



Designación: D6433-03

## Procedimiento Estándar para la Inspección del Índice de Condición del Pavimento en Caminos y Estacionamientos<sup>1</sup>

Este estándar ha sido publicado bajo la denominación D 6433; el número después de la denominación indica el año de la adopción original o, en caso de revisión, el año de la revisión. El número en paréntesis indica el año de la última re-aprobación. El superíndice épsilon ( $\epsilon$ ) indica un cambio editorial desde la última revisión o re-aprobación.

### 1. Alcance

1.1 Este procedimiento comprende la determinación de la condición del pavimento de caminos y estacionamientos a través de inspecciones visuales usando el método del Índice de Condición del Pavimento (PCI) que cuantifica la condición del pavimento.

1.2 El PCI para caminos y estacionamientos fue desarrollado por el Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los Estados Unidos (1,2)<sup>2</sup>. Ha sido verificado y adoptado por el DOD y APWA.

1.3 Los valores establecidos están en unidades pulgada-libra y deberán ser considerados como los valores estándar. Las unidades del SI indicadas en paréntesis son referenciales.

1.4 *Este estándar no pretende solucionar aspectos de seguridad si alguno estuviera asociado con su práctica. Es responsabilidad del usuario establecer las prácticas de seguridad y salud apropiadas y determinar la aplicabilidad de las limitaciones reguladoras antes de su uso.* Declaraciones preventivas específicas pueden ser encontradas en la Sección 6.

### 2. Terminología

#### 2.1 Definiciones de Términos Específicos para Este Procedimiento:

2.1.1 *muestra adicional.* - es una unidad de muestra inspeccionada adicionalmente a las unidades de muestra seleccionadas al azar cuyo fin es incluir unidades de muestra no-representativas en la determinación de la condición del pavimento. Incluyendo muestras muy pobres o excelentes que no son típicas en la sección ni entre las unidades de muestra, que contienen deterioros poco comunes tales como cortes utilitarios (ejemplo: corte para instalación de tuberías agua/desagüe, electricidad, teléfonos, etc.). Si una unidad de muestra que contiene una falla poco común es escogida al azar como unidad de muestra, esta deberá ser considerada como unidad de muestra adicional y otra unidad de muestra al azar deberá ser escogida. Si todas las unidades de muestra son inspeccionadas, entonces no habrá unidades de muestra adicional.

2.1.2 *superficie de concreto asfáltico (CA).*- es una mezcla de agregados con ligante de cemento asfáltico. Este término también se refiere a las superficies construidas con alquitranes de carbón y alquitranes naturales para los propósitos de este procedimiento.

2.1.3 *tramo de pavimento.*- un tramo es una parte identificable de la red de pavimento que es una sola entidad y tiene una función específica. Por ejemplo, cada camino o estacionamiento es un tramo separado.

<sup>1</sup> 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.

Edición vigente aprobada en Dic.1, 2003. Publicada en Enero, 2004. Originalmente aprobada en 1999. Última edición aprobada en 1999 como D6433-99.

<sup>2</sup> Los números en negrilla y paréntesis se refieren a la bibliografía que se encuentra al final del procedimiento.



2.1.4 *Índice de condición del pavimento (PCI)*.- es un grado numérico de la condición de pavimento de 0 a 100, siendo 0 la peor condición posible y 100 la mejor condición posible.

2.1.5 *grado de la condición del pavimento*.- es una descripción verbal de la condición del pavimento como una función del valor de PCI que varía entre “fallado” hasta “excelente” como se muestra en la figura 1.

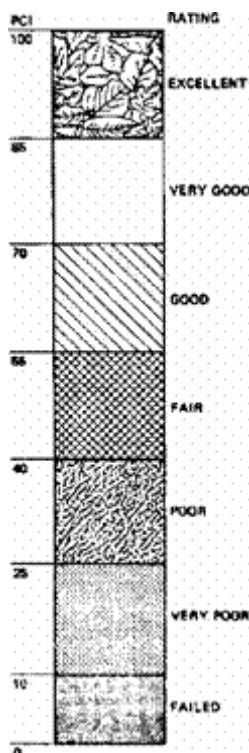


Figura 1. Índice de Condición del Pavimento (PCI) y Escala de Graduación.

2.1.6 *fallas del pavimento*.- indicadores externos del deterioro del pavimento causado por las cargas, factores ambientales, deficiencias constructivas, o una combinación de estas causas. Las fallas típicas son las fisuras, ahuellamientos y desgaste por acción del medio ambiente de la superficie del pavimento (peladuras). Los tipos de falla y sus niveles de severidad detallados en el Apéndice X1 para pavimentos de CA, y Apéndice X2 para pavimentos PCC deberán ser usados para obtener un valor real de PCI.

2.1.7 *unidad de muestra del pavimento*.- es una subdivisión de una sección de pavimento que tiene un tamaño estándar que varía de: 20 losas contiguas (+/-8 losas, si el número total de losas en la sección no es exactamente divisible entre 20 o para acomodar condiciones de campo específicas) para pavimentos PCC, y 2500 pies cuadrados contiguos, +/- 1000 ft<sup>2</sup> (225 +/- 90 m<sup>2</sup>), si el pavimento no es exactamente divisible entre 2500 o para acomodar condiciones de campo específicas) para pavimentos de CA.

2.1.8 *sección de pavimento*.- es una área de pavimento contigua de construcción, mantenimiento, historial de uso y condición uniformes. Una sección debe tener el mismo volumen de tráfico e intensidad de carga.

2.1.9 *pavimento de concreto de cemento Pórtland (PCC)*.- mezcla de agregados con ligante de cemento Pórtland incluyendo pavimentos articulados reforzados y pavimentos no reforzados.

2.1.10 *muestra al azar*.- unidad de muestra de la sección de pavimento, seleccionada para la inspección mediante técnicas de muestreo aleatorio, tales como el uso de una tabla de números al azar o procedimientos aleatorios sistemáticos.



### 3.- Sumario del Procedimiento

3.1 El pavimento es dividido en tramos que a su vez son divididos en secciones. Cada sección se divide en unidades de muestra. El tipo y severidad de falla del pavimento son determinados por inspección visual de las unidades de muestra de pavimento. La cantidad de la falla es medida como esta descrito en el Apéndice X1 y el Apéndice X2. La información de fallas es utilizada para calcular el PCI para cada unidad de muestra. El PCI de la sección de pavimento es determinado basándose en el PCI de las unidades de muestra inspeccionadas dentro de la sección.

### 4.- Significado y Uso

4.1 El PCI es un indicador numérico que valora la condición superficial del pavimento. El PCI proporciona una medida de la condición presente del pavimento basada en las fallas observadas en la superficie del pavimento, que también indican la integridad estructural y condición operacional de la superficie (rugosidad localizada y seguridad). El PCI no puede medir la capacidad estructural ni la medida directa de la resistencia al deslizamiento o rugosidad. Proporciona una base objetiva y racional para determinar la necesidad de conservación y reparación y sus prioridades. 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 mayor. El PCI brinda información sobre el comportamiento del pavimento para su validación o mejoramiento del diseño existente y procedimientos de conservación.

### 5.- Materiales e Instrumentos

5.1 *Hojas de Datos*, u otros instrumentos de registro de campo que contenga como mínimo la siguiente información: fecha, ubicación, tramo, sección, tamaño de la unidad de muestra, número de losa y tamaño, tipos de fallas, niveles de severidad, cantidades, y nombres del personal que realiza la inspección. Ejemplos de formatos de registro de datos para pavimentos de CA y pavimentos PCC se muestran en las figuras 2 y 3.

5.2 *Rueda de Odómetro Manual*, con lectura aproximada a 0.1 ft (30 mm).

5.3 *Regla o Cordel*, (sólo para pavimentos de CA), de 10 ft (3 m).

5.4 *Escala*, 12 pulgadas (300 mm) que lea hasta 1/8 de pulgada (3 mm.) o más. Adicionalmente es necesario una regla de 12 pulgadas (300 mm) para medir los desniveles en juntas de pavimentos PCC.

5.5 *Plano de Distribución*, de la red que será evaluada.

### 6. Peligros

6.1 El tráfico representa un peligro ya que los inspectores deberán caminar sobre el pavimento para inspeccionar su condición.

### 7. Muestreo y Unidades de Muestra

7.1 Identificar tramos o áreas en el pavimento con diferentes usos en el plano de distribución de la red tales como caminos y estacionamientos.



7.2 Dividir cada tramo en secciones basándose en criterios como diseño del pavimento, historia de su construcción, tráfico y condición del mismo.



ASPHALT SURFACED ROADS AND PARKING LOTS CONDITION SURVEY DATA SHEET FOR SAMPLE UNIT										SKETCH:		
BRANCH _____		SECTION _____		SAMPLE UNIT _____								
SURVEYED BY _____		DATE _____		SAMPLE AREA _____								
1. Alligator Cracking		6. Depression		11. Patching & Util Cut Patching			16. Shoving					
2. Bleeding		7. Edge Cracking		12. Polished Aggregate			17. Slippage Cracking					
3. Block Cracking		8. Jt. Reflection Cracking		13. Potholes			18. Swell					
4. Bumps and Sags		9. Lane/Shoulder Drop Off		14. Railroad Crossing			19. Weathering/Raveling					
5. Corrugation		10. Long & Trans Cracking		15. Rutting								
DISTRESS SEVERITY	QUANTITY									TOTAL	DENSITY %	DEDUCT VALUE

Figura 2. Hoja de Registro de Datos para una Unidad de Muestra de Pavimento Flexible.



CONCRETE SURFACED ROADS AND PARKING LOTS CONDITION SURVEY DATA SHEET FOR SAMPLE UNIT				
BRANCH _____		SECTION _____		SAMPLE UNIT _____
SURVEYED BY _____		DATE _____		SAMPLE AREA _____
<u>Distress Types</u>			SKETCH:	
21. Blow up/Buckling		31. Polished Aggregate		
22. Corner Break		32. Popouts		
23. Divided Slab		33. Pumping		
24. Durability Crack		34. Punchout		
25. Faulting		35. Railroad Crossing		
26. Joint Seal		36. Scaling		
27. Lane/Shoulder		37. Shrinkage		
28. Linear Cracking		38. Spalling Corner		
29. Patching (Large)		39. Spalling Joint		
30. Patching (Small)				
DIST TYPE	SEV	NO. SLABS	DENSITY %	DEDUCT VALUE

Figura 3. Hoja de Registro de Datos para una Unidad de Muestra de Pavimento Rígido Articulado.

7.3 Dividir las secciones establecidas del pavimento en unidades de muestra. Si las losas en el pavimento PCC tienen un espaciamiento entre juntas mayor a 25 ft (8 m), cada losa debe ser subdividida en losas imaginarias. Todas las losas imaginarias deben tener una longitud





menor o igual a 25 ft (8 m), a su vez se debe asumir que las juntas imaginarias que dividen las losas se encuentran en perfectas condiciones.

7.4 Las unidades de muestras individuales a ser inspeccionadas deben ser marcadas o identificadas de tal manera que permita a los inspectores y personal de control de calidad, localizarlas fácilmente sobre la superficie del pavimento. Las marcas de pintura a lo largo del borde del pavimento y gráficas con ubicaciones relativas a las características físicas del pavimento son aceptables. Es necesario que las unidades de muestra sean fácilmente reubicables, a fin de que sea posible la verificación de la información de fallas existente, la examinación de variaciones de la unidad de muestra con el tiempo y para permitir futuras inspecciones de la misma unidad de muestra si fuera requerido.

7.5 Seleccionar las unidades de muestra a ser inspeccionadas. El número de unidades de muestra a inspeccionar puede variar de la siguiente manera: considerando todas las unidades de muestra de la sección, considerando un número de unidades de muestras que nos garantice un nivel de confiabilidad del 95% ó considerando un número menor de unidades de muestra.

7.5.1 Todas las unidades de muestra de la sección pueden ser inspeccionadas para determinar el valor de PCI promedio en la sección. Este tipo de inspección generalmente no es utilizado para los propósitos de gerencia rutinaria, debido a la falta de disponibilidad de mano de obra, carencia de recursos económicos o limitaciones de tiempo. Sin embargo, la inspección de todas las unidades de muestra, es ideal para análisis de proyectos para una mejor estimación del mantenimiento y reparaciones necesarias.

7.5.2 El número mínimo de unidades de muestra ( $n$ ) a inspeccionar en una sección dada, necesario para obtener un valor estadísticamente adecuado (*95% de confiabilidad*) del PCI de dicha sección, es calculado empleando la fórmula que se presenta a continuación y redondeando el valor obtenido de  $n$  al próximo número entero mayor (ver Ecuación 1).

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

donde:

$e$  = error admisible en el cálculo del PCI de la sección, comúnmente,  $e = \pm 5$  puntos del PCI;

$s$  = desviación estándar del PCI de una muestra a otra en la misma sección. Al realizar la inspección inicial se asume que la desviación estándar es 10 para pavimentos de CA y 15 para pavimentos PCC. Esta suposición debe ser comprobada de la forma como se describe a continuación después de haber determinado los valores del PCI. Para subsiguientes inspecciones, la desviación estándar de la inspección precedente debe ser utilizada para determinar el valor de  $n$ ; y,

$N$  = número total de unidades de muestra en la sección.

7.5.2.1 Si obtener el 95% de confiabilidad es crítico, la conveniencia del número de unidades inspeccionadas debe ser verificada. El número de unidades de muestra fue estimado en base a un valor de desviación estándar asumido. Calcular el valor actual de la desviación ( $s$ ) estándar de la siguiente manera (ver Ec.2):

$$S = (\sum_{i=1}^n (PCI_i - PCI_s)^2 / (n-1))^{1/2} \quad (2)$$

donde:

$PCI_i$  = valor PCI de las unidades de muestra inspeccionadas  $i$ ,

$PCI_s$  = valor PCI de la sección (valor media PCI de las unidades de muestra inspeccionadas), y

$n$  = número total de unidades de muestra inspeccionadas.



7.5.2.2 Calcular el número revisado mínimo de unidades de muestra (Ec.1) a ser inspeccionadas utilizando la desviación estándar calculada (Ec.2). Si el número de unidades de muestra revisado a ser inspeccionadas es mayor que el número de muestras ya inspeccionadas, seleccionar e inspeccionar unidades de muestra adicionales al azar. Estas unidades de muestra deben ser espaciadas uniformemente a través de la sección. Repetir este proceso de chequeo del número de unidades de muestra revisado, e inspeccionar las unidades de muestra adicionales al azar hasta que el número total de unidades de muestra inspeccionadas sea igual o mayor al número mínimo requerido de unidades de muestra ( $n$ ) obtenido de la Ec.1, usando la desviación estándar total de muestras real.

7.5.3 Una vez que el número de unidades de muestra a ser inspeccionadas este definido, calcular el intervalo del espaciamiento de las unidades utilizando el muestreo sistemático al azar. Las muestras deben ser igualmente espaciadas a través de toda la sección seleccionando la primera muestra al azar. El intervalo del espaciamiento ( $i$ ) de las unidades a ser muestreadas debe ser calculado mediante la siguiente fórmula redondeando el resultado al próximo número entero menor:

$$i = N/n \quad (3)$$

donde:

$N$  = número total de unidades de muestra en la sección, y

$n$  = número de unidades de muestra a ser inspeccionadas

La primera unidad de muestra a ser inspeccionada es seleccionada al azar entre las unidades de muestra 1 hasta  $i$ . Las unidades de muestra en la sección que son incrementos sucesivos del intervalo  $i$  después de la primera unidad seleccionada al azar también son inspeccionadas.

7.6 Es posible utilizar un nivel de confiabilidad menor al 95% dependiendo del objetivo de la inspección. Por ejemplo, una agencia usa la siguiente tabla para seleccionar el número de unidades de muestra a ser inspeccionadas con un fin diferente al proyecto de análisis:

Definidas	Inspección
1 a 5 unidades de muestra	1 unidad de muestra
6 a 10 unidades de muestra	2 unidades de muestra
11 a 15 unidades de muestra	3 unidades de muestra
16 a 40 unidades de muestra	4 unidades de muestra
Más de 40 unidades de muestra	10%

7.7 Las unidades de muestra adicionales deben ser inspeccionadas sólo cuando se observan fallas no representativas como es definido en 2.1.1. Estas unidades de muestra son escogidas por el usuario.

## 8. Procedimiento de Inspección

8.1 Las definiciones y pautas para cuantificar fallas en la determinación del PCI se encuentran en el Apéndice X1 para pavimentos de CA. Aplicando este método, los inspectores deberían ser capaces de identificar los diferentes tipos de fallas el 95% del tiempo. Las mediciones lineales deberían ser consideradas exactas si en una remediación la diferencia se encuentra dentro del 10%. Las mediciones de área deberían ser consideradas exactas si en una remediación la diferencia se encuentra dentro del 20%. La severidad de las fallas que se determina basado en la calidad de recorrido es considerada subjetiva.

8.2 *Pavimentos con Superficie de Concreto Asfáltico (CA)* – Inspeccionar individualmente cada unidad de muestra seleccionada. Graficar la unidad de muestra incluyendo orientación. Registrar el tramo y número de sección, así como el número y tipo de unidad de muestra (al azar o adicional). Registrar el tamaño de unidad de muestra medido con el odómetro manual.





Realizar la inspección de las fallas caminando sobre la acera/berma de la unidad de muestra que esta siendo inspeccionada, cuantificando cada nivel de severidad de cada tipo de falla existente, y registrando la información obtenida. Cada falla debe corresponder en tipo y severidad a aquellas descritas en el Apéndice X1. El método de medición se encuentra incluido en la descripción de cada falla. Repetir este procedimiento para cada unidad de muestra a ser inspeccionada. Se ha incluido en la figura 2 copia del Formato en Blanco de la Hoja de Datos para la Inspección de Condición del Pavimento Flexible - Unidad de Muestra.

8.3 *Pavimentos PCC* – Inspeccionar individualmente cada unidad de muestra seleccionada. Graficar la unidad de muestra señalando la ubicación de las losas. Registrar el tamaño de unidad de muestra, tramo y número de sección, así como el tipo y número de unidad de muestra (al azar o adicional) y, el número de losas en la unidad de muestra, así como el tamaño de la losa medido con el odómetro de mano. Realizar la inspección caminando sobre la acera/berma de la unidad de muestra que esta siendo inspeccionada y registrar todas las fallas existentes en la losa, así como sus niveles de severidad. Cada falla debe corresponder en tipo y severidad a aquellas descritas en el Apéndice X2. Resumir los tipos de falla, niveles de severidad y el número de losas en la unidad de muestra que contiene cada uno de los tipos de fallas y niveles de severidad. Repetir el mismo procedimiento para cada unidad de muestra a ser inspeccionada. En la figura 3 se presenta una copia del Formato en Blanco de la Hoja de Datos para la Inspección de Condición del Pavimento Rígido Articulado - Unidad de Muestra.

## 9. Cálculo del PCI para Pavimentos de Concreto Asfáltico (CA)

9.1 Sumar la cantidad total de cada tipo de falla para cada nivel de severidad, y registrar esta información en sección “Total de Severidades”. Por ejemplo, la figura 4 muestra cinco datos ingresados para la falla Tipo 1, “Piel de Cocodrilo”: 5L, 4L, 4L, 8H y 6H. La cantidad de falla en cada nivel de severidad es sumada e ingresada en la sección “Total de Severidades” como 13 ft<sup>2</sup> (1.2m<sup>2</sup>) de severidad baja y 14 ft<sup>2</sup> (1.3m<sup>2</sup>) de severidad media. Las unidades para las cantidades deben ser en pie cuadrado (metro cuadrado), pie lineal (metro), o número de ocurrencia, dependiendo del tipo de falla.

9.2 Dividir la cantidad total entre cada tipo de falla en cada nivel de severidad como se indica en 9.1 entre el área total de la unidad de muestra y multiplicar el resultado por 100 para obtener la densidad porcentual para cada tipo y severidad de falla.

9.3 Determinar el valor deducido (DV) para cada combinación de tipo de falla y nivel de severidad utilizando las curvas de valor deducido de fallas que se encuentran en el Apéndice X3.

9.4 Determinar el máximo valor deducido corregido (CDV). El procedimiento para determinar los CDVs máximos a partir de los DVs es idéntico tanto para pavimentos de CA como para pavimentos PCC.

9.5 El siguiente procedimiento debe ser utilizado para determinar el máximo CDV.

9.5.1 Si ninguno o solamente un valor deducido individual es mayor que dos. El valor total es usado en lugar del máximo CDV para determinar el PCI; de otro modo, el máximo CDV debe ser determinado usando el procedimiento descrito en 9.5.2 – 9.5.5.

9.5.2 Crear una lista de valores deducidos individuales en orden descendente. Por ejemplo, en la figura 4 esta lista será 35.1, 23.4, 17.9, 11.2, 7.9, 7.5, 6.9, y 5.3.

9.5.3 Determinar el número de deducciones permisibles,  $m$ , de la figura 5, o empleando la siguiente fórmula (ver la Ecuación 4):

$$m = 1 + (9/98) (100 - HDV) \leq 10 \quad (4)$$

donde:



$m$  = número máximo admisible de valores deducidos incluyendo fracciones (debe ser menor o igual a diez), y

HDV = el mayor valor deducido individual para la unidad de muestra.

(Por ejemplo en la figura 4,  $m = 1 + (9/98)(100-25.1) = 7.9$ ).

9.5.4 El número de valores deducidos individuales es reducido al máximo admisible de valores deducidos  $m$ , incluyendo su parte fraccionaria. Por ejemplo, en la figura 6, los valores son 25.1, 23.4, 17.9, 11.2, 7.9, 7.5, 6.9, y 4.8 (el valor 4.8 es obtenido multiplicando 5.3 por  $(7.9-7.0=0.9)$ ). Si contamos con un número de valores deducidos menor a  $m$ , todos los valores deducidos deben ser usados.

9.5.5 Determinar el máximo CDV en forma iterativa como se muestra en la figura 6.

9.5.5.1 Determinar el valor deducido total mediante la suma de los valores deducidos individuales. El valor deducido que se obtiene de la suma en 9.5.4 es 104.7.

9.5.5.2 Determinar  $q$  como el número de valores deducidos mayores a 2. Por ejemplo en la figura 6,  $q = 8$ .

9.5.5.3 Determinar el valor de CDV a partir del valor deducido total y del valor de  $q$  utilizando las curvas apropiadas de corrección para pavimentos de CA en la figura X3.26 del Apéndice X3.

9.5.5.4 Reducir a 2 el menor valor deducido individual mayor que 2 y repetir el procedimiento de 9.5.5.1 – 9.5.5.3 hasta que  $q$  sea igual a 1.

9.5.5.5 El máximo CDV es el mayor de todos los CDVs.

9.6 Calcular el PCI restándole a 100 el máximo CDV:  $PCI=100 - \text{máx. CDV}$ .

9.7 La figura 6 muestra un sumario del cálculo del PCI para el ejemplo que se muestra en la figura 4 de un pavimento de CA. Un formato para cálculo del PCI es incluido en la figura 2.

## 10. Cálculo del PCI para Pavimentos de Concreto de Cemento Portland (PCC)

10.1 Para cada combinación particular de tipo de falla y nivel de severidad se debe contabilizar el número de losas en las que dichas combinaciones ocurren. Por ejemplo, en la figura 7, se observa que existen 2 paños que contienen grietas de esquina de baja severidad (Falla 22L).

10.2 Dividir el número de losas contabilizadas en 10.1 entre el número de losas de la unidad de muestra y multiplicar el resultado por 100 para obtener la densidad de cada combinación de tipo de falla y nivel de severidad expresada en porcentaje.

10.3 Determinar el valor deducido para cada combinación de tipo de falla y nivel de severidad utilizando la correspondiente curva de valores deducidos que se encuentra en el Apéndice X4.

10.4 Determinar el PCI siguiendo los procedimientos indicados en 9.5 y 9.6, usando la curva de corrección para pavimentos PCC (ver figura X4.20 en el Apéndice 4) en lugar de utilizar la curva de corrección para pavimentos de CA.

10.5 En la figura 7 se muestra un sumario del cálculo del PCI para el ejemplo de información de fallas en un pavimento PCC que se muestra en la figura 8.



ASPHALT SURFACED ROADS AND PARKING LOTS CONDITION SURVEY DATA SHEET FOR SAMPLE UNIT										SKETCH:		
BRANCH <u>SPRINGFIELD</u> SECTION <u>001</u> SAMPLE UNIT <u>1</u>					SURVEYED BY <u>KAK</u> DATE <u>10 JUL 93</u> SAMPLE AREA <u>2500 sq</u>							
1. Alligator Cracking		6. Depression		11. Patching & Util Cut Patching		16. Shoving						
2. Bleeding		7. Edge Cracking		12. Polished Aggregate		17. Slippage Cracking						
3. Block Cracking		8. Jt. Reflection Cracking		13. Potholes		18. Swell						
4. Bumps and Sags		9. Lane/Shoulder Drop Off		14. Railroad Crossing		19. Weathering/Raveling						
5. Corrugation		10. Long & Trans Cracking		15. Rutting								
DISTRESS SEVERITY	QUANTITY									TOTAL	DENSITY %	DEDUCT VALUE
1L	1x5	1x4	1x4							13	0.52	7.9
1H	1x8	1x6								14	0.56	23.4
7L	32	15	18	24	41					130	5.20	7.5
8M	20	15	35	27	23	10	13			143	5.72	25.1
11H	3x4	2x5								22	0.88	17.9
13L	1									1	0.04	11.2
15L	4	9	8							21	0.84	6.9
19L	250									250	10.0	5.3

Figura 4. Ejemplo de Hoja de Registro de una Inspección en Pavimento Flexible.

D6433-03





## Adjustment of Number of Deduct Values

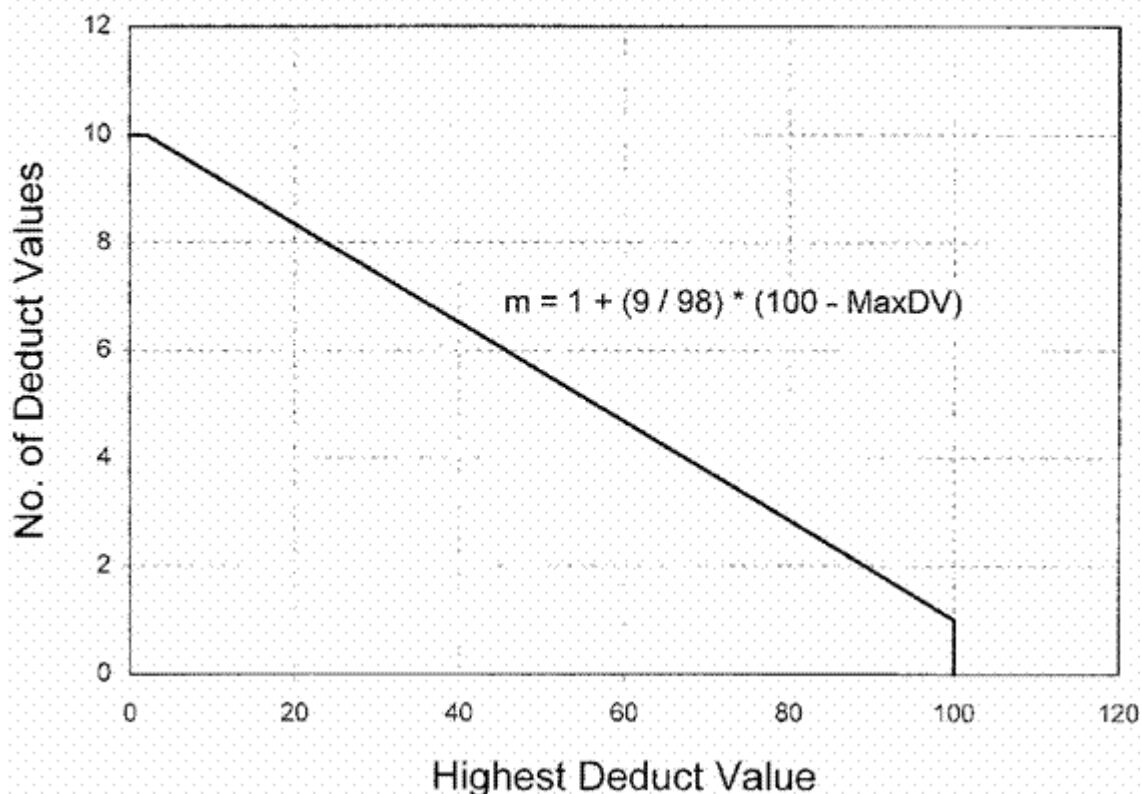


Figura 5. Ajuste del Número de Valores Deducidos

### 11. Determinación del PCI de la Sección

11.1 Si todas las unidades de muestra inspeccionadas son escogidas en forma aleatoria, entonces el PCI de la sección ( $PCI_s$ ) es calculado como el PCI ponderado del área en que se encuentran las unidades de muestra inspeccionadas en forma aleatoria ( $PCI_r$ ) usando la ecuación 5:

$$PCI_s = PCI_r = \frac{\sum_{i=1}^n (PCI_{ri} \times A_{ri})}{\sum_{i=1}^n A_{ri}} \quad (5)$$

donde:

$PCI_r$  = PCI ponderado del área de las unidades de muestra inspeccionadas en forma aleatoria,

$PCI_{ri}$  = PCI de la unidad de muestra aleatoria  $i$ ,

$A_{ri}$  = área de la unidad de muestra aleatoria  $i$ ,

$n$  = número de unidades de muestra aleatoria inspeccionadas.

Si hay unidades de muestra adicionales que han sido inspeccionadas como se indica en 2.1.1, el PCI ponderado de área de las unidades adicionales inspeccionadas ( $PCI_a$ ) es calculado empleando la ecuación 6. El PCI de la sección de pavimento es calculado empleando la ecuación 7.



$m = 1 + (9/98)(100 - 25.1) = 7.9 < 8$   
 Use highest 7 deducts and 0.9 of eighth deduct.  
 $0.9 \times 5.3 = 4.8$

#	Deduct Values									Total	q	CDV
1	25.1	23.4	17.9	11.2	7.9	7.5	6.9	4.8		104.7	8	51.0
2	25.1	23.4	17.9	11.2	7.9	7.5	6.9	2		101.9	7	50.0
3	25.1	23.4	17.9	11.2	7.9	7.5	2	2		96.0	6	46.0
4	25.1	23.4	17.9	11.2	7.9	2	2	2		90.5	5	47.0
5	25.1	23.4	17.9	11.2	2	2	2	2		84.6	4	48.0
6	25.1	23.4	17.9	2	2	2	2	2		75.4	3	48.0
7	25.1	23.4	2	2	2	2	2	2		59.5	2	44.0
8	25.1	2	2	2	2	2	2	2		38.1	1	38.0
9												
10												

Max CDV = 51  
 PCI = 100 - Max CDV = 49  
 Rating = FAIR

Figura 6. Cálculo del Valor de PCI Corregido – Pavimento Flexible

$$PCI_a = \sum_{i=1}^m (PCI_{ai} \times A_{ai}) / \sum_{i=1}^m A_{ai} \quad (6)$$

$$PCI_s = (PCI_r (A - \sum_{i=1}^m A_{ai}) + PCI_a (\sum_{i=1}^m A_{ai})) / A \quad (7)$$

donde:

$PCI_a$  = PCI ponderado del área de las unidades de muestra adicionales,

$PCI_{ai}$  = PCI de la unidad de muestra adicional  $i$ ,

$A_{ai}$  = área de la unidad de muestra adicional  $i$ ,

$A$  = área de la sección,

$m$  = número de unidades de muestra adicionales inspeccionadas, y

$PCI_s$  = PCI ponderado del área de la sección de pavimento.







$m = 1 + (9/98)(100 - 30.5) = 7.4 < 8$   
 Use highest 7 deducts and 0.4 of eighth deduct.  
 $0.4 \times 4.4 = 1.76$

#	Deduct Values								Total	q	CDV
	1	2	3	4	5	6	7	8			
1	30.5	25.1	12.6	9.0	8.0	7.7	5.8	1.76	100.5	7	50.0
2	30.5	25.1	12.6	9.0	8.0	7.7	2	1.76	96.7	6	49.5
3	30.5	25.1	12.6	9.0	8.0	2	2	1.76	91.0	5	51.0
4	30.5	25.1	12.6	9.0	2	2	2	1.76	85.0	4	49.0
5	30.5	25.1	12.6	2	2	2	2	1.76	78.0	3	50.0
6	30.5	25.1	2	2	2	2	2	1.76	67.4	2	50.0
7	30.5	2	2	2	2	2	2	1.76	44.3	1	44.3
8											
9											
10											

Max CDV = 51  
 PCI = 100 - Max CDV = 49  
 Rating = FAIR

Figura 8. Cálculo del Valor de PCI corregido - Pavimento Rígido Articulado



## APÉNDICES

### (Información Prescindible)

#### X1. Falla en Pavimentos Asfálticos

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

#### CALIDAD DEL TRÁNSITO (Ride Quality)

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

X1.4.1 Baches

X1.4.2 Ondulaciones

X1.4.3 Cruces de Ferrocarril

X1.4.4 Desplazamientos

X1.4.5 Hinchamientos

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

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



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

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

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

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

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

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

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

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

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

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



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



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



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





## EXUDACIÓN (Bleeding)

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

### X1.6.1 *Niveles de Severidad:*

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

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

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

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



Fig. X1.4 Exudación – Baja Severidad





Fig. X1.5 Exudación – Mediana Severidad



Fig. X1.6 Exudación – Alta Severidad

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

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



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

#### X1.7.1 Niveles de Severidad:

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

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

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

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

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



Fig. X1.7 Fisuras en Bloque – Baja Severidad





Fig. X1.8 Fisuras en Bloque – Mediana Severidad



Fig. X1.9 Fisuras en Bloque –Alta Severidad

### ABULTAMIENTOS Y HUNDIMIENTOS (Bumps and Sags)

#### X1.8 Descripción:

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

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

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

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

X1.8.1.4 Los hundimientos son desplazamientos pequeños, bruscos y hacia abajo en la superficie del pavimento. Si los abultamientos aparecen en un patrón perpendicular al flujo del tráfico y se encuentran separados unos de otros a menos de 3m (10ft), la falla es denominada corrugación. La distorsión y desplazamiento que ocurre sobre grandes áreas de la superficie del pavimento, causando grandes y largas depresiones o ambas en el pavimento, debe ser registrada como hinchamiento (swelling).

#### X1.8.2 Niveles de Severidad:

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

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

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

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





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



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





Fig. X1.12 Abultamientos y Hundimientos – Alta Severidad

## CORRUGACIÓN (Corrugation)

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

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

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

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

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

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



Fig. X1.13 Corrugación – Baja Severidad





Fig. X1.14 Corrugación – Mediana Severidad

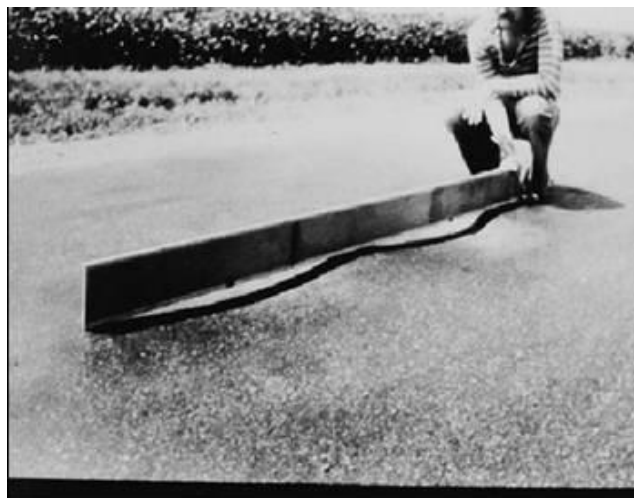


Fig. X1.15 Corrugación – Alta Severidad

### DEPRESIÓN (Depression)

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

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

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

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

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

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





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



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



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

**FISURA DE BORDE  
(Edge Cracking)**



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

X1.11.1 *Niveles de Severidad:*

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

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

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

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



Fig. X1.19 Fisura de Borde – Baja Severidad



Fig. X1.20 Fisura de Borde – Mediana Severidad



Fig. X1.21 Fisura de Borde – Alta Severidad

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

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

#### X1.12.1 *Niveles de Severidad:*

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

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

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

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



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



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



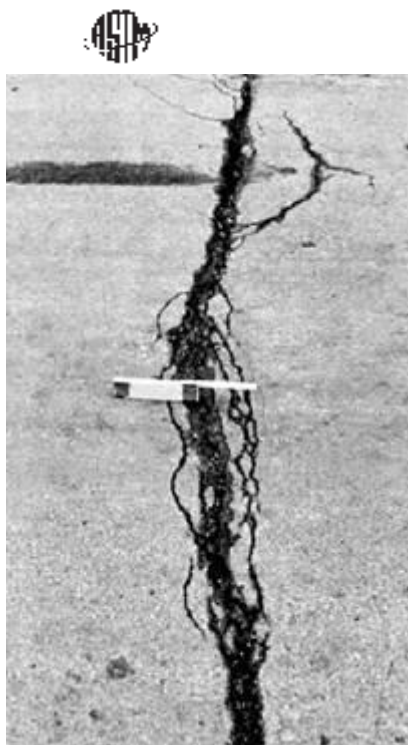


Fig. X1.24 Fisura de Reflexión de Junta – Alta Severidad

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

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

#### X1.13.1 *Niveles de Severidad:*

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

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

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

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



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



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



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

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

#### *X1.14 Descripción:*

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

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

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

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

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

#### *X1.14.2 Niveles de Severidad:*

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





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

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

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

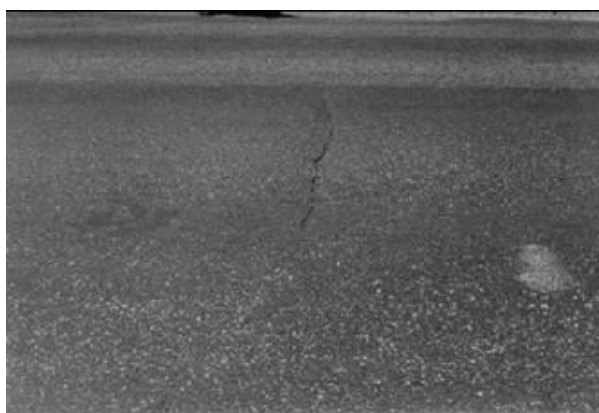


Fig. X1.28 Fisura Longitudinal y Transversal – Baja Severidad



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



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

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

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

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

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

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

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

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



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



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



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

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

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



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

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

X1.16.2 *Como Medir* – El agregado pulido es medido en metros cuadrados (pie<sup>2</sup>) de área superficial. Si se registra exhudación, entonces el agregado pulido ya no debe ser registrado.

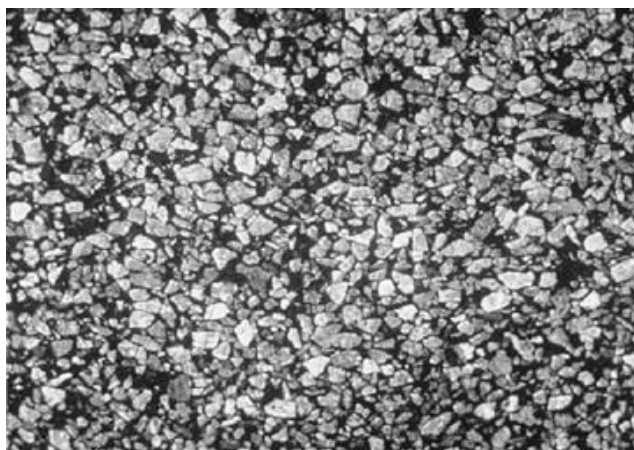


Fig. X1.34 Agregado Pulido

## **BACHES (Potholes)**

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

X1.17.1 *Niveles de Severidad:*

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

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

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



TABLA X1.1 Niveles de Severidad para Baches

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



Fig. X1.35 Bache – Baja Severidad



Fig. X1.36 Bache – Mediana Severidad





Fig. X1.37 Bache – Alta Severidad

### CRUCE DE VÍA FÉRREA (Railroad Crossing)

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

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

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

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

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

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



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



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



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

### AHUELLAMIENTO (Rutting)

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

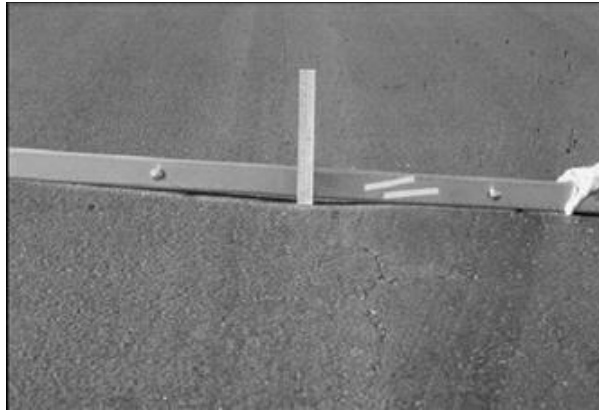
X1.19.1 *Niveles de Severidad (Profundidad Media del Ahuellamiento):*

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

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

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

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



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



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



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



## DESPLAZAMIENTO (Shoving)

### X1.20 Descripción:

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

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

### X1.20.3 Niveles de Severidad:

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

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

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

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



Fig. X1.44 Desplazamiento – Baja Severidad



Fig. X1.45 Desplazamiento – Mediana Severidad



Fig. X1.46 Desplazamiento – Alta Severidad

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

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

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

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

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

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





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



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



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

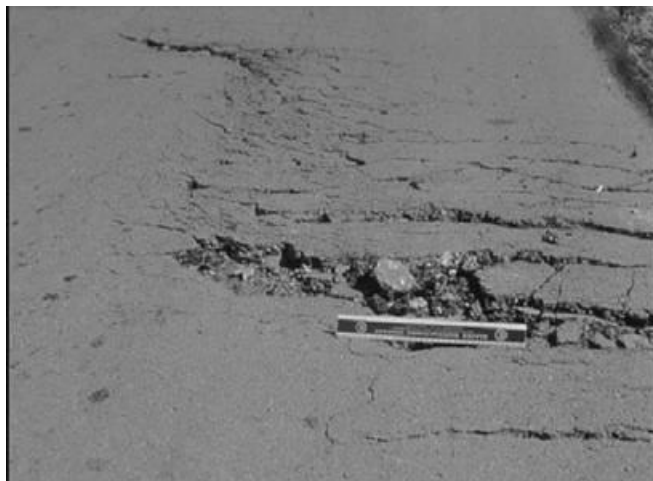


Fig. X1.49 Fisura Parabólica o por Deslizamiento – Alta Severidad

### HINCHAMIENTO (Swell)

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

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

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

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

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

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

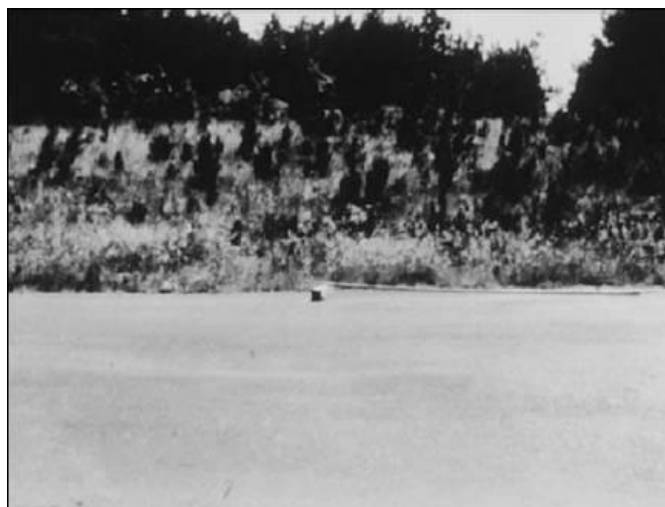




Fig. X1.50 Ejemplo de Hinchamiento. El nivel de severidad depende del criterio de la calidad de tránsito.

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

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

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

X1.23.1.1 **L** – Cuando el agregado o el ligante ha comenzado a desprenderse. En algunas áreas la superficie comienza a mostrar hoyos (Fig. X1.51). En el caso de derrames, las manchas de aceite son visibles, pero la superficie está dura y no puede ser penetrada con una moneda.

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

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

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

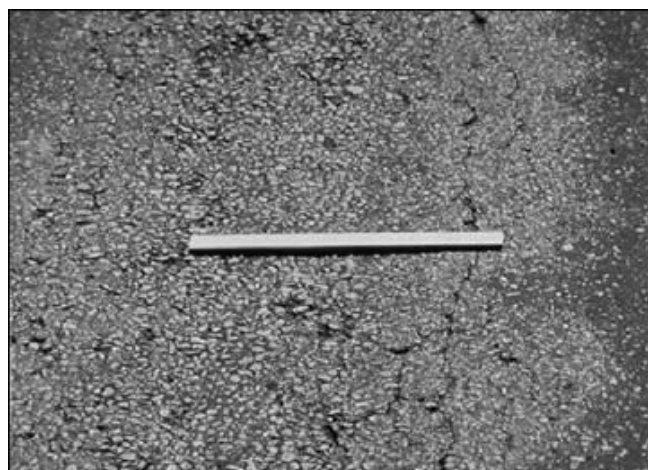


Fig. X1.51 Peladura por Intemperismo y Desprendimiento de Agregados – Baja Severidad



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



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

## **X2. Falla en Pavimentos de Concreto Articulado**

X2.1 Este Apéndice numera alfabéticamente 19 tipos de fallas para pavimentos de concreto articulado. Estas definiciones para fallas son aplicables a ambos, pavimentos de concreto articulado reforzados y simples; con la excepción de la falla tipo fisura lineal, la cual tiene definición propia tanto para pavimentos simples como para pavimentos reforzados.

X2.1.1 Durante las inspecciones de condición en campo y validación del PCI, surgen interrogantes sobre la identificación y medición de algunos tipos de fallas. Las respuestas a estas interrogantes para cada tipo de falla están incluidas en el encabezado “Como Contar”. Sin embargo, las dudas más frecuentes, son presentadas a continuación:

X2.1.1.1 El escalonamiento es registrado solo en las juntas. Los escalonamientos asociados con fisuras no son registrados individualmente ya que son incorporados en las definiciones de niveles de severidad para fisuras. Las definiciones de fisuras también son usadas en la explicación de las fallas tipo fisura de esquina y losa dividida.

X2.1.1.2 El daño en sellos de juntas no es registrado losa por losa. En su lugar, un nivel de severidad es asignado basado en la condición general de los sellos de juntas en el área.

X2.1.1.3 Las fisuras en losas de concreto reforzadas con ancho menor a 1/8 de pulgada son consideradas como fisuras de contracción (encogimiento). Las fisuras por contracción



(encogimiento) no deben ser consideradas para determinar si la losa se encuentra fracturada en cuatro o más piezas.

X2.1.1.4 El desconchamiento de severidad baja o craquelado, sólo debe ser considerado si existe evidencia de la probabilidad de un futuro desconchamiento.

X2.1.2 El lector debe tener en cuenta que los puntos referidos anteriormente son referencias generales y no son criterios absolutos de inspección. Para medir adecuadamente cada tipo de falla, el inspector debe estar familiarizado con el criterio individual de medición para cada una de ellas.

### X2.2 *Calidad de Tránsito:*

X2.2.1 La calidad de tránsito debe ser evaluada para establecer un nivel de severidad para los siguientes tipos de falla:

X2.2.1.1 Levantamiento/Pandeo

X2.2.1.2 Cruces de Vía Férrea

X2.2.2 Para determinar los efectos que estas fallas tienen en la calidad del tránsito, el inspector debe manejar a una velocidad de operación del vehículo normal y usar las siguientes definiciones de niveles de severidad en la calidad del recorrido:

X2.2.2.1 **L** – Bajo. Se perciben vibraciones del vehículo, por ejemplo, las que provienen de ondulaciones, pero no es necesario reducir la velocidad por seguridad o comodidad. Los abultamientos o hundimientos, o ambos, hacen que el vehículo rebote en forma ligera, pero causando poca incomodidad.

X2.2.2.2 **M** – Medio. Las vibraciones del vehículo son significantes y es necesaria alguna reducción de la velocidad por seguridad y comodidad. Los abultamientos o hundimientos, o ambos, hacen que el vehículo rebote significativamente, creando algo de incomodidad.

X2.2.2.3 **H** – Alto. Las vibraciones del vehículo son tan excesivas que es necesario reducir la velocidad considerablemente por seguridad y comodidad. Los abultamientos o hundimientos, o ambos, hacen que el vehículo rebote excesivamente, creando mucha incomodidad, peligro de seguridad o un potencial alto de daño severo en el vehículo.

X2.2.3 El inspector debe manejar a una velocidad límite establecida en un auto que sea representativo de los autos típicamente usados en el tráfico local. Las secciones del pavimento cercanas a la señal de pare deben ser evaluadas a una velocidad de desaceleración apropiada para la intersección.

## **LEVANTAMIENTO/PANDEO (Blowup/Buckling)**

X2.3 *Descripción* – Los levantamientos o pandeos ocurren en climas cálidos, generalmente en fisuras transversales o juntas que no son lo suficientemente anchas para permitir la dilatación del concreto o las losas. La insuficiencia del ancho en las juntas, generalmente se debe a la infiltración de material incompresible dentro de las mismas. Cuando en el proceso de dilatación, no puede disipar suficiente presión, un movimiento localizado hacia arriba de los bordes de las losas (buckling) será producido ó una fragmentación del concreto en los alrededores de la junta. Estos levantamientos o fragmentaciones también pueden ocurrir en los sumideros de desagüe o las zanjas realizadas para instalar servicios utilitarios.

### X2.3.1 *Niveles de Severidad:*

X2.3.1.1 **L** – Cuando el pandeo o la fragmentación producen una calidad de tránsito de baja severidad (Fig. X2.1).

X2.3.1.2 **M** – Cuando el pandeo o la fragmentación producen una calidad de tránsito de mediana severidad (Fig. X2.2).

X2.3.1.3 **H** – Cuando el pandeo o la fragmentación producen una calidad de tránsito de alta severidad (Fig. X2.3).





X2.3.2 *Como Contar* – En una fisura, un pandeo es contabilizado como presente en una losa; sin embargo, si el pandeo ocurre en una junta y afecta a dos losas, la falla debe ser registrada en ambas losas. Cuando un pandeo hace que un pavimento sea intransitable, este debe ser reparado inmediatamente.



**Fig. X2.1 Levantamiento/Pandeo – Baja Severidad**



**Fig. X2.2 Levantamiento/Pandeo – Mediana Severidad**



Fig. X2.3 Levantamiento/Pandeo – Alta Severidad

### FISURA DE ESQUINA (Corner Break)

X2.4 *Descripción* – Una fisura de esquina es una grieta que intersecta las juntas a una distancia menor o igual a la mitad de la longitud de la losa en ambos lados, medida desde la esquina de la losa. Por ejemplo, una losa que mide 3.5 x 6.0m (11.5 x 20 pies) que tiene una fisura a 1.5m (5 pies) de un lado y a 3.5m (11.5 pies) del otro lado, dicha fisura no es considerada fisura de esquina; sino fisura diagonal. Sin embargo, una fisura que se interfecta con la junta a 0.5m (4 pies) de un lado y a 2.5m (8 pies) del otro lado, es considerada como fisura de esquina. Una fisura de esquina se diferencia de un descascaramiento de esquina en que la fisura se extiende verticalmente a través del espesor de la losa, mientras que un descascaramiento de esquina intersecta a la junta a un cierto ángulo. La repetición de cargas combinada con la pérdida de soporte y los esfuerzos de alabeo causan las fisuras de esquina.

#### X2.4.1 *Niveles de Severidad:*

X2.4.1.1 **L** – La fractura se define como una fisura de baja severidad<sup>4</sup>. Una fisura de baja severidad tiene un ancho menor a 13mm (1/2 pulgada), o puede ser cualquier fisura rellenada en forma eficiente; sin deterioro. El área entre la fractura y las juntas no está fisurada o puede estar ligeramente fisurada (Fig. X2.4).

X2.4.1.2 **M** – La fractura se define como una fisura de mediana severidad<sup>4</sup>, o el área entre la fractura y las juntas presentan fisuras de mediana severidad. Una fisura de mediana severidad es: una fisura sin relleno de ancho mayor a 13mm y menor a 50mm (>1/2 pulgada y < 2 pulgadas), una fisura sin relleno de ancho menor a 50mm (2 pulgadas) con deterioro menor a 10mm (3/8 pulgada), o cualquier fisura con relleno y con deterioro menor a 10mm (3/8) (Fig. X2.5).

X2.4.1.3 **H** – La fractura se define como una fisura de alta severidad<sup>4</sup>, o el área entre la fractura y las juntas está severamente fisurada. Una fisura de alta severidad es: una fisura sin relleno de ancho mayor a 50mm (2 pulgadas), o cualquier fisura con o si relleno con deterioro mayor a 10mm (3/8 pulgada) (Fig. X2.6).

X2.4.2 *Como Contar* – La losa con falla es registrada como una sola losa sí:

X2.4.2.1 Tiene sólo una fractura de esquina.

X2.4.2.2 Más de una fractura de una severidad particular.

X2.4.2.3 Dos o más fracturas de distinta severidad. Cuando existan dos o más fracturas, se deberá registrar el mayor nivel de severidad. Por ejemplo, una losa que contiene fracturas



de esquina de mediana y baja severidad debe ser registrada como una losa con fisura de esquina de mediana severidad.

---

<sup>4</sup> Las definiciones para severidad de fisuras mencionadas arriba son válidas para losas sin refuerzo. Para losas con refuerzo, ver fisuras lineales.



**Fig. X2.4 Fractura de Esquina – Baja Severidad**



**Fig. X2.5 Fractura de Esquina – Mediana Severidad**



Fig. X2.6 Fractura de Esquina – Alta Severidad

### LOSA DIVIDIDA (Divided Slab)

X2.5 *Descripción* – Es una losa que está dividida por fisuras en cuatro o más piezas debido a los efectos de sobrecargas, ó a un soporte inadecuado, ó ambas. Si todas las piezas o fisuras están contenidas dentro de una fisura de esquina, la falla debe ser catalogada como una fisura de esquina de alta severidad.

X2.5.1 *Niveles de Severidad* – La Tabla X2.1 indica los niveles de severidad para losas divididas. Los ejemplos se observan en las Figs. X2.7 – X2.9.

X2.5.2 *Como Contar* – Si la losa dividida es de mediana o alta severidad, ninguna otra falla debe ser registrada en la losa.

TABLA X2.1 Niveles de Severidad para Losa Dividida

SEVERIDAD DE LA MAYORÍA DE LAS GRIETAS	NÚMERO DE PIEZAS		
	2 a 3	4 a 5	Mayor que 5
L	L	L	M
L	L	M	H
H	M	H	H





Fig. X2.7 Losa Dividida – Baja Severidad



Fig. X2.8 Losa Dividida – Mediana Severidad



Fig. X2.9 Losa Dividida – Alta Severidad

### **FISURA DE DURABILIDAD “D” (Durability “D” Cracking)**

X2.6 *Descripción* – Las fisuras “D” son causadas por la expansión que el ciclo congelamiento-deshielo produce en el agregado grueso, el cual, con el tiempo, fractura el concreto en forma gradual. Este tipo de fallas generalmente aparece como un patrón de fisuras que se desarrolla en paralelo y cerca de la junta o de una fisura lineal. Debido a que el concreto se satura cerca de las juntas y fisuras, es común encontrar un depósito de color oscuro alrededor de las finas fisuras “D”. Este tipo de falla podría llevar eventualmente a la desintegración de toda la losa.

#### *X2.6.1 Niveles de Severidad:*

X2.6.1.1 **L** – Cuando las fisuras “D” cubren menos del 15 % del área de la losa. La mayoría de las grietas están cerradas, pero algunas piezas pueden estar flojas y/o desprendidas (Fig. X2.10).





X2.6.1.2 **M** – Se cumple una de las siguientes condiciones (Fig. X2.11): las fisuras “D” cubren menos del 15% del área y la mayoría de sus piezas están flojas y/o desprendidas, o las fisuras “D” cubren más del 15% del área. La mayoría de las fisuras son cerradas, pero algunas piezas pueden estar flojas y/o desprendidas.

X2.6.1.3 **H** – Las fisuras “D” cubren más del 15% del área y la mayoría de sus piezas se han desprendido o podrían ser removidas fácilmente (Fig. X2.12).

X2.6.2 *Como Contar* – Cuando la falla es localizada y calificada en un nivel de severidad, esta debe ser contada como una en la losa. Si existe más de un solo nivel de severidad, la losa debe ser registrada con la falla en su nivel de severidad más alto. Por ejemplo, en una misma losa existen fisuras “D” de bajo y mediano nivel de severidad, entonces la losa es registrada sólo como fisura de mediano nivel de severidad.



Fig. X2.10 Fisura de Durabilidad – Baja Severidad



Fig. X2.11 Fisura de Durabilidad – Mediana Severidad



Fig. X2.12 Fisura de Durabilidad – Alta Severidad

### ESCALONAMIENTO (Faulting)

#### X2.7 Descripción:

X2.7.1 El escalonamiento es la diferencia de niveles a través de la junta. Algunas causas comunes del escalonamiento son:

X2.7.1.1 Asentamiento causado por una fundación blanda.

X2.7.1.2 Bombeo o erosión de material proveniente de debajo de la losa.

X2.7.1.3 Alabeo de los bordes de la losa debido a cambios de temperatura y humedad.

X2.7.2 *Niveles de Severidad* – Los niveles de severidad se encuentran definidos por la diferencia e elevación a través de la junta como se indica en la Tabla X2.2. Las Figs. X2.13 – X2.15 muestran ejemplos de los diferentes niveles de severidad.

X2.7.3 *Como Contar* – El desnivel entre losas es contabilizado como una losa. Sólo las losas afectadas deben ser contabilizadas. Los desniveles a través de una fisura no son contados como fallas pero son considerados para determinar la severidad de la fisura.

TABLA X2.2 Niveles de Severidad para los Desniveles entre Losas

NIVEL DE SEVERIDAD	DIFERENCIA DE NIVELES
L	3 a 10mm (1/8 a 3/8 pulgada)
M	10 a 20mm (3/8 a 3/4 pulgada)
H	Más de 20mm (más de 3/4 pulgada)



**Fig. X2.13 Escalonamiento – Baja Severidad**



**Fig. X2.14 Escalonamiento – Mediana Severidad**



**Fig. X2.15 Escalonamiento – Mediana Severidad**

**DAÑO EN EL SELLO DE LA JUNTA  
(Joint Seal Damage)**



### X2.8 Descripción:

X2.8.1 El daño en el sello de la junta se refiere a cualquier estado de condición que permita la acumulación de material del suelo o rocas en las juntas, o que permita la infiltración de cantidades significativas de agua. La acumulación de material incompresible en las juntas impide que las losas se dilaten y esto podría ocasionar fragmentación, levantamiento o descascaramiento en las losas. Un material de relleno flexible y bien adherido a los bordes de las losas protege las juntas de la acumulación de material y previene el ablandamiento de la fundación de la losa por infiltración del agua. Los típicos daños en los sellos de junta son los siguientes:

X2.8.1.1 Desprendimiento del sellante de junta.

X2.8.1.2 Derrame o flujo del sellante.

X2.8.1.3 Crecimiento de vegetación en la junta

X2.8.1.4 Endurecimiento del material de relleno (oxidación).

X2.8.1.4 Pérdida de adherencia a los bordes de la losa.

X2.8.1.4 Carencia o ausencia de sellante en la junta.

### X2.8.2 Niveles de Severidad:

X2.8.2.1 **L** – Cuando el sellante de la junta generalmente se encuentra en buena condición a través de la sección (Fig. X2.16). El sellante muestra buen comportamiento, sólo con daños menores (ver Fig. X2.8.1.1 - X2.8.1.6). El daño en el sello de la junta es de baja severidad si sólo los sellantes de unas pocas juntas muestran poca adherencia pero aun siguen en contacto con los bordes de las juntas. Esta condición se cumple si una hoja de cuchillo puede ser insertada entre el sellante y la cara de la junta sin resistencia alguna.

X2.8.2.2 **M** – Cuando el sellante de la junta generalmente se encuentra en regular condición en toda la sección, con uno o más de los daños mencionados arriba, presentes en forma moderada. El sellante necesita ser reemplazado en los próximos dos años (Fig. X2.17). El daño en el sello de la junta es de mediana severidad si unas pocas juntas cumplen con alguna de las siguientes condiciones: el sellante se encuentra en su lugar, pero la filtración de agua es posible a través de pequeñas aberturas visibles de ancho menor a 3mm (1/8 pulgada), si una hoja de cuchillo no puede ser insertada fácilmente entre el sellante y la cara de la junta, el daño no se considera como de severidad media; se aprecia material bombeado desde la base de la losa en la junta; el sellante de junta esta oxidado pero flexible (como una cuerda), y generalmente llena la abertura de la junta; o, se aprecia vegetación en la junta pero esta no impide que las aberturas sean visibles.

X2.8.2.3 **H** – Cuando el sellante de junta generalmente se encuentra en pobre condición en toda la sección, con uno o más de los daños mencionados arriba, presentes en forma moderada. El sellante necesita ser reemplazado inmediatamente (Fig. X2.18). El daño en el sello de la junta presenta un nivel de severidad alto si 10% o más del sellante de la junta cumple con las condiciones mencionadas en el punto anterior, o si 10% o más del sellante se ha desprendido.

X2.8.3 *Como Contar* – Los daños en el sello de las juntas no son contados losa por losa pero son calificados en base a su condición en conjunto dentro del área total examinada.





Fig. X2.16 Daño en el Sello de la Junta – Baja Severidad

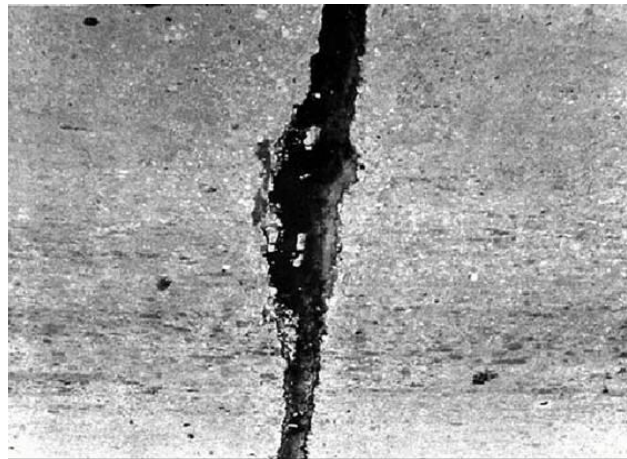


Fig. X2.17 Daño en el Sello de la Junta – Mediana Severidad



Fig. X2.18 Daño en el Sello de la Junta – Alta Severidad

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





X2.9 *Descripción* – El desnivel carril-berma es la diferencia de niveles entre el asentamiento o la erosión de la berma y el borde del carril del pavimento. Esta diferencia de niveles puede ser un peligro para la seguridad de la vía, y también puede causar una importante infiltración de agua.

X2.9. *Niveles de Severidad:*

X2.9.1.1 **L** – La diferencia en elevación entre el borde del pavimento y la berma es  $>25$  y  $\leq 50$ mm ( $>1$  y  $\leq 2$  pulgadas) (Fig. X2.19).

X2.9.1.2 **M** – La diferencia en elevación es  $>50$  y  $\leq 100$ mm ( $>2$  y  $\leq 4$  pulgadas) (Fig. X2.20).

X2.9.1.3 **H** – La diferencia en elevación es  $>100$ mm ( $>4$  pulgadas) (Fig. X2.21).

X2.9.2 *Como Contar* – El valor medio del desnivel carril-berma se obtiene promediando el máximo y el mínimo desnivel a lo largo de la losa. Cada losa que presenta esta falla es medida por separado y contabilizada individualmente con su nivel de severidad apropiado.



Fig. X2.19 Desnivel Carril-Berma – Baja Severidad

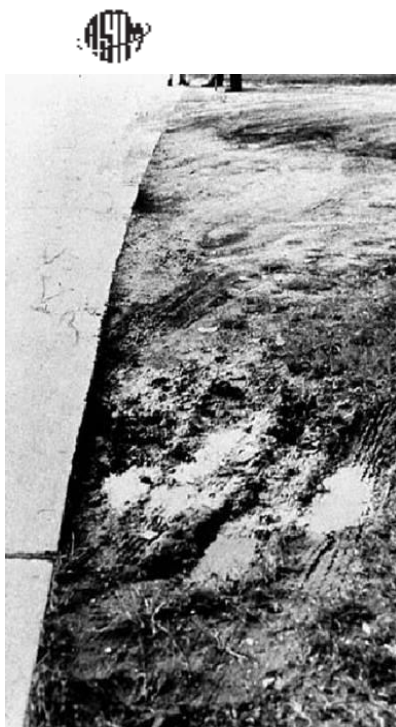


Fig. X2.20 Desnivel Carril-Berma – Mediana Severidad



Fig. X2.21 Desnivel Carril-Berma – Alta Severidad

**FISURAS LINEALES: FISURAS LONGITUDINALES,  
TRANSVERSALES Y DIAGONALES  
(Linear Cracking)**

X2.10 *Descripción* – Estas fisuras, que dividen a la losa en dos o tres partes, usualmente son causadas por la combinación de cargas repetidas de tráfico, alabeo por el gradiente térmico, y cargas repetidas de humedad. (Las losas divididas en 4 o más piezas son



contabilizadas como losas divididas) Las grietas del espesor de un cabello, de corta longitud y que no se extienden a través de toda la losa, son contabilizadas como fisuras por contracción (encogimiento).

X2.10.1 *Niveles de Severidad (Losas sin refuerzo)*:

X2.10.1.1 **L** – Las fisuras sin relleno o sello<sup>4</sup> de ancho  $\leq 13\text{mm}$  ( $\leq 1/2$  pulgada) o fisuras con relleno de cualquier ancho con material de relleno en condición satisfactoria. No existen desniveles (Fig. X2.22).

X2.10.1.2 **M** – Cuando se cumple una de las siguientes condiciones: fisuras sin relleno de ancho  $> 13$  y  $\leq 50\text{mm}$  ( $> 1/2$  y  $\leq 2$  pulgadas); fisuras sin relleno de cualquier ancho  $\leq 50\text{mm}$  (2 pulgadas) con algún desnivel  $< 10\text{mm}$  ( $3/8$  pulgada), o fisuras con relleno de cualquier ancho con algún desnivel  $< 10\text{mm}$  ( $3/8$  pulgada) (Fig. X2.23).

X2.10.1.3 **H** – Cuando se cumple una de las siguientes condiciones: fisuras sin relleno de ancho  $> 50\text{mm}$  (2 pulgadas); o fisuras con o sin relleno de cualquier ancho con algún desnivel  $> 10\text{mm}$  ( $3/8$  pulgada) (Fig. X2.24).

X2.10.2 *Niveles de Severidad (Losas con refuerzo)*:

X2.10.2.1 **L** – Las fisuras sin relleno o sello de ancho  $\geq 3$  y  $< 25\text{mm}$  ( $\geq 1/8$  y  $< 1$  pulgada); fisuras con relleno de cualquier ancho con material de relleno en condiciones satisfactorias. No existen desniveles.

X2.10.2.2 **M** – Cuando se cumple una de las siguientes condiciones: fisuras sin relleno de ancho  $\geq 25$  y  $< 75\text{mm}$  ( $\geq 1$  y  $< 3$  pulgadas) y sin desniveles; fisuras sin relleno de cualquier ancho  $\leq 75\text{mm}$  (3 pulgadas) con algún desnivel  $\leq 10\text{mm}$  ( $3/8$  pulgada), o fisuras con relleno de cualquier ancho con algún desnivel  $> 10\text{mm}$  ( $3/8$  pulgada).

X2.10.2.3 **H** – Cuando se cumple una de las siguientes condiciones: fisuras sin relleno de ancho  $> 75\text{mm}$  (3 pulgadas); o fisuras con o sin relleno de cualquier ancho con algún desnivel  $> 10\text{mm}$  ( $3/8$  pulgada).

X2.10.3 *Como Contar* – Una vez que se haya determinado la severidad de la fisura, la falla es registrada como una losa. Si se registran dos fisuras con mediano nivel de severidad en una misma losa, entonces se considera como si la losa tuviera una sola fisura de alta severidad. Las losas divididas en cuatro o más partes se cuentan como losas divididas. Para el caso de losas con refuerzo, las fisuras de ancho  $< 3\text{mm}$  ( $1/8$  pulgada) son contabilizadas como fisuras de contracción. Las losas de longitud mayor a  $9\text{m}$  (29.5 pies) son divididas en losas imaginarias de longitudes aproximadamente iguales y con juntas imaginarias que supuestamente se encuentran en perfectas condiciones.



Fig. X2.22 Fisura Lineal – Baja Severidad



Fig. X2.23 Fisura Lineal – Mediana Severidad



Fig. X2.24 Fisura Lineal – Alta Severidad

### PARCHES GRANDES Y PARCHES GRANDES DE CORTES UTILITARIOS (Área mayor a 0.5m<sup>2</sup> o 5.5 pie<sup>2</sup>) (Large Patching and Utility Cuts)

X2.11 *Descripción* – Un parche es un área en la que el pavimento original ha sido removido y reemplazado por nuevo material de relleno. Un parche de corte utilitario es un parche efectuado para permitir la instalación o mantenimiento de algún servicio público con instalaciones subterráneas. Los niveles de severidad de un corte utilitario son asignados de acuerdo al mismo criterio utilizado para parches grandes.

X2.11.1 *Niveles de Severidad (Losas sin refuerzo)*:

X2.11.1.1 **L** – Cuando el parche funciona bien, con poco o ningún deterioro (Fig. X2.25).

X2.11.1.2 **M** – Cuando el parche está moderadamente deteriorado, o se aprecia descascaramiento moderado alrededor de los bordes, o ambos. Es necesario realizar un esfuerzo considerable para retirar el parche (Fig. X2.26).

X2.11.1.3 **H** – Cuando el parche está severamente deteriorado. El nivel de deterioro justifica su reemplazo (Fig. X2.27).

X2.11.2 *Como Contar* – Si alguna losa tiene uno o más parches con el mismo nivel de severidad, esta se cuenta como una losa que contiene dicha falla. Si alguna losa tiene más de un nivel de severidad, esta se cuenta como una losa considerando su más alto nivel de severidad.

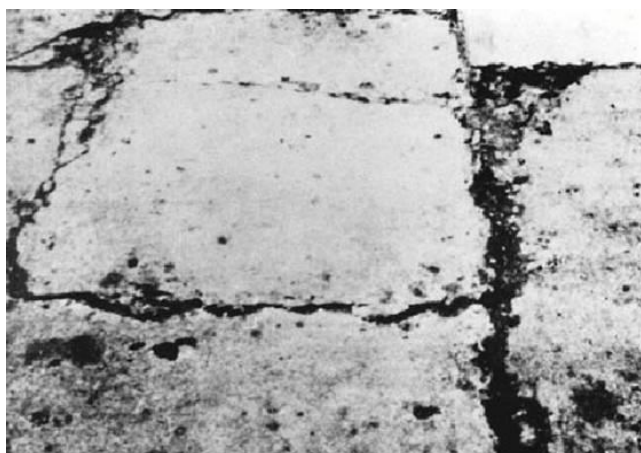




**Fig. X2.25 Parches Grandes y Acometidas de Servicios Públicos – Baja Severidad**



**Fig. X2.26 Parches Grandes y Acometidas de Servicios Públicos –Mediana Severidad**



**Fig. X2.27 Parches Grandes y Acometidas de Servicios Públicos –Alta Severidad**





**PARCHES PEQUEÑOS**  
**(Área menor a 0.5m<sup>2</sup> o 5.5 pie<sup>2</sup>)**  
**(Small Patching)**

X2.12 *Descripción* – Un parche es un área en la que el pavimento original ha sido removido y reemplazado por nuevo material de relleno.

X2.12.1 *Niveles de Severidad:*

X2.12.1.1 **L** – Cuando el parche funciona bien, con poco o ningún deterioro (Fig. X2.28).

X2.12.1.2 **M** – Cuando el parche está moderadamente deteriorado. Es necesario realizar un esfuerzo considerable para retirar el parche (Fig. X2.27).

X2.12.1.3 **H** – Cuando el parche está severamente deteriorado. El nivel de deterioro justifica su reemplazo (Fig. X2.30).

X2.12.2 *Como Contar* – Si alguna losa tiene uno o más parches con el mismo nivel de severidad, esta se cuenta como una losa que contiene dicha falla. Si alguna losa tiene más de un nivel de severidad, esta se cuenta como una losa considerando su más alto nivel de severidad.



Fig. X2.28 Parches Pequeños – Baja Severidad



Fig. X2.29 Parches Pequeños – Mediana Severidad



Fig. X2.30 Parches Pequeños – Alta Severidad

### AGREGADO PULIDO (Polished Aggregate)

X2.13 *Descripción* – Esta falla es causada por repetidas cargas de tráfico. El agregado pulido se determina cuando un estudio exhaustivo del pavimento revela que la porción de agregado que se extiende sobre la superficie es muy pequeña, o no existe aspereza o partículas de agregado angular que proporcionen buena resistencia al deslizamiento.

X2.13.1 *Niveles de Severidad* – No hay niveles de severidad definidos; sin embargo, el nivel de pulido debe ser claramente notable antes de que sea incluido e la inspección como una falla (Fig. X2.31).

X2.13.2 *Como Contar* – El agregado pulido en una losa, se cuenta como una losa.

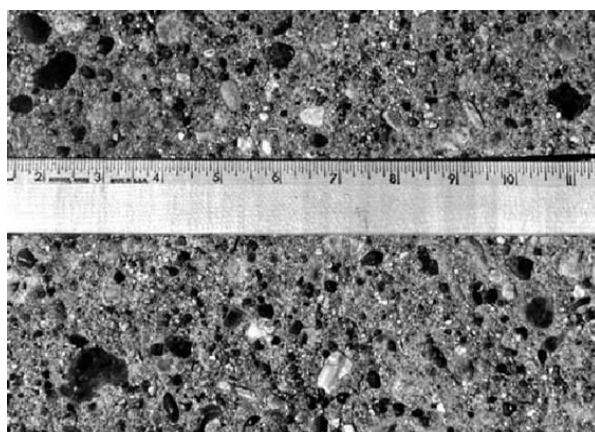


Fig. X2.31 Agregado Pulido

### POPOUTS

X2.14 *Descripción* – Un Popout es un pequeño pedazo de pavimento que se rompe y se desprende de la superficie debido a la acción sucesiva del congelamiento y deshielo combinados con la presencia de agregados expansivos. Los Popouts usualmente se presentan en diámetros de 25 a 100mm (1 a 4 pulgadas) y con profundidad de 13 a 50mm (1/2 a 2 pulgadas).

X2.14.1 *Niveles de Severidad* – No hay grados de severidad definidos para los Popouts; sin embargo, deben ser extensivos antes de que sean considerados como falla. La densidad



promedio de los Popouts debe ser aproximadamente mayor a 3 popouts/m<sup>2</sup> sobre el área de una losa completa (Fig. X2.32).

X2.14.2 *Como Contar* – Se debe estimar la densidad de la falla. Si hay alguna duda de que la densidad promedio es mayor a 3 popouts/ m<sup>2</sup>, entonces se debe realizar un chequeo en tres áreas de 1m<sup>2</sup> escogidas en forma aleatoria. La losa debe ser contabilizada cuando el promedio es mayor a dicha densidad.



Fig. X2.32 Popouts

### **BOMBEO (Pumping)**

X2.15 *Descripción* – El bombeo es la expulsión de material proveniente de la fundación de la losa a través de las juntas o fisuras. Esto es causado por la deflexión de la losa por las cargas de tránsito. Cuando una carga atraviesa la junta entre las losas, primero empuja agua bajo la losa delantera y luego esta agua es forzada nuevamente bajo la losa trasera. Esta acción erosiona y eventualmente remueve partículas del suelo dando como resultado una pérdida progresiva de soporte del pavimento. El bombeo puede ser identificado mediante manchas superficiales y evidencia del material de base o subrasante en las cercanías de las juntas o fisuras. El bombeo cerca de las juntas es causado por la presencia de un sellante pobre e indica una pérdida de soporte en el pavimento; la repetición de cargas eventualmente producirá fisuras. El bombeo también puede ocurrir a lo largo del borde de la losa causando pérdida de soporte.

X2.15.1 *Niveles de Severidad* – No hay grados de severidad definidos. Es suficiente indicar que existe bombeo (Fig. X2.33 y Fig. X2.34).

X2.15.2 *Como Contar* – Una junta con bombeo entre dos losas, es contabilizada como dos losas; sin embargo, si las otras juntas alrededor de de la losa también presentan bombeo, una losa es adicionada por cada junta con bombeo.



Fig. X2.33 Bombeo



Fig. X2.34 Bombeo

### **PUNZONAMIENTO (Punchout)**

X2.16 *Descripción* – Esta falla es un área localizada de la losa que se encuentra fracturada en piezas. El punzonamiento puede tomar diferentes formas, pero usualmente está definido por una junta y una fisura. La distancia entre la junta y la fisura, ó dos fisuras espaciadas cercanamente es menor a 1.5m (5 pies) de ancho. Esta falla es causada por la repetición de cargas pesadas, el espesor inadecuado de la losa, pérdida de soporte en la fundación ó una deficiencia en la colocación del concreto, por ejemplo, las cangrejeras.

X2.16.1 *Niveles de Severidad* – En la Tabla X2.2 se indican los niveles de severidad para punzonamiento, y en las Fig. X2.35 – X2.37 se muestran algunos ejemplos.





X2.16.2 *Como Contar* – Si una losa contiene mas de un punzonamiento o un punzonamiento y una fisura, esta se cuenta como fragmentada.

**TABLA X2.2 Niveles de Severidad para Punzonamiento**

SEVERIDAD DE LA MAYORÍA DE LAS GRIETAS	NÚMERO DE PIEZAS		
	2 a 3	4 a 5	Mayor que 5
L	L	L	M
M	L	M	H
H	M	H	H



**Fig. X2.35 Punzonamiento – Baja Severidad**



**Fig. X2.36 Punzonamiento – Mediana Severidad**



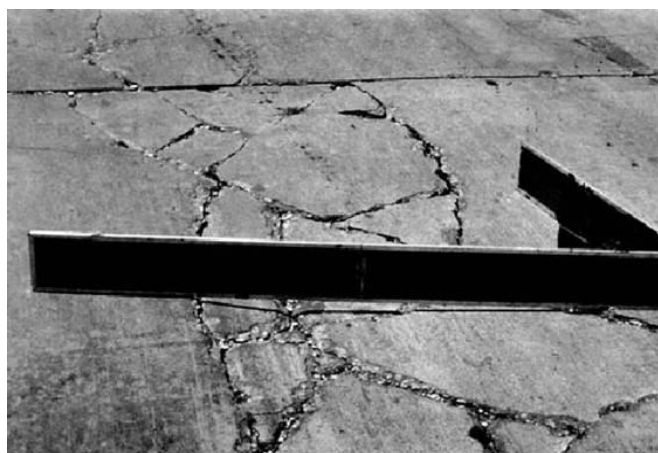


Fig. X2.37 Punzonamiento –Alta Severidad

### CRUCE DE VÍA FÉRREA (Railroad Crossing)

X2.17 *Descripción* – Los deterioros por cruces de vía férrea se caracterizan por presentar depresiones o abultamientos alrededor de los rieles.

X2.17.1 *Niveles de Severidad:*

X2.17.1.1 **L** – Cuando el cruce de vía férrea genera una calidad de tránsito de baja severidad (Fig. X2.38).

X2.17.1.2 **M** – Cuando el cruce de vía férrea genera una calidad de tránsito de mediana severidad (Fig. X2.39).

X2.17.1.3 **H** – Cuando el cruce de vía férrea genera una calidad de tránsito de alta severidad (Fig. X2.40).

X2.17.2 *Como Medir* – Se contabiliza el número de losas cruzadas por la vía férrea. Cualquier abultamiento grande producido por los rieles debe ser contabilizado como parte del cruce.



Fig. X2.38 Cruce de Vía Férrea – Baja Severidad



Fig. X2.39 Cruce de Vía Férrea – Mediana Severidad



Fig. X2.40 Cruce de Vía Férrea – Alta Severidad

### DESCASCARAMIENTO, MAPA DE FISURAS, CRAQUELADO (Scaling, Map Cracking, and Cracking)

X2.18 *Descripción* – Un mapa de fisuras o craquelado se refiere a una red de fisuras superficiales, finas ó del espesor de un cabello que se extienden sólo sobre la parte superficial del concreto. Las fisuras tienden a intersectarse en ángulos de 120°. El mapa de fisuras o craquelado generalmente es causado por exceso de manipulación en el acabado y podría ocasionar un descascaramiento, que es la fractura de la superficie de la losa a una profundidad aproximada de 6 a 13mm (1/4 a 1/2 pulgada). El descascaramiento también puede ser causado por sales descongeladas, falencias en el procedimiento constructivo, ciclos de congelamiento y derretimiento, y presencia de agregados pobres. El tipo de descascaramiento que se define aquí, no es causado por fisuras “D”. Si el descascaramiento es causado por fisuras “D”, este debe ser contado en esa categoría de fisuras “D” solamente.

#### X2.18.1 *Niveles de Severidad:*

X2.18.1.1 **L** – Cuando el mapa de fisuras o craquelado existe sobre la mayoría del área de la losa; la superficie se encuentra en buenas condiciones, con presencia de descascaramientos menores (Fig. X2.41).

X2.18.1.2 **M** – Cuando la superficie de la losa está descascarada en un área menor al 15% del total (Fig. X2.42).



X2.18.1.3 **H** – Cuando la superficie de la losa está descascarada en un área mayor al 15% del total (Fig. X2.43).

X2.18.2 *Como Medir* – Una losa descascarada es contabilizada como una sola losa. Un craquelado de baja severidad sólo debe ser contabilizado si se aprecia que existe un potencial e inminente descascaramiento, ó si unas cuantas pequeñas piezas se han desprendido.

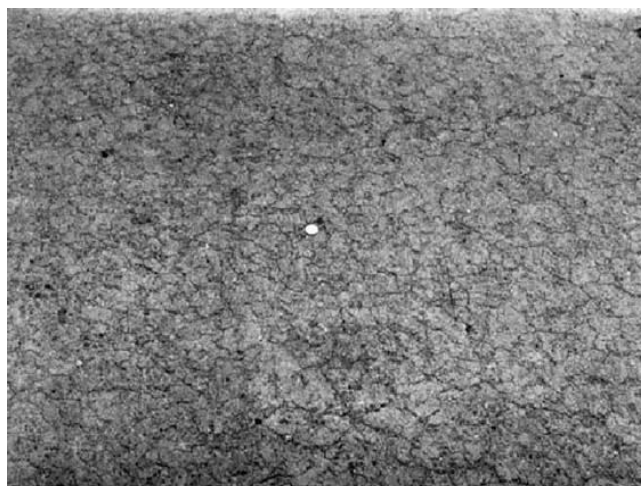


Fig. X2.41 Descascaramiento, Mapa de Fisuras, Craquelado – Baja Severidad

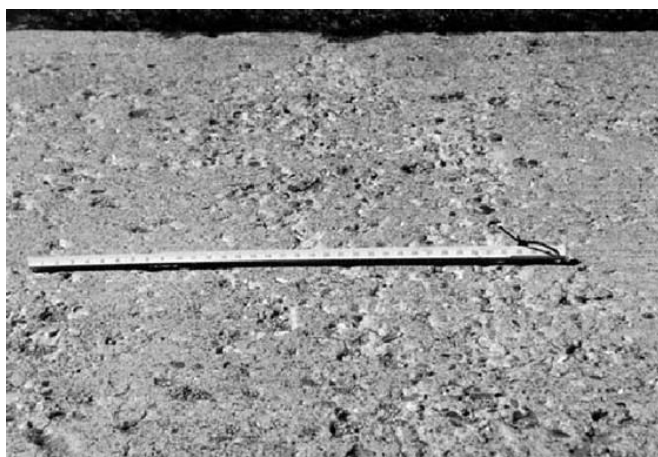


Fig. X2.42 Descascaramiento, Mapa de Fisuras, Craquelado – Mediana Severidad



Fig. X2.43 Descascaramiento, Mapa de Fisuras, Craquelado – Alta Severidad

### FISURAS DE CONTRACCIÓN (Shrinkage Cracks)

X2.19 *Descripción* – Las fisuras de contracción son grietas del espesor de un cabello que generalmente tienen una longitud menor a 2 metros y no llegan a atravesar toda la losa. Se originan durante la colocación y fraguado del concreto, y generalmente no se extienden a través de todo el espesor de la losa.

X2.19.1 *Niveles de Severidad* – No existen niveles de severidad definidos. Es suficiente indicar que existen fisuras de contracción (Fig. X2.44).

X2.19.2 *Como Contar* – Si se encuentran algunas fisuras de contracción en una losa en particular, entonces, esta es contabilizada como una losa con fisura de contracción.



Fig. X2.44 Fisuras de Contracción

### DESCASCARAMIENTO DE ESQUINA (Spalling, Corner)

X2.20 *Descripción* – Es una fractura que se produce en la losa a aproximadamente 0.5m (1.5 pies) de la esquina. Un descascaramiento de esquina se diferencia de una fractura de esquina en que el descascaramiento se prolonga a cierto ángulo hasta intersectar la junta;





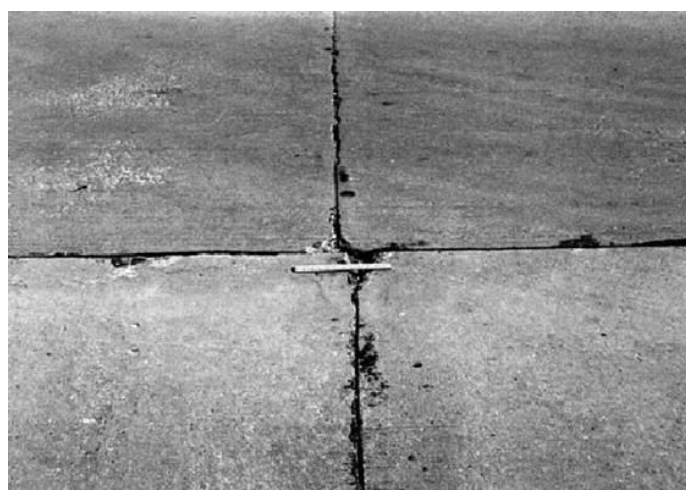
mientras que una fractura de esquina se prolonga verticalmente a través de la esquina de la losa. Los descascaramientos ubicados a menos de 130mm (5 pulgadas) desde la esquina hasta la fisura en ambos lados, no deben ser considerados.

X2.20.1 *Niveles de Severidad* – La Tabla X2.3 indica los niveles de severidad para descascaramientos de esquina. Las Fig. X2.45 – X2.47 muestran ejemplos de la falla. Los descascaramientos con áreas menores a 650cm<sup>2</sup> (10 pulgada<sup>2</sup>) desde la fisura hasta la esquina por ambos lados, no deben ser contados.

X2.20.2 *Como Contar* – Si uno ó más descascaramientos de esquina con el mismo nivel de severidad ocurren en una misma losa, la losa es contabilizada como una sola losa con descascaramiento de esquina. Si ocurre más de un nivel de severidad en la losa, entonces se cuenta como una losa con el más alto nivel de severidad presente.

**TABLA X2.3 Niveles de Severidad para los Descascaramientos de Esquina**

PROFUNDIDAD DE DESCASCARAMIENTO	DIMENSION DE LOS LADOS DEL DESCASCARAMIENTO	
	130X130mm A 300X300mm (5X5 pulgadas) a (12x12 pulgadas)	300x300mm (>12x12 pulgadas)
<25mm (1 pulgada)	L	L
>25 a 50mm (1 a 2 pulgadas)	L	M
>50mm (2 pulgadas)	M	H



**Fig. X2.45 Descascaramiento de Esquina – Baja Severidad**





Fig. X2.46 Descascaramiento de Esquina – Mediana Severidad

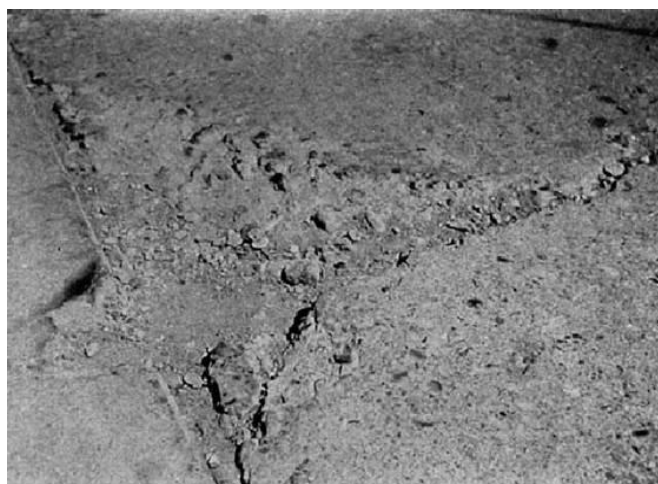


Fig. X2.47 Descascaramiento de Esquina – Alta Severidad

### DESCASCARAMIENTO DE JUNTA (Spalling, Joint)

#### X2.21 Descripción:

X2.21.1 El descascaramiento de junta es la fractura de los bordes de la losa que se produce aproximadamente a 0.5m (1.5 pies) de la esquina. Un descascaramiento de junta generalmente no se extiende verticalmente a través de la losa, pero intersecta la junta a un determinado ángulo. El descascaramiento de junta puede aparecer como resultado de:

X2.21.1.1 Esfuerzos excesivos en la junta causados por las cargas de tráfico ó por infiltración de materiales incompresibles en la junta.

X2.21.1.2 Concreto débil en la junta debido a una excesiva manipulación en el acabado.

X2.21.1.3 Acumulación de agua en la junta y la acción de ciclos de congelamiento y derretimiento.

X2.21.2 *Niveles de Severidad* – La Tabla X2.4 y las Fig. X2.48 – X2.50 muestran los niveles de severidad para descascaramientos de junta. Una junta erosionada donde el concreto ha sido removido a lo largo de toda la junta es calificada como de baja severidad.

X2.21.3 *Como Contar* – Si el descascaramiento ocurre a lo largo del borde de una losa, esta se cuenta como una sola losa con descascaramiento de junta. Si el descascaramiento



ocurre en más de un borde en la misma losa, entonces el borde con mayor nivel de severidad se contabiliza y se registra como si fuera una sola losa. El descascaramiento de junta también puede ocurrir a lo largo de los bordes de dos losas adyacentes. Si este es el caso, cada losa se contabiliza como una losa con descascaramiento de junta.

**TABLA X2.4 Niveles de Severidad para los Descascaramientos de Junta**

PIEZAS DEL DESCASCARAMIENTO	ANCHO DEL DESCASCARAMIENTO	LONGITUD DEL DESCASCARAMIENTO	
		<0.5m (1.5 pies)	>0.5m (1.5 pies)
Apretadas – No pueden ser removidas fácilmente (de repente algunas piezas perdidas)	<100mm (4 pulgadas)	L	L
	>100mm	L	L
Sueltas – Pueden ser removidas y algunas piezas se han salido; si la mayoría ó todas las piezas se salieron, el descascaramiento es superficial, menor a 25mm (1 pulgada).	<100mm	L	M
	>100mm	M	M
Perdidas – La mayoría ó todas las piezas han sido removidas	<100mm	L	M
	>100mm	M	H



**Fig. X2.48 Descascaramiento de Junta – Baja Severidad**



Fig. X2.49 Descascaramiento de Junta – Mediana Severidad

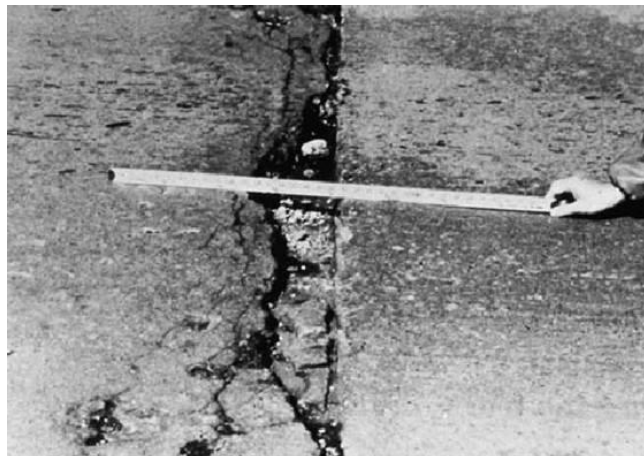


Fig. X2.50 Descascaramiento de Junta – Alta Severidad

### X3. Curvas de Valores Deducidos para Asfalto

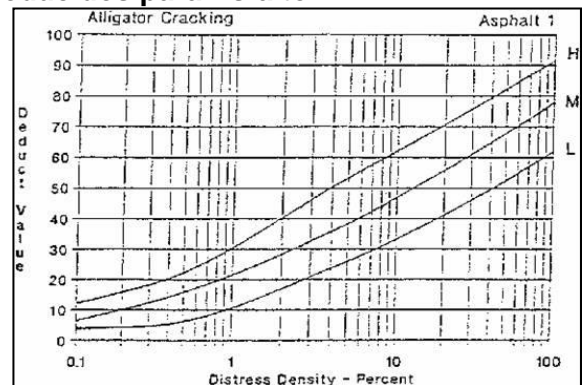


Fig. X3.1 Piel de Cocodrilo

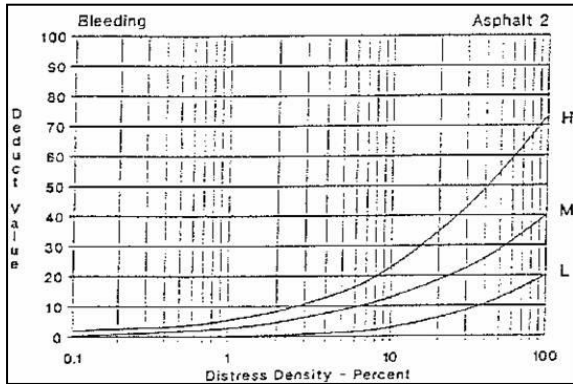


Fig. X3.2 Exudación

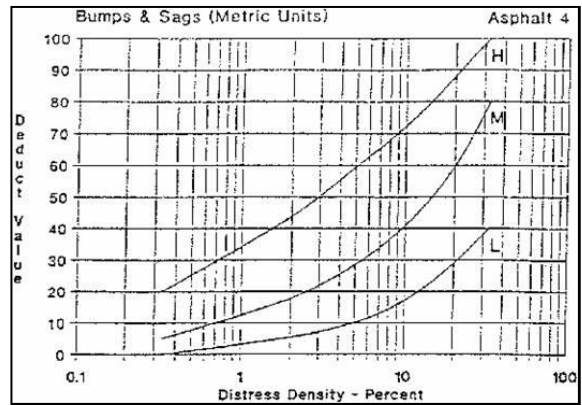


Fig. X3.5 Abultamientos y Hundimientos (Unidades Métricas)

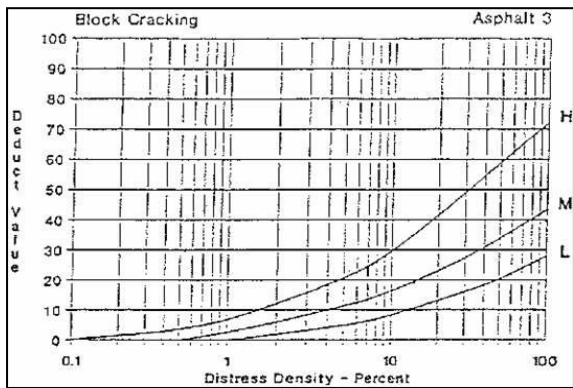


Fig. X3.3 Fisuras en Bloque

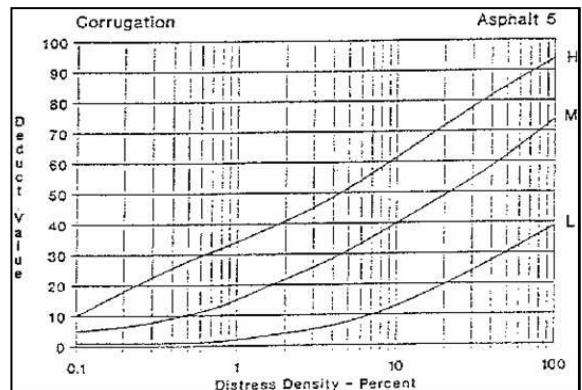


Fig. X3.6 Corrugación

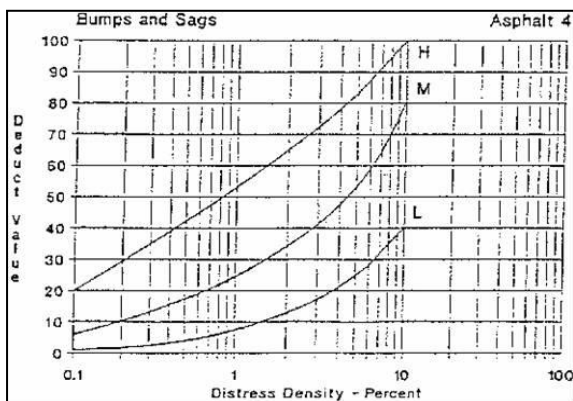


Fig. X3.4 Abultamientos y Hundimientos

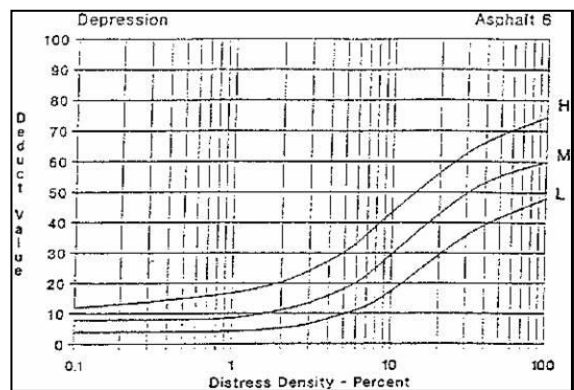


Fig. X3.7 Depresión



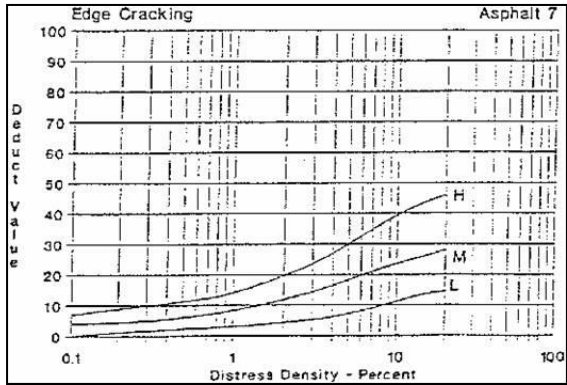


Fig. X3.8 Fisura de Borde

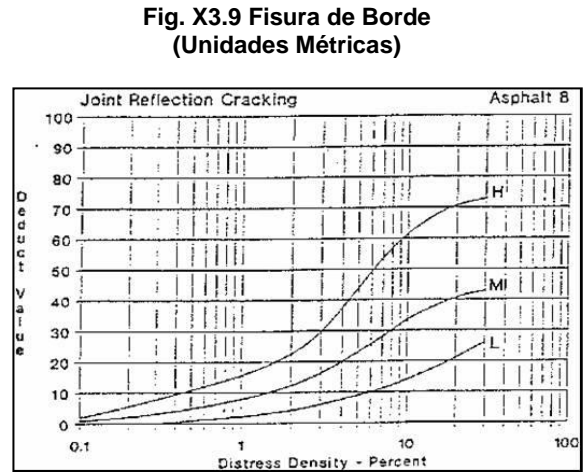


Fig. X3.9 Fisura de Borde (Unidades Métricas)

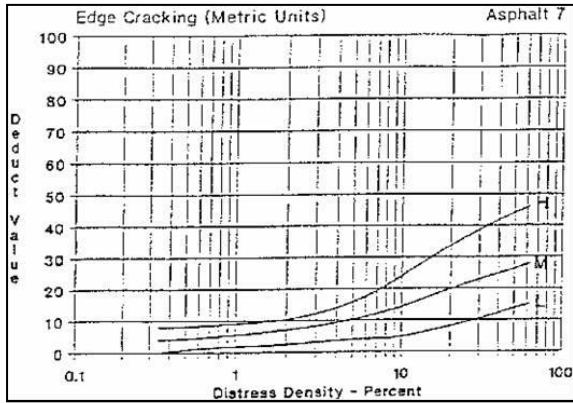


Fig. X3.10 Fisura de Reflexión de Junta

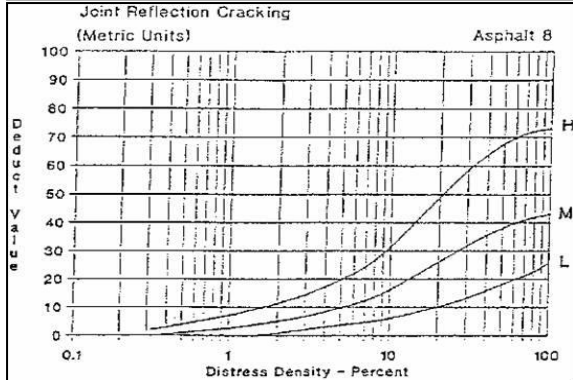


Fig. X3.11 Fisura de Reflexión de Junta (Unidades Métricas)

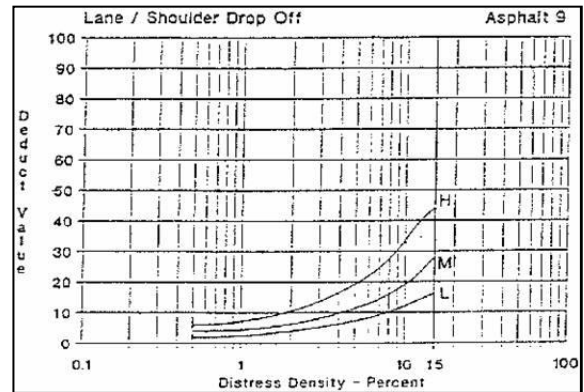
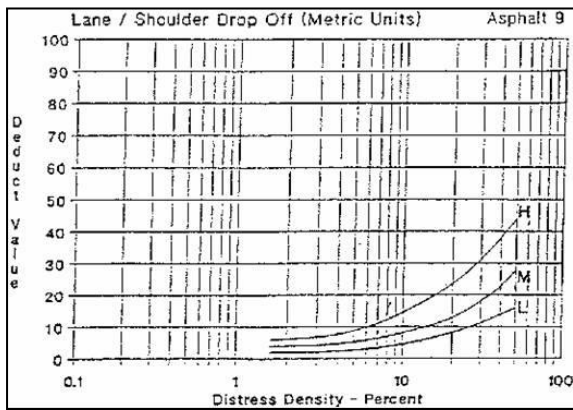
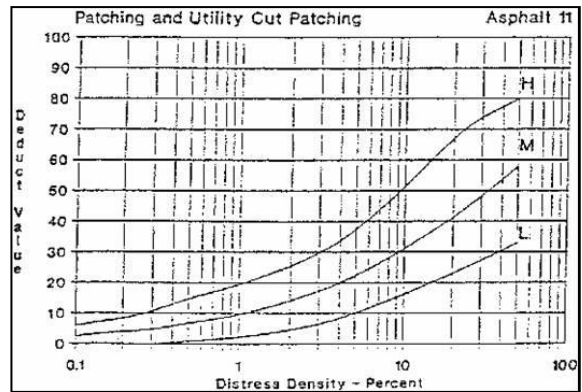


Fig. X3.12 Desnivel Carril-Berma

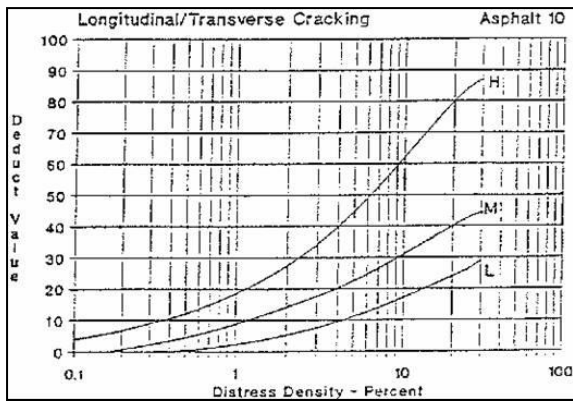




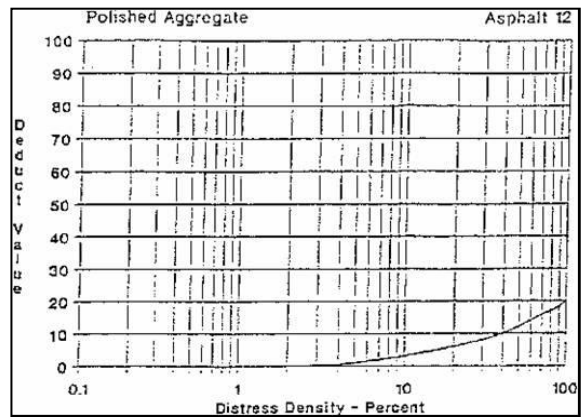
**Fig. X3.13 Desnivel Carril-Berma (Unidades Métricas)**



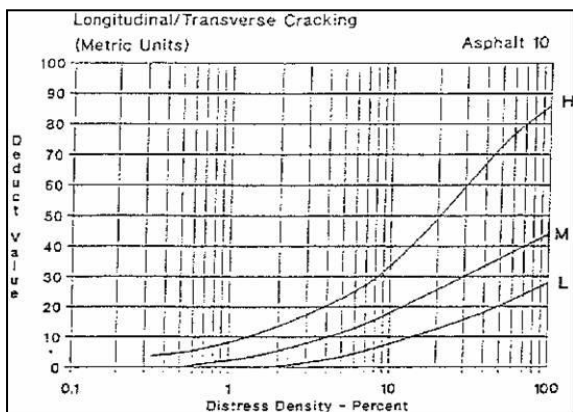
**Fig. X3.16 Parches y Parches de Cortes Utilitarios**



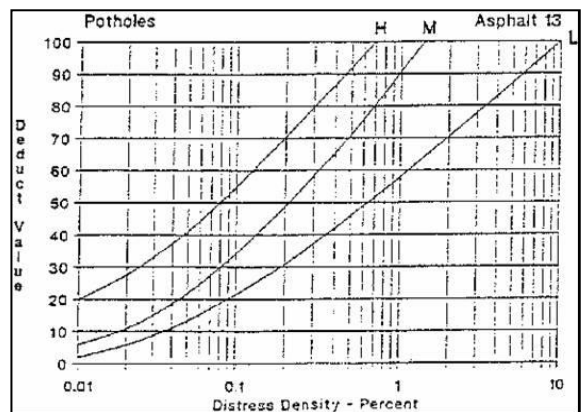
**Fig. X3.14 Fisuras Longitudinales y Transversales**



**Fig. X3.17 Agregado Pulido**



**Fig. X3.15 Fisuras Longitudinales y Transversales (Unidades Métricas)**



**Fig. X3.18 Baches**

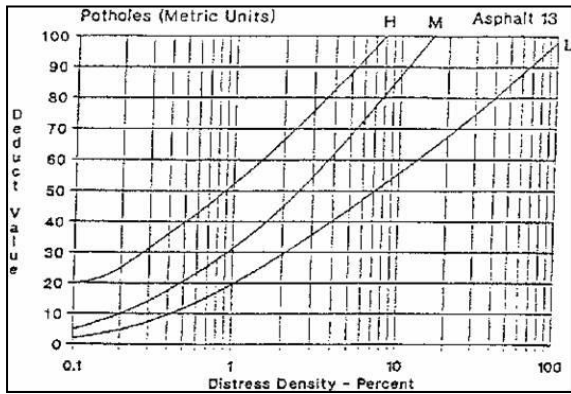


Fig. X3.19 Baches (Unidades Métricas)

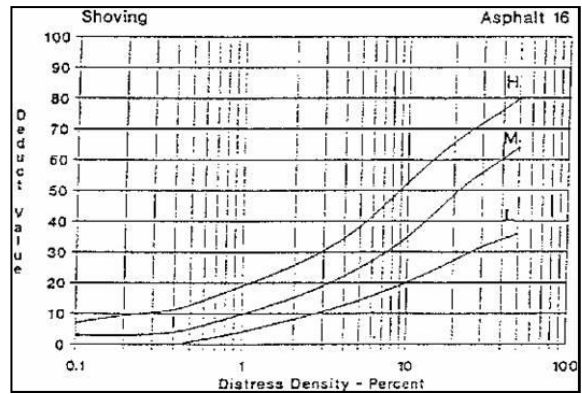


Fig. X3.22 Desplazamiento

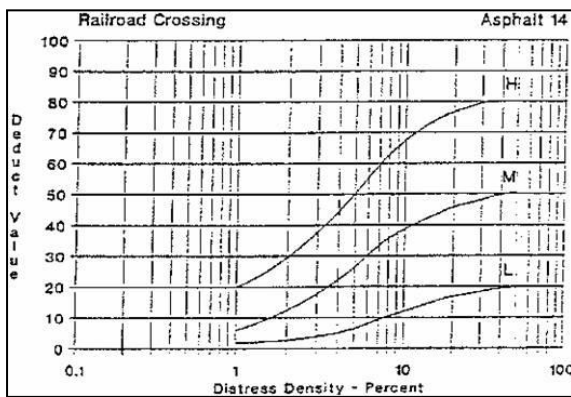


Fig. X3.20 Cruce de Vía Férrea

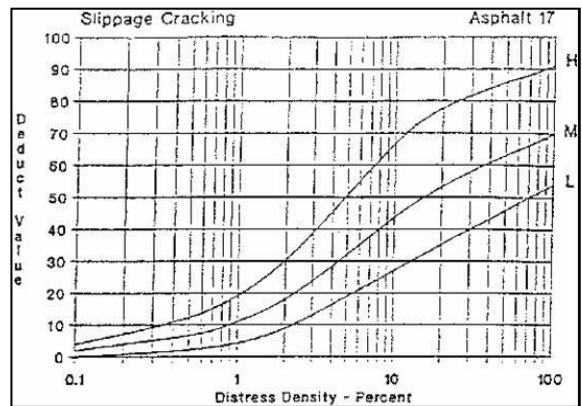


Fig. X3.23 Fisura Parabólica

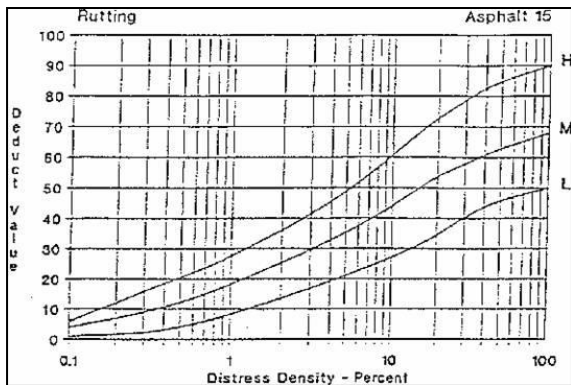


Fig. X3.21 Ahuellamiento

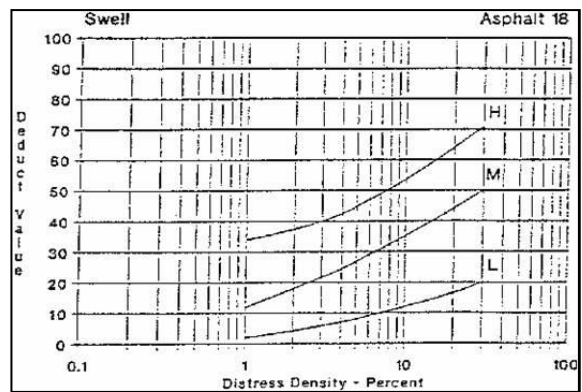


Fig. X3.24 Hinchamiento



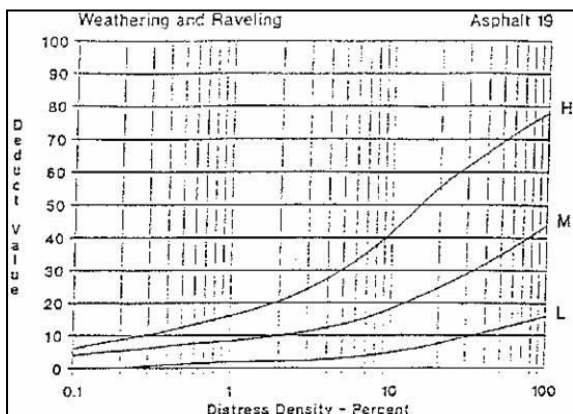


Fig. X3.25 Peladura y Desprendimiento

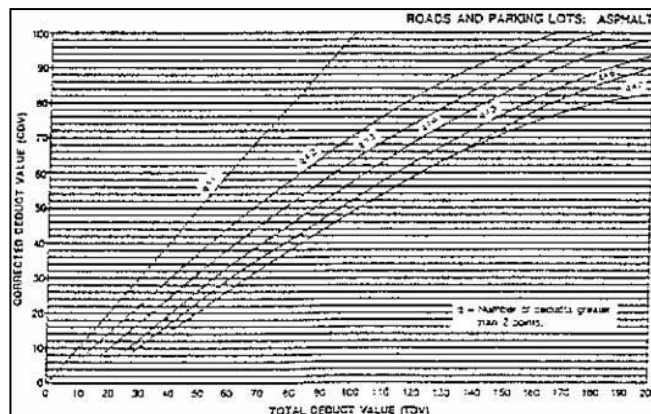


Fig. X3.26 Corrección del Valor Deducido para CA

X3. Curvas de Valores Deducidos para Asfalto

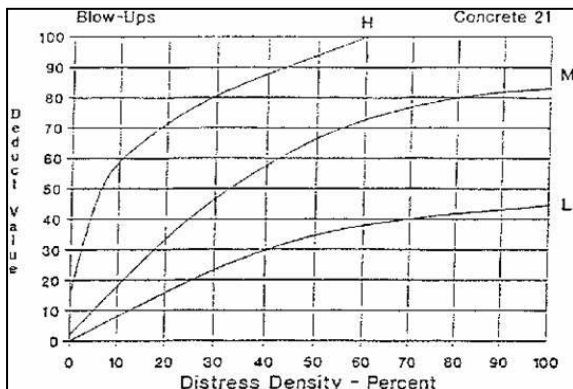


Fig. X4.1 Levantamiento/Pandeo

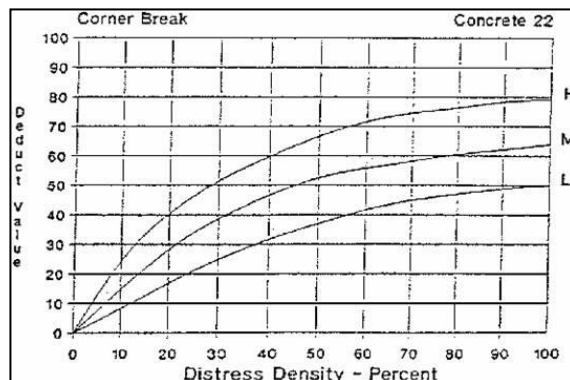


Fig. X4.2 Fisura de Esquina

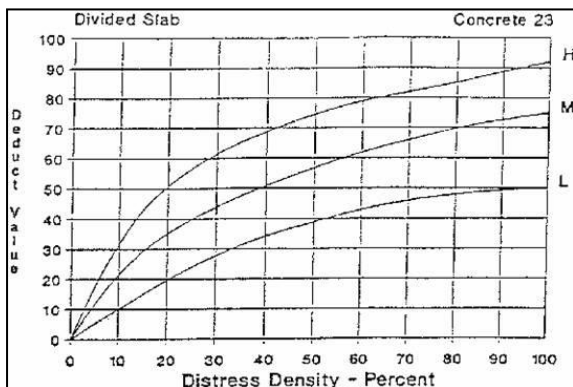


Fig. X4.3 Losa Dividida

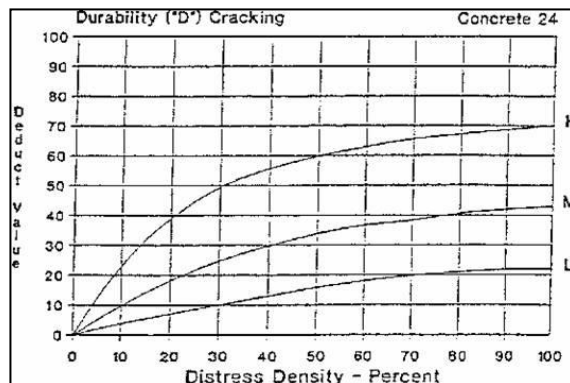


Fig. X4.4 Fisura de Durabilidad "D"

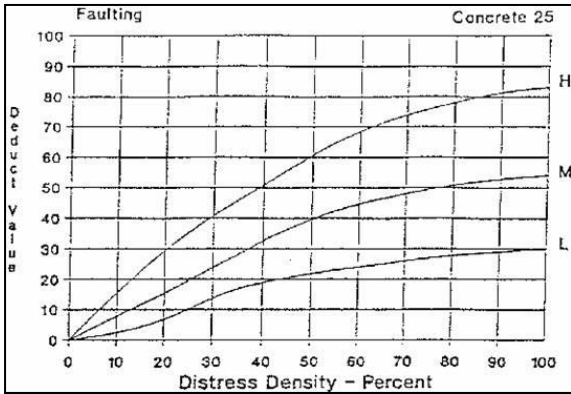


Fig. X4.5 Escalonamiento

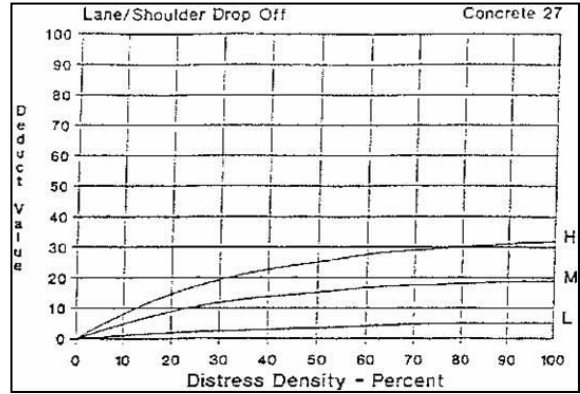


Fig. X4.7 Desnivel Carril-Berma

Joint Seal Damage Concrete 26

Joint seal damage is not rated by density. The severity of the distress is determined by the sealant's overall condition for a particular sample unit.

The deduct values for the three levels of severity are:

LOW	2 points
MEDIUM	4 points
HIGH	8 points

Fig. X4.6 Valores Deducidos del Pavimento Rígido, Falla 26, Daño en el Sello de la Junta

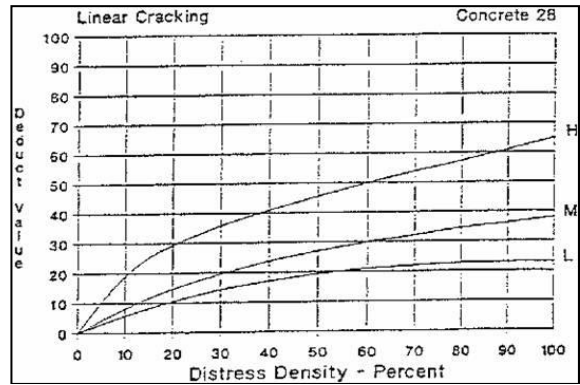


Fig. X4.8 Fisuras Lineales

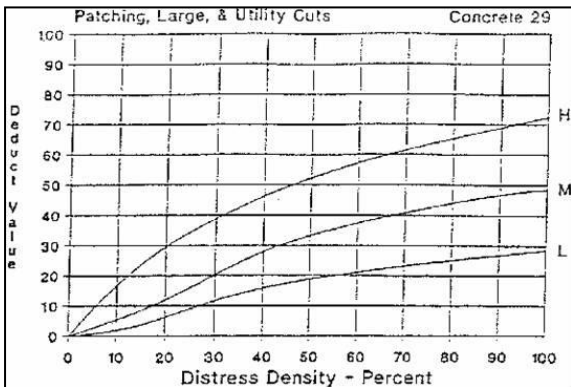


Fig. X4.9 Parches Grandes y Parches Grandes De Cortes Utilitarios

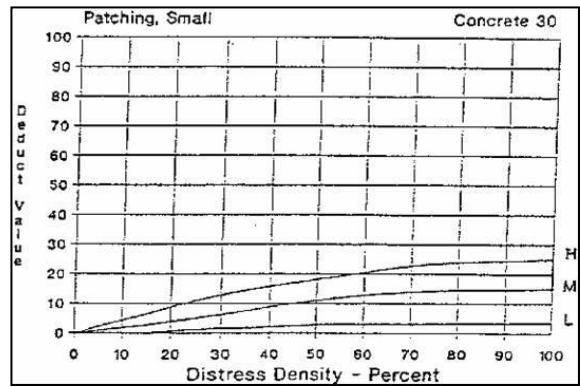


Fig. X4.10 Parches Pequeños

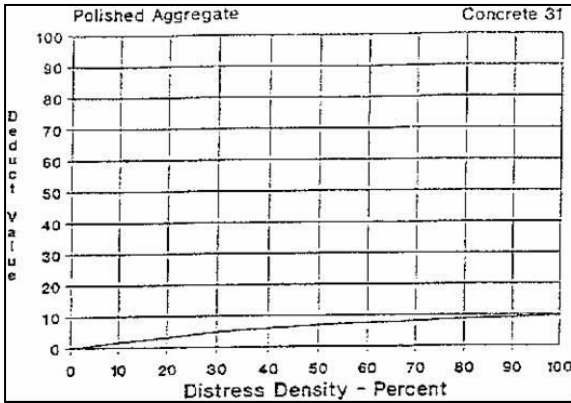


Fig. X4.11 Agregado Pulido

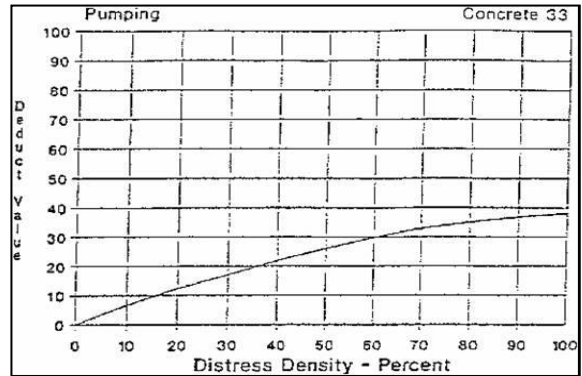


Fig. X4.13 Bombeo

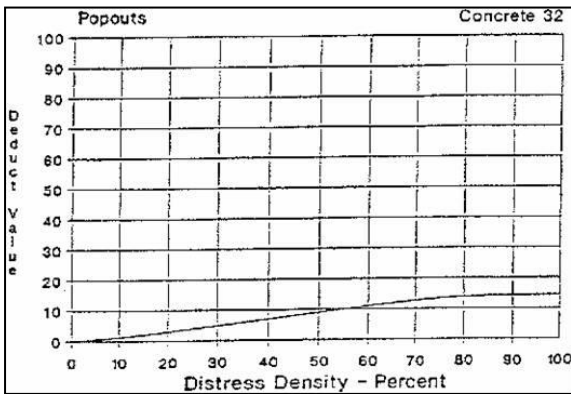


Fig. X4.12 Popouts

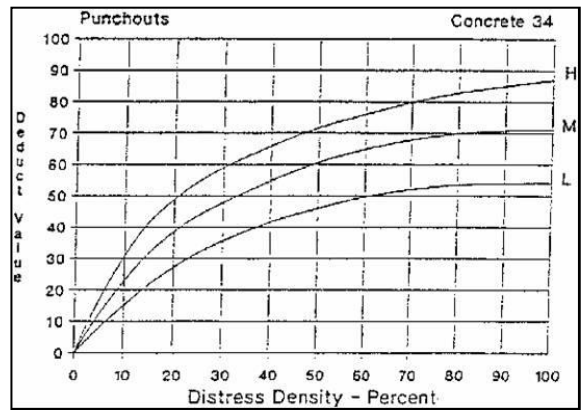


Fig. X4.14 Punzonamiento

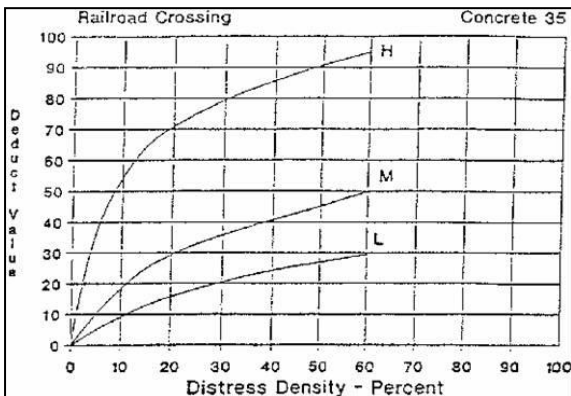


Fig. X4.15 Cruce de Vía Férrea

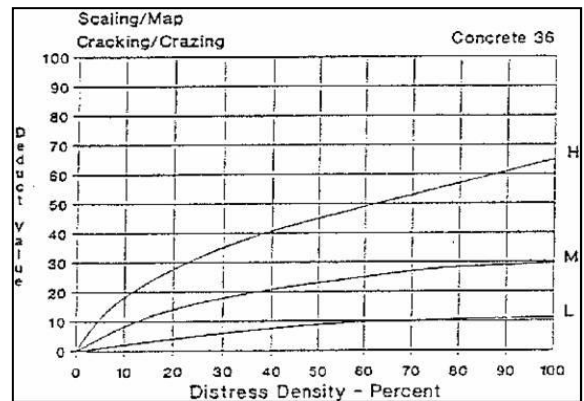


Fig. X4.16 Descascaramiento/Mapa de Fisuras/Craquelado



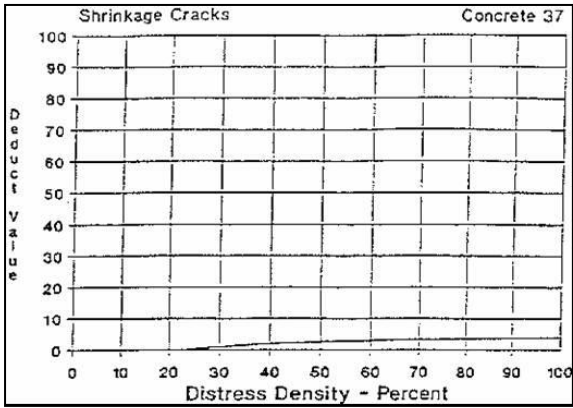


Fig. X4.17 Fisuras de Contracción

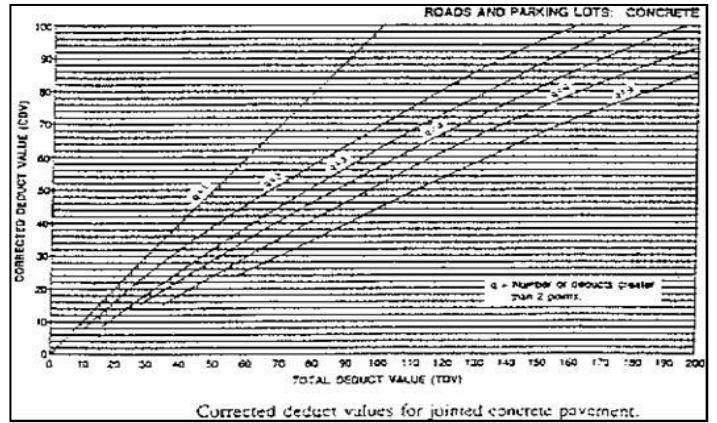


Fig. X4.20 Corrección del Valor Deducido para PCC

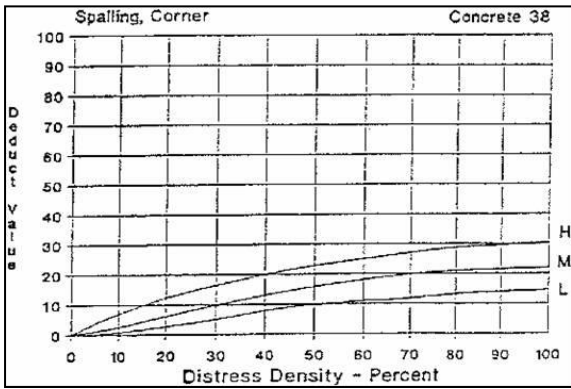


Fig. X4.18 Descascaramiento de Esquina

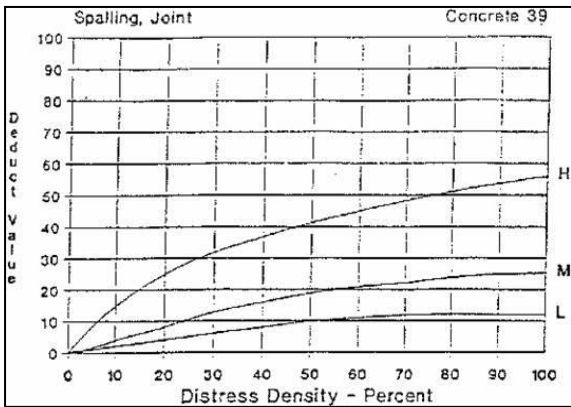


Fig. X4.19 Descascaramiento de Junta



## REFERENCIAS

- (1) *PAVER Asphalt Distress Manual, Laboratorios de Ingeniería de la Construcción del Ejército de los Estados Unidos, TR 97/104, Junio 1997.*
- (2) *PAVER Asphalt Distress Manual, Laboratorios de Ingeniería de la Construcción del Ejército de los Estados Unidos, TR 97/105, Junio 1997.*
- (3) *Carey, W.N., Jr. e Irick, P.E., "The Pavement Serviceability-Performance Concept", Boletín HRB 250, 1960.*
- (4) *Sayers, M.W., Gillespie, T.D., y Queiroz, C.A.V., "The International Road Roughness Experiment: Establishing Correlation and a Calibration Standard for Measurements", World Bank Technical Paper N°45, El Banco Mundial para la Reconstrucción y Desarrollo/ El Banco Mundial, Washington, DC, 1986.*