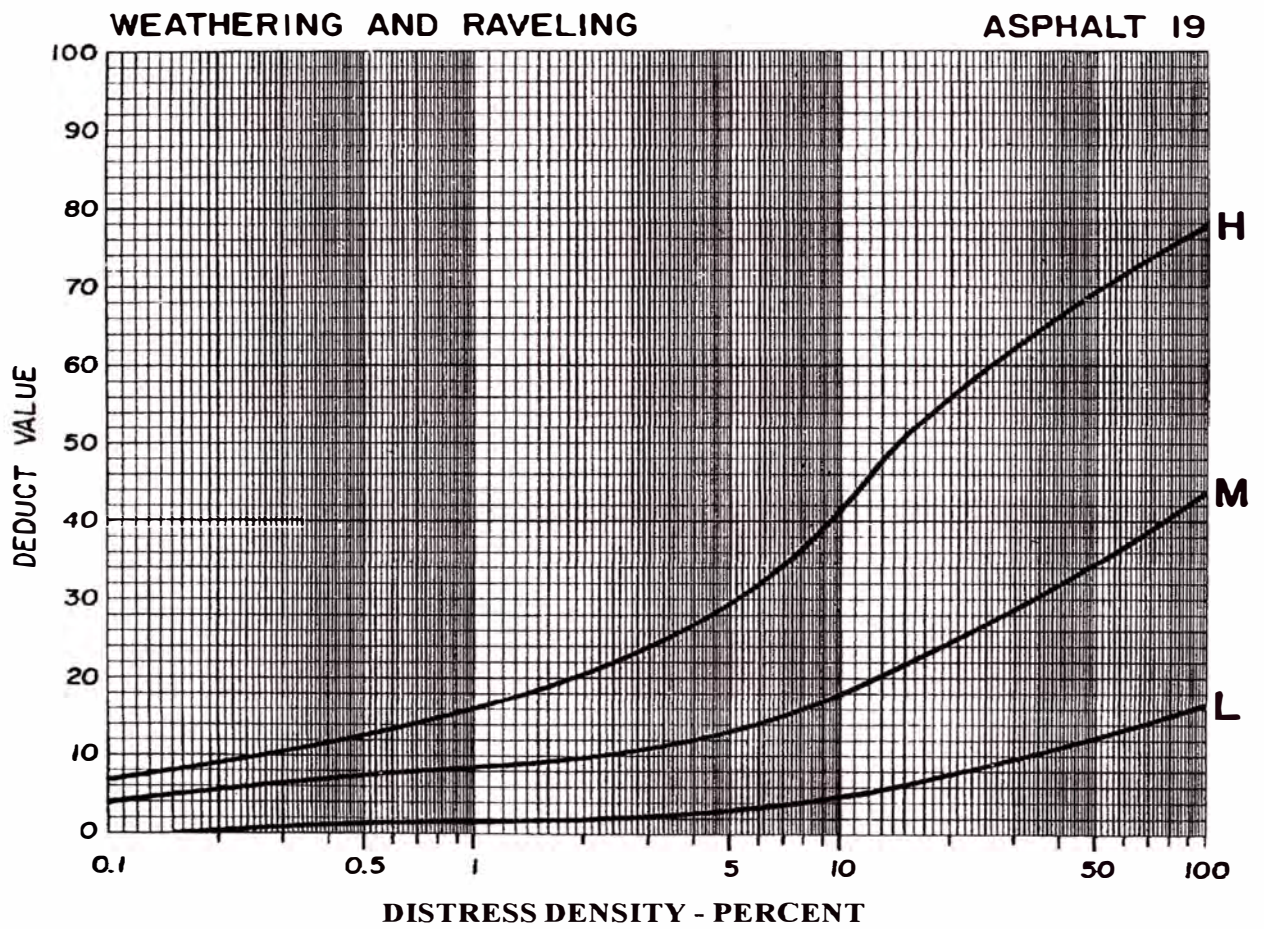


Figure C-19. Deduct value curves for weathering and raveling.  
C-20



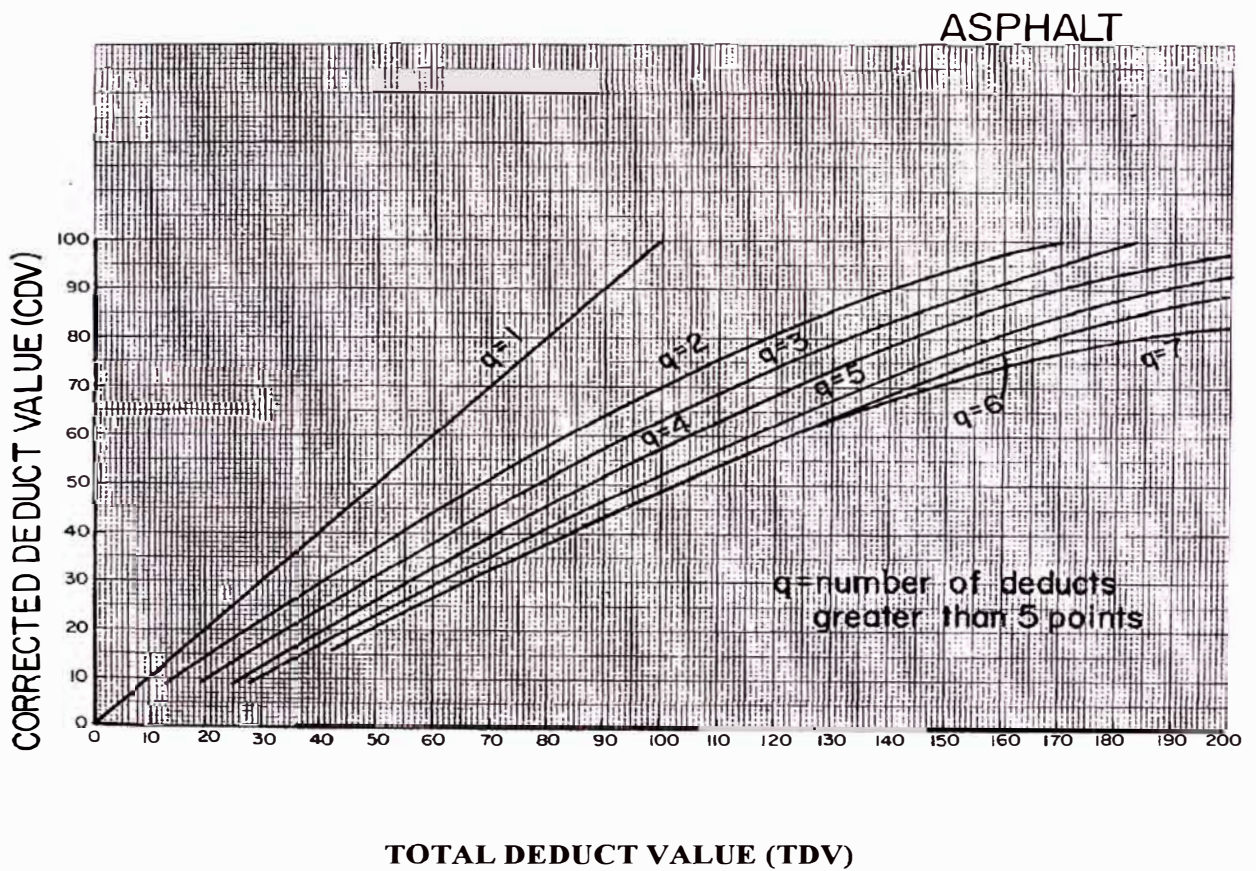


Figure C-20. Corrected deduct value curves for asphalt-surfaced pavements.  
C-21

## **ANEXO 03**

### **FORMATOS PARA EL CÁLCULO DEL PCI**

**EVALUACION SUPERFICIAL DE PAVIMENTOS - METODO PCI**

Carretera : Cañete - Yauyos - Chupaca  
 Departamento : Lima Hecho por Juan Rivera  
 Tramo : Km 79+000 - Km 80+000 Fecha : 03/10/2009  
 Longitud (m): 1000 Ancho (m): 3.7 Area Total: 3700 m<sup>2</sup>

TIPOS DE FALLAS							
1 Grieta Pel de cocodrilo	m2	11 Baches y zanjas reparadas	m2				
2 ■udacion de Asfalto	m2	12 Agregados Pulidos	m2				
3 Grietas de contraccion - Bloques	m2	13 Huecos	und				
4 Elevaciones - Hundimiento	m	14 cruce de rieles	m2				
5 Corrugaciones	m2	15 Ahuellamiento	m2				
6 Depresiones	m2	16 Deformacion de empuje	m2				
7 Grietas de borde	m	17 Grietas de Deslizamiento	m2				
8 Grietas de reflexion de juntas	m	18 Hinchamiento	m2				
9 Desnivel de calzada	m	19 Disgregacion y Desintegracion	m2				
10 Grieta longitudinal y transversal	m						

TIPOS DE FALLAS EXISTENTES							
	11	6	15	19			
	3M	2L	2.1L	0.5L			
				8L			
TOTAL	BAJA (L)	2	2.1	8.5			
	MEDIA (M)	3					
	ALTA (H)						

CALCULO DEL PCI			
TIPO DE FALLA	DENSIDAD %	SEVERIDAD	VALOR DE DEDUCCION
11	0.0800	M	0.00
6	0.0500	L	0.00
15	0.0600	L	0.00
19	0.2300	L	1.00
VALOR TOTAL DE DEDUCCION (VDT)			1.00
VALOR TOTAL DE DEDUCCION CORREGIDO (VDC)			1.00

PCI = 100 - VDC
99
CONDICION DEL
EXCELENTE







**EVALUACION SUPERFICIAL DE PAVIMENTOS - METODO PCI**

Carretera : Cañete - Yauyos - Chupaca  
 Departamento : Lima  
 Tramo : Km 82+000 - Km 83+000  
 Longitud (m) : 1000 Ancho (m): 3.4  
 Hecho por Juan Rivera  
 Fecha 03/10/2009  
 Area Total: 3400 m<sup>2</sup>

TIPOS DE FALLAS								
1 Grieta Piel de cocodrilo	m2	11 Baches y zanjas reparadas	m2					
2 Exudacion de Asfalto	m2	12 Agregados Pulidos	m2					
3 Grietas de contraccion - Bloques	m2	13 Huecos	und					
4 Elevaciones - Hundimiento	m	14 cruce de rieles	m2					
5 Corrugaciones	m2	15 Ahuellamiento	m2					
6 Depresiones	m2	16 Deformacion de empuje	m2					
7 Grietas de borde	m	17 Grietas de Deslizamiento	m2					
8 Grietas de reflexion de juntas	m	18 Hinchamiento	m2					
9 Desnivel de catzada	m	19 Disgregacion y Desintegracion	m2					
10 Grieta longitudinal y transversal	m							

TIPOS DE FALLAS EXISTENTES								
	5	13	2	19				
	6.8L	16L	16.5M	33H				
			120L	1.5M				
TOTAL	BAJA (L)	6.8	16	120				
	MEDIA (M)			16.5	1.5			
	ALTA (H)				33			

CALCULO DEL PCI				
TIPO DE FALLA	DENSIDAD %	SEVERIDAD	VALOR DE DEDUCCION	
5	0.2000	L	1.00	PCI =100-VDC  _____ 76  CONDICION DEL PAVIMENTO  _____ EXCELENTE
13	0.4700	L	12.00	
2	3.5300	L	1.00	
2	0.4900	M	2.00	
19	0.0400	M	0	
19	0.9700	H	16	
VALOR TOTAL DE DEDUCCION (VDT)			32.00	
VALOR TOTAL DE DEDUCCION CORREGIDO (VDC)			24	

