

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



**EVALUACIÓN SUPERFICIAL DE LA CARRETERA
CAÑETE – YAUYOS - CHUPACA CON EL METODO DEL PCI
TRAMO KM. 89+000 - KM. 94+000**

INFORME DE SUFICIENCIA

Para optar el Título Profesional de:

INGENIERO CIVIL

MARCO ANTONIO SIFUENTES ROMERO

Lima- Perú

2009

DEDICATORIA:

A mis padres Teófilo y Obdulia, por el gran apoyo que me brindaron en mis estudios universitarios.

A mis hijos Gianmarco y Christian, quienes son la motivación de mi vida.

ÍNDICE

RESUMEN	4
LISTA DE CUADROS.....	5
LISTA DE FIGURAS.....	6
LISTA DE SÍMBOLOS Y SIGLAS.....	8
INTRODUCCIÓN	9
CAPÍTULO I: ASPECTOS GENERALES	11
1.1 ANTECEDENTES.....	11
1.2 UBICACIÓN.....	13
1.3 CARACTERÍSTICAS.....	16
1.3.1 Descripción de la carretera.....	16
1.3.2 Clima.....	17
1.3.3 Geomorfología.....	19
1.3.4 Geología.....	20
1.3.5 Ecología.....	21
1.3.6 Flora.....	21
1.3.7 Fauna.....	22
1.3.8 Descripción de los materiales de fundación.....	23
1.4 ESTADO ACTUAL DE LA VÍA.....	26
1.4.1 Longitud de la vía.....	26
1.4.2 Trabajos ejecutados.....	27
1.5 DESCRIPCIÓN DE TRAMO EVALUADO KM 89+000 – KM 94+000.....	27
CAPÍTULO II: ESTADO DEL ARTE	35
2.1 MÉTODO DEL ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO PCI.....	35
2.2 APLICACIÓN DEL MÉTODO EN EL PERÚ.....	37
2.2.1 Mantenimiento en el corredor internacional IIRSA Amazonas Centro.....	38

CAPÍTULO III: MARCO TEÓRICO	41
3.1 EVALUACIÓN SUPERFICIAL DE PAVIMENTOS FLEXIBLES.....	41
3.1.1 Objetivos de la evaluación superficial de pavimentos.....	42
3.2 ÍNDICE DE CONDICIÓN DE PAVIMENTOS	
PCI.....	43
3.2.1 Introducción.....	43
3.2.2 Objetivos.....	44
3.2.3 Características del método.....	44
3.2.4 Conceptualización del método.....	44
3.2.5 Rangos de calificación del PCI.....	45
3.3 PROCEDIMIENTO DE EVALUACIÓN POR MÉTODO	
PCI.....	47
3.3.1 Selección del tramo a evaluar.....	47
3.3.2 Relevamiento de fallas.....	51
3.3.3 Procesamiento de información.....	51
3.3.4 Determinación del PCI.....	54
3.4 FALLAS CONSIDERADAS EN EL MÉTODO.....	55
3.5 FORMATOS DE METRADOS.....	57
3.6 CAUSAS DE FALLA EN LOS PAVIMENTOS FLEXIBLES.....	59
3.6.1 Trafico de diseño.....	59
3.6.2 Proceso constructivo.....	59
3.6.3 Deficiencias del proyecto	59
3.6.4 Factores ambientales.....	59
3.7 CRITERIOS DE MANTENIMIENTO Y NIVELES DE SERVICIO...	60
3.7.1 Conservación vial.....	61
3.7.2 Mantenimiento rutinario.....	61
3.7.3 Mantenimiento periódico.....	62
3.7.4 Rehabilitación.....	62

CAPÍTULO IV: APLICACIÓN AL TRAMO KM 89+000 – KM 94+000	65
4.1 EVALUACIÓN DEL TRAMO KM 84+000 – KM 89+000.....	65
4.1.1 Determinación de las unidades de muestreo.....	65
4.1.2 Evaluación de la condición de pavimento.....	65
4.2 DETERMINACIÓN DEL PCI DEL TRAMO EN ESTUDIO.....	70
4.2.1 Proceso de cálculo del PCI.....	70
4.2.2 Cálculo del PCI del sub tramo 89+000 – 89+100.....	70
4.2.3 Cálculo del PCI del sub tramo 89+100 – 89+200 y 89+200 – 89+300.....	74
4.2.4 Cálculo del PCI con el programa PCI-MTC.....	77
4.2.5 Cálculo del PCI promedio.....	79
CAPÍTULO V: ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	
5.1 EVALUACIÓN Y ANALISIS DE RESULTADOS.....	83
	83
CONCLUSIONES.....	
	85
RECOMENDACIONES.....	
	87
BIBLIOGRAFÍA.....	
	88
ANEXO 01 (Catálogo de Fallas).....	
	89
ANEXO 02 (Ábacos).....	
	124

RESUMEN

El presente informe tiene como finalidad evaluar la superficie del pavimento, aplicando el método del PCI (Índice de Condición del Pavimento), sobre un tratamiento superficial mono capa, aplicado en la carretera Cañete-Yauyos-Chupaca entre los Km 89+000 al Km 94+000.

Con esta finalidad, se desarrolla el presente informe denominado "Evaluación Superficial de la Carretera Cañete – Yauyos – Chupaca con el Método del PCI Tramo Km 89+000 - Km 94+000", Dicha carretera se encuentra ubicada en el departamento de Lima, provincia de Yauyos.

Entre los objetivos que se espera alcanzar del presente estudio, podemos mencionar:

1. Obtener datos confiables para poder realizar una correcta evaluación del relevamiento de falla del tramo de carretera a estudiar.
2. Procesamiento de los datos de relevamiento de fallas y metrados para determinar el PCI del tramo en estudio.
3. Comparar los valores de PCI obtenidos en pavimento básico (mono capa), con la metodología aplicada en la actualidad por el PCI-MTC, através de su software.

El presente Informe contiene aportes técnicos, impartidos en temas desarrollados en el curso de Actualización de Conocimientos, aplicados para la evaluación superficial para el tramo en estudio.

LISTA DE CUADROS

Cuadro N° 1.01	Ubicación de carretera.....	14
Cuadro N° 1.02	Ubicación del proyecto.....	14
Cuadro N° 1.03	Zonas de vida a lo largo de la carretera.....	21
Cuadro N° 1.04	Valores de CBR por tramos.....	25
Cuadro N° 1.05	Comparación de distancias por tramos.....	26
Cuadro N° 1.06	Ubicación de calicatas para el tramo en estudio.....	29
Cuadro N° 2.07	Tramos del estudio de ingeniería.....	39
Cuadro N° 2.08	Evaluación del PCI, ruta 020.....	40
Cuadro N° 3.09	Rangos de calificación del PCI.....	46
Cuadro N° 3.10	Longitudes de unidades de muestreo.....	48
Cuadro N° 3.11	Catálogo de fallas del método PCI.....	56
Cuadro N° 3.12	Fallas y causas en pavimentos flexibles.....	59
Cuadro N° 3.13	Categoría de mantenimiento sugerido según condición de la vía.....	63
Cuadro N° 4.14	Comparación, cálculo manual vs programa PCI-MTC....	77

LISTA DE FIGURAS

Figura N° 1.01	Trabajos durante la ley de conscripción vial (1920)....	10
Figura N° 1.02	Área de influencia indirecta.....	13
Figura N° 1.03	Área de influencia directa.....	13
Figura N° 1.04	Plano clave de la carretera Cañete-Yauyos-Chupaca...	15
Figura N°1.05	Valores CBR por tramos.....	26
Figura N° 1.06	Trabajos ejecutados a Julio del 2009.....	27
Figura N° 1.07	Ubicación del tramo en estudio.....	27
Figura N° 1.08	Vista panorámica del tramo en estudio.....	28
Figura N° 1.09	Mapa ecológico del tramo en estudio.....	29
Figura N° 1.10	Perfil estratigráfico del tramo en estudio.....	30
Figura N° 1.11	Proceso de ejecución de pavimentos básicos.....	31
Figura N° 1.12	Sección típica del cambio de estándar.....	31
Fotografía 1.01	Colocación de capa granular con material de cantera....	32
Fotografía 1.02	Estabilización de afirmado Km 94+000.....	32
Fotografía 1.03	Limpieza de superficie estabilizada Km 90+000.....	32
Fotografía 1.04	Riego de RC-250 sobre superficie estabilizada.....	33
Fotografía 1.05	Esparcido de gravilla sobre el RC-250.....	33
Fotografía 1.06	Trabajos de compactado.....	33
Fotografía 1.07	Trabajo terminado a Marzo del 2009.....	34
Fotografía 1.08	Visita de campo a tramo en estudio (Octubre 2009).....	34
Figura N° 2.13	Diagrama del PCI vs progresiva, ruta 020.....	40
Figura N° 3.14	Curva de deterioro del pavimento en el tiempo.....	42
Figura N° 3.15	Clasificación PCI.....	46
Figura N° 3.16	Diagrama de flujo del método PCI.....	52
Figura N° 3.17	Pasos para el cálculo del PCI.....	53
Figura N° 3.18	Formato de registro de fallas del método PCI.....	57

Figura N° 3.19	Formato de registro de fallas del método PCI usado por el MTC.....	58
Figura N° 3.20	Factores que afectan el comportamiento de los pavimentos flexibles.....	60
Figura N° 4.21	Fotos durante evaluación realizada.....	66
Figura N° 4.22	Cálculo del PCI del sub tramo Km 89+000-Km 89+100.....	71
Figura N° 4.23	Cálculo del PCI del sub tramo Km 89+100-Km 89+200.....	75
Figura N° 4.24	Cálculo del PCI del sub tramo Km 89+200-Km 89+300.....	76
Figura N° 4.25	Gráfica del PCI, cada 100 mt del Km 89+000 al Km 94+000. Reesultado del programa PCI-MTC.....	78
Figura N° 4.26	Determinación del PCI promedio con el programa PCI-MTC, pág. 01.....	79
Figura N° 4.27	Determinación del PCI promedio con el programa PCI-MTC, pág. 02.....	80
Figura N° 4.28	Determinación del PCI promedio con el programa PCI-MTC, pág. 03.....	81
Figura N° 4.29	Determinación del PCI promedio con el programa PCI-MTC, pág. 04.....	82
Figura N° 5.30	Valores del PCI del Km 89+000 al Km 94+000.....	83

LISTA DE SÍMBOLOS

IMD	: Índice Medio Diario
MDS	: Máxima Densidad Seca
IP	: Índice Plástico
LL	: Límite Líquido
LP	: Límite Plástico
PCI	: Índice de Condición de Pavimentos
PSI	: Índice de Serviciabilidad Presente
IRI	: Índice de Rugosidad Internacional
EAL _(8.2 ton)	: Número de Ejes Equivalentes a 8.2 Tón. en el periodo de diseño
FD	: Factor Destructivo vehicular
CBR	: California Bearing Ratio
n	: Periodo de diseño
W ₁₈	: Número de repeticiones de ejes equivalentes de 8.2 Ton
S.U.C.S.	: Sistema Unificado de Clasificación de Suelos
D _L	: Factor carril
MTC	: Ministerio de Transportes y Comunicaciones
AASHTO	: American Association of State Highway and Transportation Officials.
SN	: Número Estructural.
MP	: Mantenimiento Preventivo
TMAA	: Temperatura Media Anual del Aire (°C)
T _n	: Tránsito proyectado al año "n" en veh/día.
T ₀	: Tránsito actual (año 0) en veh/día.
i	: Tasa de crecimiento del tránsito.

INTRODUCCIÓN

Las vías poseen gran importancia por el papel fundamental que cumplen en la actualidad siendo necesario proveer una red adecuada, cómoda, segura y que facilite el transporte de personas y/o de bienes con la mayor comodidad. La clasificación de las carreteras en nuestro país se presenta de diferentes maneras, dependiendo de la importancia y función que éstas tengan.

En la actualidad es importante ofrecer una red vial con excelentes especificaciones, a causa del impulso económico que éstas ofrecen y la disminución en tiempos de viaje y costos de operación de los vehículos, llevando consigo un beneficio considerable al usuario.

Se hace necesario crear una cultura en cuanto a mantenimiento y rehabilitación de la red vial porque dependiendo de qué tan frecuente se ejecute éste, se podrá proporcionar una red adecuada que cumpla con las necesidades de comunicación entre las diferentes regiones y así ayudar al crecimiento del país.

En la actualidad el transporte de carga y de pasajeros en la carretera Cañete – Huancayo invierte un considerable número de horas debido a lo angosto de la vía, al trazo deficiente y al inadecuado estado de la superficie de rodadura. El número de horas para transitar por esta vía sería menor si la carretera se encontraría en buenas condiciones, con el ancho de vía necesario para facilitar la transitabilidad en ambos carriles, con un diseño geométrico eficiente y una superficie de rodadura adecuada respaldada por un paquete estructural debidamente diseñado para soportar las solicitaciones de carga de los vehículos. Mejorando las características anteriormente mencionadas, se daría mayor fluidez a los vehículos que transportan productos, reduciendo costos operativos y por ende reducción en los precios de venta de los productos, además de incrementar la seguridad vial.

El presente Informe de Suficiencia, pretende uniformizar los criterios para una adecuada evaluación superficial de los deterioros de una carretera, considerando que estos se inician desde su puesta en servicio, es necesario realizar en forma periódica la evaluación superficial del pavimento, para poder tener elementos que nos permitan decidir en forma oportuna las acciones de

mantenimiento y conservación vial rutinaria que nos permitan conservar un nivel adecuado de servicio durante la vida útil de la vía.

El primer capítulo rescata datos generales importantes de la carretera, el estado del arte donde se detalla la evolución de la carretera desde sus inicios hasta la fecha. La ubicación de la carretera y del tramo en estudio, así con el clima, la geología de la zona y el estado actual después del cambio estándar.

En el segundo capítulo enfoca el estado del arte de método empleado, para conocer evolución en el tiempo del método, así como sus aplicaciones en el Perú.

El tercer capítulo, abarca el marco teórico del método y sus aplicaciones en pavimentos flexibles, las causas de las fallas, cálculo de la condición del pavimento y algunos criterios para determinar la necesidad de mantenimiento de la vía.

En el cuarto capítulo, veremos la aplicación del método en el tramo en estudio, principalmente el relevamientos de fallas en el tramo en estudio.

Capítulo cinco, se realizará el procesamiento de datos de campo, el cálculo del PCI para todo el tramo en estudio, así como la interpretación de resultados.

CAPÍTULO I.- ASPECTOS GENERALES

1.1 ANTECEDENTES

La carretera de penetración y enlace entre Cañete – Yauyos – Chupaca (actualmente corredor vial N° 13), fue proyectada y ejecutada por partes durante el gobierno del Sr. Augusto B. Leguía entre la década de 1920 a 1930, mediante la Ley decretada de la Conscripción Vial Territorial del Perú. Durante los últimos años de este gobierno en el avance de los trabajos en el cañón de Uchco, por circunstancias fatales mueren seis obreros y coincidiendo con la caída del gobierno, quedaron paralizados todos los trabajos de la carretera.

Figura N° 1.01.- Trabajos durante la Ley de Conscripción Vial. DL N° 4113 (1920)



Fuente: <http://pe.kalipedia.com/historia-peru>

Por el lado de la costa durante el gobierno del Dr. Manuel Prado Ugarteche, entre los años 1940 y 1944 se avanzan con los trabajos de la carretera desde Cañete, llegando a Yauyos en abril de 1944, siendo inaugurado por el propio Presidente en junio del mismo año. En 1954 el Gobierno Central a través del Ministerio de Fomento continuó con los trabajos para culminar con el tramo faltante entre Yauyos-Tomas, las obras estuvieron a cargo del Ing. Máx. Atuncar, siendo esto hecho realidad en 1957.

En el año 1998 la Comisión de Promoción de Concesiones Privadas (PROMCEPRI) adjudicó la buena Pro al Consorcio “Asociación Aguas y Estructuras (AYESA) – ALPHA CONSULT SA” para realizar el servicio de consultoría a nivel de estudio definitivo para la rehabilitación y mejoramiento de la carretera Lunahuaná - Huancayo.

En el año 2003, el Proyecto Especial Rehabilitación de Transportes (PERT) del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC) encargó al consultor Ing. Floriano Palacios León (Contrato de Estudios N° 0412-2003-MTC/20 del 28.11.2003) la formulación del estudio de pre inversión a nivel de perfil para el mejoramiento y rehabilitación de la carretera ruta 22, tramo: Lunahuaná – Yauyos – Chupaca.

En el marco del programa “Proyecto Perú” que fue creado por Resolución Ministerial N° 223-2007-MTC-02 y modificado por Resolución Ministerial N°408-2007-MTC/02 y que es parte del Proyecto Especial de Infraestructura de Transporte Nacional (PROVIAS NACIONAL), se suscribió el CONTRATO DE SERVICIOS N° 288–2007 MTC/20 de 27 de diciembre del 2007, con el CONSORCIO GESTIÓN DE CARRETERAS por un monto total de S/.131’589,139.31 y con un plazo de contrato de cinco años, a fin que éste brinde el Servicio de **Conservación Vial por Niveles de Servicio de la Carretera: Cañete – Lunahuaná – Pacarán - Chupaca y Rehabilitación del Tramo: Zúñiga – Dv. Yauyos – Ronchas.**

Como parte de los compromisos contraídos por el CONSORCIO GESTIÓN DE CARRETERAS, según los términos de referencia, dentro de la fase pre-operativa se realizó un Inventario Vial Calificado (obtención de un registro de todas las estructuras y obras que conforman la carretera), el cual se ejecutó durante los meses de abril, mayo y junio del 2008.

El MTC a través de PROVIAS NACIONAL suscribió un convenio de cooperación interinstitucional con la Universidad Nacional De Ingeniería el 22 de agosto del 2008 por un periodo de cinco años, con el propósito de implementar un sistema de acompañamiento y monitoreo del contrato de conservación vial por niveles de servicio que se vienen llevando a cabo en el corredor vial N° 13.

1.2 UBICACIÓN

La carretera Cañete – Yauyos – Chupaca forma parte del corredor vial N° 13, perteneciente a la Ruta N° 22 de la Red Vial Nacional.

Se encuentra ubicado en la región central del país y su ámbito de desarrollo está entre las provincias de **Cañete y Yauyos** en el departamento de **Lima** y las provincias de **Concepción y Chupaca** en el departamento de **Junín**.

Figura N°1. 02.- Área de influencia indirecta



Fuente: Elaboración propia

Figura N° 1.03.- Área de influencia directa



Fuente: Elaboración propia

Cuadro N°1.01.- Ubicación de la Carretera

Tramo de la carretera	Progresiva proy. (km)	Progresiva real (km)	Coordenada Geográfica	Región
Cañete (Inicio)	0+000	1+805	13°04'34"(S) – 76°23'04"(O)	Costa
Chupaca (Fin)	271+726	273+531	12°03'35"(S) – 75°17'16"(O)	Sierra

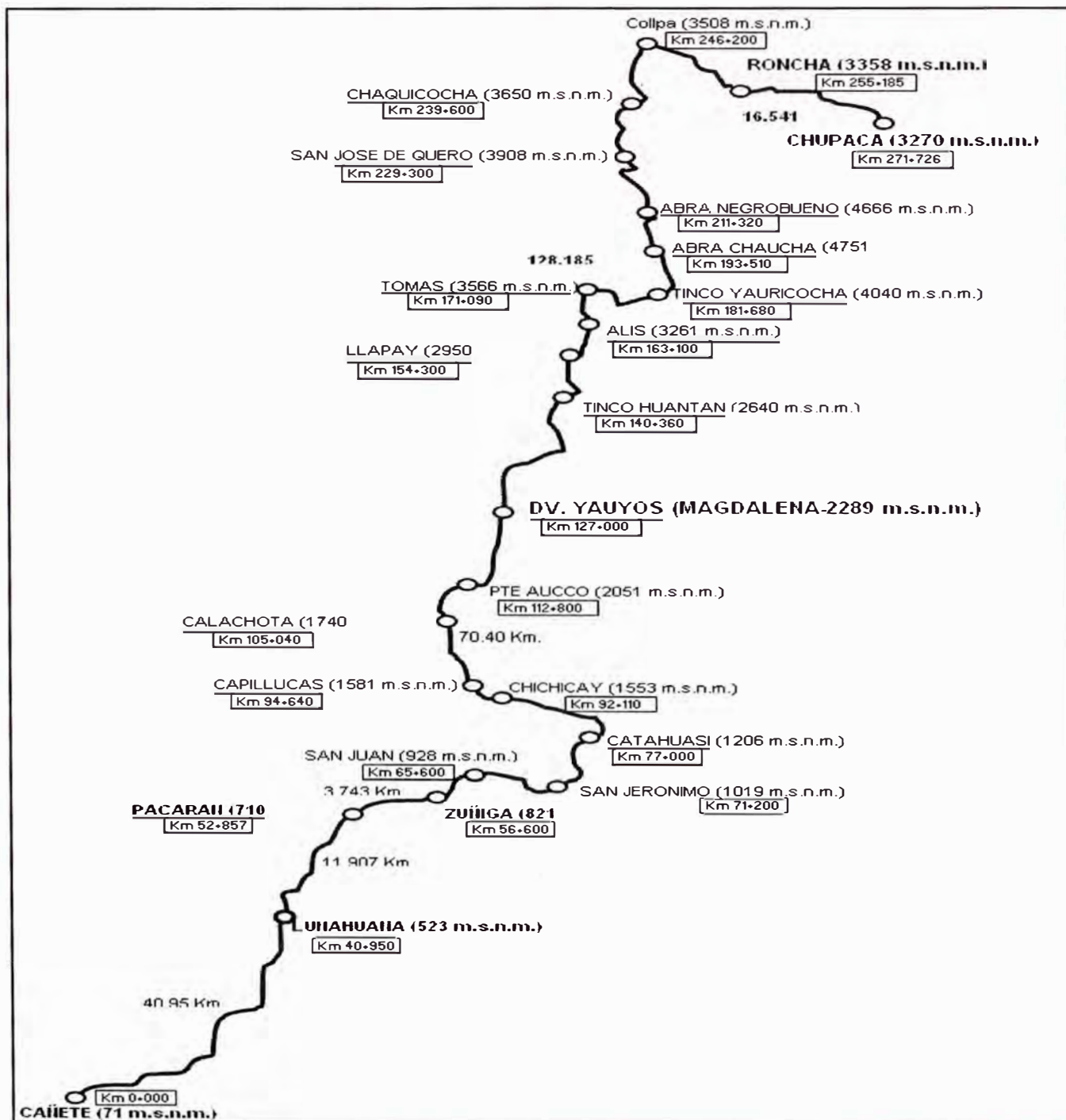
Fuente: Elaboración propia

Cuadro N°1.02.- Ubicación del proyecto

Ubicación Geográfica	
Departamento	Lima – Junín
Provincia	Cañete, Yauyos, Concepción, Chupaca
Región Geográfica	Costa y Sierra
Coordenadas Geográficas	
Inicio (Lunahuaná)	13°04'37" S – 76°23'16" O
Fin (Chupaca)	12°04'28" S – 75°12'39" O
Altitud	
Entre 523 y 4,800 msnm	

Fuente: Elaboración propia

Figura N°1.04.- Plano clave de la carretera Cañete-Yauyos-Chupaca



Fuente: Informe Técnico , convenio UNI-PROVIAS

1.3 CARACTERÍSTICAS

1.3.1 DESCRIPCIÓN DE LA CARRETERA

El valle de Cañete es estrecho y de forma triangular, siendo más amplia en el límite con la región Chala o Costa y el vértice por el lugar donde ingresa generalmente uno de los afluentes principales del río; en este sector se encuentran terrazas que son empleadas para el cultivo.

Continúa “la quebrada” que se forma a manera de una estrecha garganta cuanto más se aproxima a los contrafuertes andinos. Todas las superficies de los cerros son pétreas, rocallosas, reseca y completamente desprovistas de condiciones naturales para la agricultura, por falta de agua. Esta área corresponde a la región **Yunga** (500 msnm - 2300 msnm). Las localidades que se encuentran con esta configuración son: Zúñiga (821 msnm) en el km 56+600, Catahuasi (1206 msnm) en el km 77+000, Capillucas (1581 msnm) en el km 94+640, Calachota (1740 msnm) en el km 105+040, y Dv. Yauyos o Magdalena (2289 msnm) en el km 127+000).

Continúa la vía por la región **Quechua** (2300 msnm – 3500 msnm), donde por lo general luego de una estrecha garganta o pongo, se abre una nueva quebrada cuyos fondos planos son relativamente estrechos y son inmediatamente continuados por las faldas de los cerros de suave declive, interrumpidas por lomas. Localidades ubicadas en esta región son: Tinco Huantan (2640 msnm) en el km 140+360, Llapay (2950 msnm) en el km 154+300, y Alis (3261 msnm) en el km 163+100. Al otro lado de la cordillera se ubica Ronchas (3358 msnm) en el km 255+185.

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

localidad llamada Tomas (km 171+090) se ubicada en esta región. Se encuentra a 3566 msnm. Al otro lado de la cordillera se ubican: San José de Quero (3908 msnm) en el km 229+300, Chaquicocha (3650 msnm) en el km 239+600, y Collpa (3508 msnm) en el km 246+200.

La carretera atraviesa también la región **Puna**, que comprende alturas entre los 4000 msnm y 4800 msnm. Esta región aparece a ambos lados del declive andino, separando cumbres nevadas entre sí, reuniendo las cumbres, de menos de 4800 metros para formar nudos y mesetas, y hendiendo las cordilleras para dar paso a las abras. Se considera a la Puna como una gran llanura elevada o altiplano; sin embargo esta región ofrece muy variados relieves en relación con su ubicación. En esta región ubicamos localidades o lugares como: Tinco Yauricocha (4040 msnm) en el km 181+680, Abra Chaucha (4751 msnm) en el km 193+510, Abra Negro Bueno (4666 msnm) en el km 211+320).

1.3.2 CLIMA

a) Temperatura

Como se ha visto, el área comprometida en el proyecto se ubica en diferentes regiones, según la clasificación del Dr. Javier Pulgar Vidal (expuesta en su tesis "Geografía del Perú").

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

Yunga Marítima: Esta región se caracteriza por ser de sol dominante durante casi todo el año. La temperatura fluctúa entre 20 y 27°C durante el día; las noches son frescas, a causa de los vientos que bajan de las regiones más altas.

Quechua: El clima es templado con notable diferencia entre el día y la noche, el sol y la sombra. La temperatura media anual fluctúa entre 11°C y 16°C; las máximas entre 22°C y 29°C; y las mínimas entre 7°C y -4°C.

Suni: El clima es frío debido a la elevación ya los vientos locales. La temperatura media anual fluctúa entre 7°C y 10°C, máximas superiores a 20°C y mínimas invernales de -1°C a -16°C. El aire es transparente y las nubes se presentan en grandes cúmulos aborregados, simulando nítidas y caprichosas esculturas, muy blancas y brillantes.

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

b) Precipitación

En el tramo existen tres zonas bien diferenciadas en cuanto a niveles de precipitación:

La primera corresponde al tramo comprendido entre Cañete (71 msnm) y Catahuasi (1206 msnm). Donde las precipitaciones promedio anuales son escasas variando de 10 mm en Cañete a 29 mm en Catahuasi.

Un segundo tramo corresponde a la cuenca media del río Cañete, comprendido entre los 2000 y 3500 msnm con una precipitación promedio de de 297,1 mm anuales.

Un tercer tramo correspondiente a la cuenca alta del río Cañete; de la cota de 3500 msnm hasta el nivel de cumbre superiores a los 4500 msnm donde la precipitación se incrementa considerablemente como lo indican las estaciones de Carania 551 mm (3825 m.s.n.m. - Yauyos) y Yauricocha (4522 m.s.n.m.- Alis) 944.1 mm.

En cuanto se refiere a la variación de la precipitación promedio mensual, es conocido que en toda la zona altoandina existe una marcada estacionalidad. A partir de septiembre se inician las primeras lluvias incrementándose paulatinamente hasta el mes de marzo o abril. En el período entre enero y marzo se concentra el mayor volumen de precipitación. Entre los meses de abril y agosto son escasas las lluvias.

1.3.3 GEOMORFOLOGÍA

El relieve en el tramo carretero puede subdividirse en tres zonas bioclimáticas que presentan patrones geomorfológicos más o menos definidos: zona alto andina, zona meso andina y la zona del matorral desértico.

Zona Alto andina (cuenca alta)

Comprende relieves de topografía agreste, de vertientes de altura relativa superior a 500 metros (entre la cima y base de las elevaciones) y pendiente generalmente superior a 50 %. Las laderas presentan considerables superficies en las que predominan las exposiciones del substrato rocoso, que se alternan con taludes coluviales peris glaciares y depósitos morrénicos solifluidos.

Zona Meso andina (cuenca media)

Está constituida por un conjunto de vertientes montañosas, de topografía predominantemente agreste, que se encuentra a altitudes comprendidas aproximadamente entre 2400 y 3800 m.s.n.m. Aquí las glaciaciones cuaternarias no han ejercido acciones morfológicas directas, y el clima holocénico o actual es relativamente templado y húmedo, es decir, que sus temperaturas y precipitaciones permiten desde hace siglos el desarrollo de la tradicional agricultura andina de las vertientes.

En este conjunto se destaca la presencia de áreas encañonadas, de grandes vertientes y paredes rocosas, que con frecuencia superan los mil metros de desnivel entre la cima y base de las elevaciones. A este respecto cabe mencionar el impresionante cañón de paredes rocosas calcáreas ubicado sobre el río Alis, cinco kilómetros aguas abajo del distrito de Tomás.

Zona del Matorral desértico (cuenca baja)

Los sectores más llanos corresponden a la llanura aluvial reciente del río Cañete, donde las acumulaciones aluviales modernas han cubierto prácticamente todas las irregularidades topográficas salvo algunas lomadas y colinas que aparecen sobre el llano a modo de "montes relictos". En forma más localizada, algunos sectores de llanura interior, alejados del curso fluvial, tienen

también muy poca pendiente, debido en parte a la actividad eólica y aluvial de los últimos milenios que contribuyó a rellenar las depresiones regularizando las superficies.

Pero de manera dominante, las llanuras interiores tienen numerosos accidentes topográficos, como disecciones, ondulaciones, exposiciones del substrato rocoso y dunas, que se deben a las acciones eólicas y eventuales lluvias en los últimos miles de años.

Los relieves de colinas y montañas que enmarcan las llanuras costeras, son el resultado de la orogenia y elevación plio pleistocénica de los Andes, a consecuencia de la cual, se encajonaron los cursos de agua dando lugar a la configuración montañosa actual de la cordillera andina, especialmente en la sierra y selva alta. En la costa, las colinas y montañas corresponden de manera general a las estribaciones occidentales finales de la Cordillera Occidental, y conjuntamente con las planicies, conforman los grandes conjuntos morfológicos fisiográficos de la costa.

1.3.4 GEOLOGIA

De acuerdo a la información obtenida del ONERN¹ se puede indicar que la composición frecuentemente observada son las rocas ígneas intrusivas las que constituyen el batolito andino de la Costa que aflora desde la localidad de Trujillo en el Norte de forma ininterrumpida, hasta las cercanías de la quebrada de Pescadores, Arequipa, en el sur del país.

En la cuenca alta del río Cañete se observan además capas de lutitas carbonosas con areniscas de grano fino, estratos de calizas margosas, sill tipo basáltico, calizas masivas dispuestas en bancos potentes, calizas silíceas en gruesos estratos, así como pseudo brechas calcáreas. Este conjunto pétreo es de gran importancia, ya que en las calizas de este grupo está localizada la mejor mineralización de la zona, como la evidencian las minas existentes en la cuenca alta.

ONERN- *Inventario, evaluación y uso racional de los recursos naturales de la costa. Cuenca del Río Cañete- Lima: 1970*

1.3.5 ECOLOGÍA

Según el Mapa Ecológico del Perú² se ha identificado diez zonas de vida que se distribuyen a lo largo de la carretera entre Cañete y Chupaca, estos son:

Cuadro N°1.03.- Zonas de vida a lo largo de la carretera

POBLADOS MAS INPORTANTES	SIMBOLO	FORMACION ECOLOGICA
Cañete, Imperial, Lunahuaná	dd - S	Desierto desecado – Subtropical
Pacarán, Zúñiga	ds – S	Desierto semiárido – Subtropical
Catahuasi, Capillucas	dp – S	Desierto perárido – Subtropical
Calachota	md – S	Matorral desértico – Subtropical
	ee – MBT	Estepa espinosa - Montano Bajo Tropical
Magdalena, Alis	e – MT	Estepa - Montano Tropical
Tomas, Tinco	ph – SaT	Páramo húmedo – Subalpino Tropical
San José de Quero	pmh – SaT	Páramo muy húmedo – Subalpino Tropical
	tp - AT	Tundra pluvial – Alpino Tropical
Chupaca, Ronchas	bh - MT	Bosque húmedo – Montano - Tropical

Fuente.- Plan de manejo socio ambiental, Consorcio Gestión de Carreteras, Junio 2008

1.3.6 FLORA

La determinación de la flora en el tramo de la carretera, se basó en observaciones de campo, información proporcionada por los pobladores locales, trabajo de gabinete y revisión de otros estudios realizados en la zona. Como resultado se obtuvo la siguiente información:

Vegetación en ambientes terrestres se tienen 12 especies identificadas en la zona de vida estepa-Montano Tropical; 16 especies en bosque húmedo-montano tropical; 9 especies en páramo muy húmedo - Subalpino Tropical; y algunas especies hemocriptofíticas entremezcladas con algunas gramíneas del género *Stipa* en Tundra pluvial-Alpino Tropical.

Se cuenta con las siguientes especies importantes: **aliso** (*Alnus jorullensis*), **anojisha** (*Opuntia subulata*), **taya** (*Parastrephia lepidophylla*), **chachas** (*Escallonia pendula*), **tarwi** (*Lupinus mutabilis*), **quinual** (*Polylepis racemosa*), **quishuar** (*Buddleia incana*), **colle** (*Buddleia coriacea*), **yanacara** (*Gynoxis* sp),

² Mapa Ecológico del Perú – Guía Explicativa, INRENA 1995, Lima.

karkac (*Escallonia corymbosa*), **huamanpinta** (*Chuquiraga espinosa*), **roque** (*Colletia spinosissima*), **sauco** (*Sambucus peruviana*), **mutuy** (*Cassia* sp). En las partes más altas se encuentra *Calamagrostis vicunarium*, *Festuca dolichophylla*, *Calamagrostisrigescens*, *Hipochaeris taraxacoides*, *Calamagrostis intermedia*, *Distichia muscoides*, *Alchemilla pinnata*, *Plantago tubulosa* *azorella* spp, *Urtica* spp.

1.3.7 FAUNA

En cuanto a especies de aves ligadas a ambientes acuáticos, se registran 26 especies y 46 especies de aves ligadas a ambientes terrestres, lo cual indica la importancia de estos ecosistemas como zona de tránsito y hábitat para las aves. También se refiere un número de 17 especies de mamíferos identificados en el área de estudio.

Las aves ligadas a los ambientes acuáticos son relativamente numerosas. En general estas especies tienen una densidad bastante baja, las más abundantes son los patos, el zambullidor y las garzas. Las aves ligadas a ambientes terrestres están representadas por la gran cantidad de especies típicas de la sierra peruana como: picaflores (*Agleactis cupripennis*, *Myrtis fanny*, *Patagona gigas*, *Phalcobaenus albogularis*, *Polyonymus caroli*), cotinga (*Ampelio rubrocristatu*), cotorra (*Aratinga Wagleri*), lechuza (*Athene culicularia*), perico andino (*Bolborhynchus obbygnesius*), buho (*Bubo virginianus*), gorrión cordillerano (*Zonotrichia capensis*) y aguilucho común (*Buteo polyosoma*) entre otros.

Entre los principales mamíferos se tiene a los roedores *Akodon boliviensis*, *Orizomys* sp., *Phyllotis pictus*, *Phyllotis* spp., cuy andino (*Cavia tschudii*), zorrino (*Conepatus rex*), muca (*Didelphis marsupialis*), zorro andino (*Dusicyon culpaeus*), puma (*Felis concolor*), gato silvestre (*Felis colocolor*), *Felis jacobita*, alpaca (*Lama glama pacos*), llama (*Lama glama*), vizcacha (*Lagidium peruanum*), marmosa (*Marmosa elegans*), venado gris (*Odocoileus virginianus*), vicuña (*Vicugna vicugna*).

1.3.8 DESCRIPCIÓN DE LOS MATERIALES DE FUNDACIÓN

Del análisis de los resultados de campo y laboratorio se puede configurar el perfil estratigráfico, de la siguiente manera:

km 57+000 – km 63+650. Se tiene una capa superior de 30 cm de espesor como mínimo, que corresponde a antiguos trabajos de mantenimiento del afirmado, se trata de una arenas y gravas limosas que clasifica en el Sistema SUCS como **SC-SM y GC-GM**, mientras que en el sistema AASHTO como A-1-b(0) y A-1-a(0); la forma de los agregados gruesos es subangular, su matriz de color marrón claro es de escasa plasticidad; tiene bolonería comprendido entre 3% y 10% con tamaño máximo de 7". Bajo él se encuentra un material areno-limoso, cuya clasificación SUCS es **SC** y AASHTO es A-2-4(0), siendo los agregados gruesos también de forma subangular; este estrato también contiene bolonerías entre 2% y 8% cuyo tamaño máximo es de 6".

km 63+650 – km 88+600. Sector de carretera donde, en su gran mayoría el material de la plataforma vial clasifica en el sistema SUCS como **SC-SM** y en el sistema AASHTO es variable entre A-1-b(0) y A-2-4(0). Los agregados gruesos de este material arenoso son de forma subangular, mientras que la matriz tiene plasticidad comprendida entre escasa a moderada (como máximo I.P. = 6%).

En la subrasante se han encontrado bolonerías, sin embargo a partir del km 67+700, se encuentra aproximadamente a partir de los 0,40 m (en promedio) mayor concentración de ellos, entre 40% y 50% y en tamaños variables entre 4" a 8". Desde el km 63+650 al km 66+600, la plataforma vial también se encuentra rodeada por áreas de cultivo. A partir del km 66+600 el panorama es desértico y transcurre a media ladera por la quebrada, observándose en los taludes sectores con material aluvional, terrazas de depósitos fluviales y cortes en rocas macizas.

km 88+600 – km 91+500. La subrasante es una arena arcillosa cuya plasticidad promedio es de I.P. = 12%. Su clasificación de suelos en el sistema SUCS es **SC**, mientras que en el sistema AASHTO es A-6(2). También en este estrato, a partir de los 0,40m se ha encontrado bolonería entre 40% y 50%

cuyo tamaño máximo es de 7". La capacidad de soporte de este suelo expresado en CBR es de 7% al 95% de la Máxima Densidad Seca del material.

km 91+500 – km 96+600. En este sector mayoritariamente se tiene mayoritariamente suelos gravosos que en el sistema SUCS clasifican como **GC-GM**, mientras que en el sistema AASHTO es A-1-a(0) a A-1-b(0). Su Índice de Plasticidad varía se encuentra entre 4,9% y 6,1%. En estos suelos también se aprecia la presencia de bolonería, la cual se incrementa a partir de 0,40m a valores comprendidos entre 40% y 60%.

km 96+600 – km 106+600. Presencia mayoritaria de arenas limo-arcillosas, con clasificación de suelos SUCS igual a **SC-SM**, mientras que en AASHTO es igual a A-1-b(0). Su plasticidad es baja y variable entre 4,9% y 6,0%. Se tiene presencia de bolonerías, en poca proporción en la capa superior, mientras que a partir de 0,50 aumenta su presencia a 50%.

km 106+600 – km 114+600. En los estratos se encuentran gravas y arenas de matriz limo-arcillosa. Estos materiales clasifican en el sistema SUCS como **GC-GM y SC-SM**, y en el AASHTO como A-1-b(0). Las bolonerías se encuentran en todo el estrato, pero a partir de 0,40 m aproximadamente, se encuentra mayor concentración de éstos (aproximadamente entre 40% y 50%). Por debajo de esta capa se encuentra roca a partir de 1,50 m.

km 114+600 – km 130+000. Arenas limo-arcillosas, con clasificación de suelos SUCS igual a **SC-SM**, mientras que en AASHTO es igual a A-1-b(0). Su plasticidad es baja y variable entre 4,6% y 6,4%. Se tiene presencia de bolonerías, en poca proporción en la capa superior, mientras que a partir de 0,50 aumenta su presencia entre 40% y 50%.

km 130+000 – km 220+000. Arenas y gravas limosas y arcillosa, de mediana a baja plasticidad, clasificando en el sistema SUCS como **GC, GC-GM, SC, SC-SM**, y en el AASHTO, A-2-4(0). La plasticidad es variable entre 5,7% y 9,2%. Varias perforaciones no han llegado al 1,50m, debido a que aproximadamente desde los 0,30m hasta los 1,50m, se ha ubicado roca.

km 220+000 – km 240+000. Sector de carretera donde en la mayoría de los casos se tiene una capa granular superficial entre 0,20m y 0,30m que clasifica como **GM-GC o SC-SM**, mientras que en el AASHTO es A-2-4(0). Subyacente se encuentra una capa de arena-arcillosa y de arcilla SC, CL y en AASHTO A-2-6 y A-6(4), cuya capacidad de soporte CBR es bajo.

km 240+000 – km 248+000. Arena arcillosa y arena limo-arcillosa que clasifica en el sistema SUCS como **SC o SM-SC**, y en el sistema AASHTO como A-2-4(0). Su plasticidad es media, encontrándose que varía entre 6,8% y 9,7%.

km 248+000 – km 258+000. En este sector se tiene también una capa granular superficial entre 0,20m y 0,30m que clasifica como **GC y GM-GC**, mientras que en el AASHTO es A-2-4(0). Subyacente se encuentra una capa de arena-arcillosa y de arcilla **SC, CL** y en AASHTO A-6(1), cuya capacidad de soporte CBR es bajo.

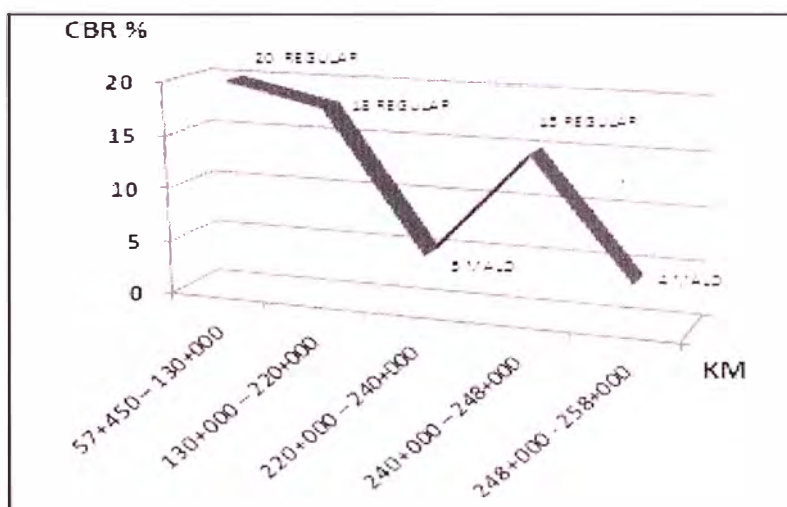
De acuerdo a los resultados del estudio de suelos se ha sectorizado la carretera en función a su capacidad de soporte. Según esto se debe indicar que se han ubicado suelos gravosos y arenosos con matriz arcillosa de mediana plasticidad.

Cuadro N°1. 04.- Valores de CBR por tramos

SUBSECTOR (km – km)	CBR (%) al 95% de MDS	CALIFICACIÓN
57+450 – 130+000	20	Regular
130+000 – 220+000	18	Regular
220+000 – 240+000	5	Malo
240+000 – 248+000	15	Regular
248+000 - 258+000	4	Malo

Fuente.- Estudios técnicos para el cambio de estándar de afirmado a solución básica, Consorcio Gestion de Carreteras.

Figura N°1.05.- Valores CBR por tramos.



Fuente.- Elaboracion propia.

1.4 ESTADO ACTUAL DE LA VÍA

1.4.1 LONGITUD DE LA VÍA

El Consorcio Gestión de Carreteras luego de realizar el inventario vial de la carretera en los meses de abril, mayo y junio del 2008 determinó que la longitud de la vía es de **271.726 Km**. Existe una diferencia de distancias con lo indicado en el contrato que es de 281.73 Km., siendo la diferencia 10.004 Km. En el siguiente cuadro se hace la comparación entre las longitudes iniciales y las medidas del inventario vial:

Cuadro N°1.05: Comparación de distancias por tramos

Tramo		Longitud	Longitud	Diferencias
Inicio	Fin	contrato (km)	inventario (km)	(km)
Cañete	Lunahuaná	40.750	40.950	0.200
Lunahuaná	Pacarán	12.490	11.907	-0.583
Pacarán	Zuñiga	4.150	3.743	-0.407
Zuñiga	Dv. Yauyos	72.600	70.400	-2.200
Dv. Yauyos	Ronchas	135.130	128.185	-6.945
Ronchas	Chupaca	16.610	16.541	-0.069
		281.730	271.726	-10.004

Fuente.- Elaboración propia.

1.4.2 TRABAJOS EJECUTADOS

Figura 1.06.- Trabajos ejecutados a julio del 2009

N°	Tramo	Progresivas	Altitud (m.s.n.m.)	Longitud Tramo (m)	Estado Inicial	Trabajos Realizados			
						CGC	CGE	M	SS
1	Cañete - Lunahuaná	Km 0+000 - Km 40+950	71 - 523	40.75	Concreto Asfáltico	Solo Mant. Rutinario			
2	Lunahuaná - Pacarán	Km 40+950 - Km 52+857	523 - 710	12.50	Tratamiento Superficial Bicapa	Solo Mant. Rutinario			
3	Pacarán - Zúñiga	Km 52+857 - Km 56+600	710 - 821	4.15	Afirmado	SI	SI	NO	SI
4	Zúñiga - Catahuasi	Km 56+600 - Km 77+000	821 - 1206	20.40	Afirmado	SI	SI	NO	SI
5	Catahuasi - Dv. Yauyos	Km 77+000 - Km 127+000	1206 - 2289	50.00	Afirmado	SI	SI	SI	NO
6	Dv. Yauyos - Tingo Huantan	Km 127+000 - Km 141+000	2289 - 2640	14.00	Afirmado	SI	SI	SI	NO
7	Tingo Huantan - Alis	Km 141+000 - Km 163+100	2640 - 3261	22.10	Afirmado	SI	SI	NO	NO
8	Alis - Roncha	Km 163+100 - Km 255+185	3261 - 3358	92.09	Afirmado	SI	NO	NO	NO
9	Roncha - Chupaca	Km 255+185 - Km 271+726	3358 - 3270	16.54	Afirmado	SI	NO	NO <td NO	

CAPA GRANULAR CON MATERIAL DE CANTERA = CGC
CAPA GRANULAR ESTABILIZADA = CGE

MONOCAPA = M
SLURRY SEAL = SS

Fuente: Informe técnico, convenio UNI-PROVIAS.

1.5 DESCRIPCIÓN DE TRAMO EVALUADO KM. 89+000 – KM. 94+000

El tramo en estudio presenta las siguientes características:

- Se encuentra ubicado en la provincia de Yauyos, entre las progresivas del Km. 89+000 (próximo a la localidad de Canchán) y el Km. 94+000 (localidad de Chichicay) de la red vial N° 13.

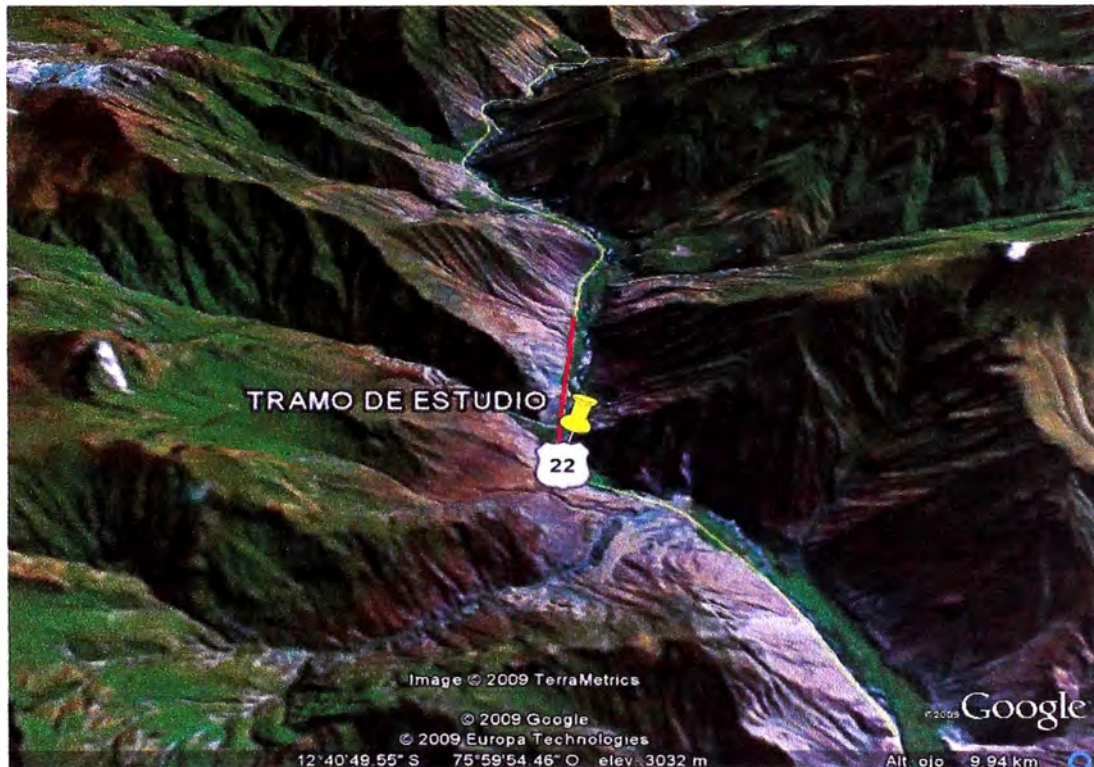
Figura 1.07.- Ubicación del tramo de estudio



Fuente: Elaboración propia.

- b) Esta área corresponde a la región Yunga, con una altitud que va desde 1300 – 1500 msnm aproximadamente.
- c) Los promedios máximos y mínimos de precipitación son 97,5 y 82,3 mm respectivamente. En base al Diagrama Bioclimático de Holdridge se ha estimado que la biotemperatura media anual varía entre 17 y 24 °C.

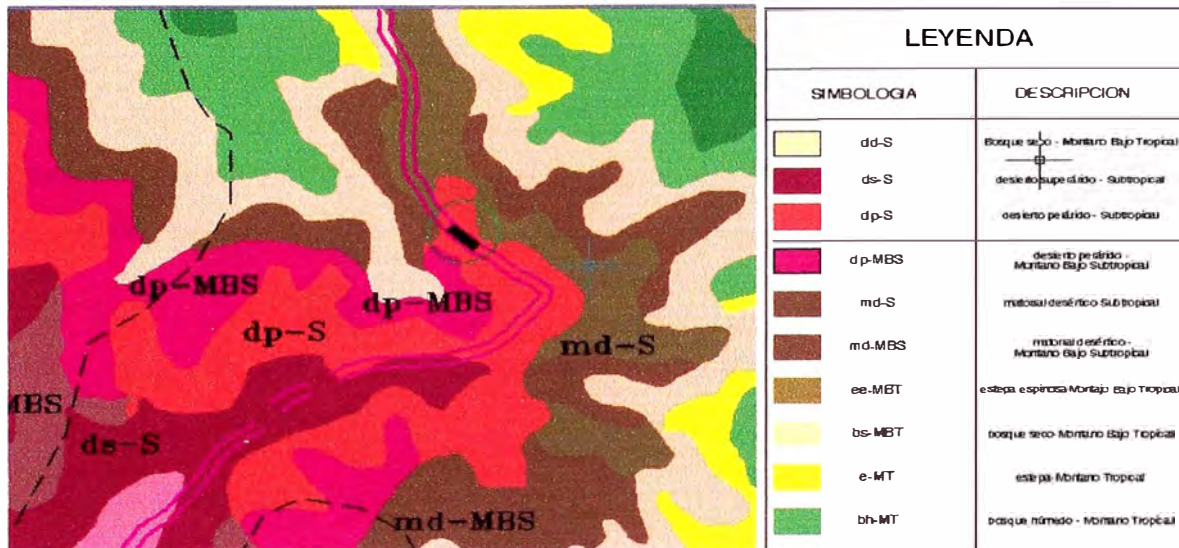
Figura 1.08.- Vista panorámica del tramo de estudio



Fuente: Imagen tomada del Google Earth.

- d) La topografía varía desde suave colinado hasta muy accidentado; la vegetación natural más abundante conformada por molle (*Schinus molle*), huarango (*Prosopis juliflora*), cactáceas y gramíneas estacionales. Los cultivos bajo riego están compuestos esencialmente por manzanos y seguido en pequeña escala por maíz, alfalfa y hortalizas.
- e) Ecológicamente se ha identificado en el tramo de estudio una zona de vida que corresponde a un desierto perárido – Subtropical (dp – S).

Figura 1.09.- Mapa ecológico del tramo de estudio



Fuente: Plan de manejo socio-ambiental, Consorcio Gestión de Carreteras, Junio 2008.

- f) El Consorcio Gestión de Carreteras ejecutó prospecciones (calicatas) en la plataforma vial, ubicadas cada 1 km en el sector km 57+390 – km 130+000. Las calicatas para el tramo de estudio fueron:

Cuadro N° 1.06: Ubicación de calicatas para el tramo de estudio

REGISTRO DE EXCAVACIÓN					
Proyecto:	Conservación vial de la carretera Cañete-Yauyos-Chupaca				
CALICATAS					
Ubicación (km.):	89+600	90+700	91+600	92+600	93+600
Lado:	Izquierdo	Derecho	Izquierdo	Derecho	Izquierdo
Profundidad (m):	1.00	1.00	1.50	1.50	1.00
Fecha de excavación:	23/06/2008				

Fuente: Elaboración propia.

PERFIL ESTRATIGRÁFICO

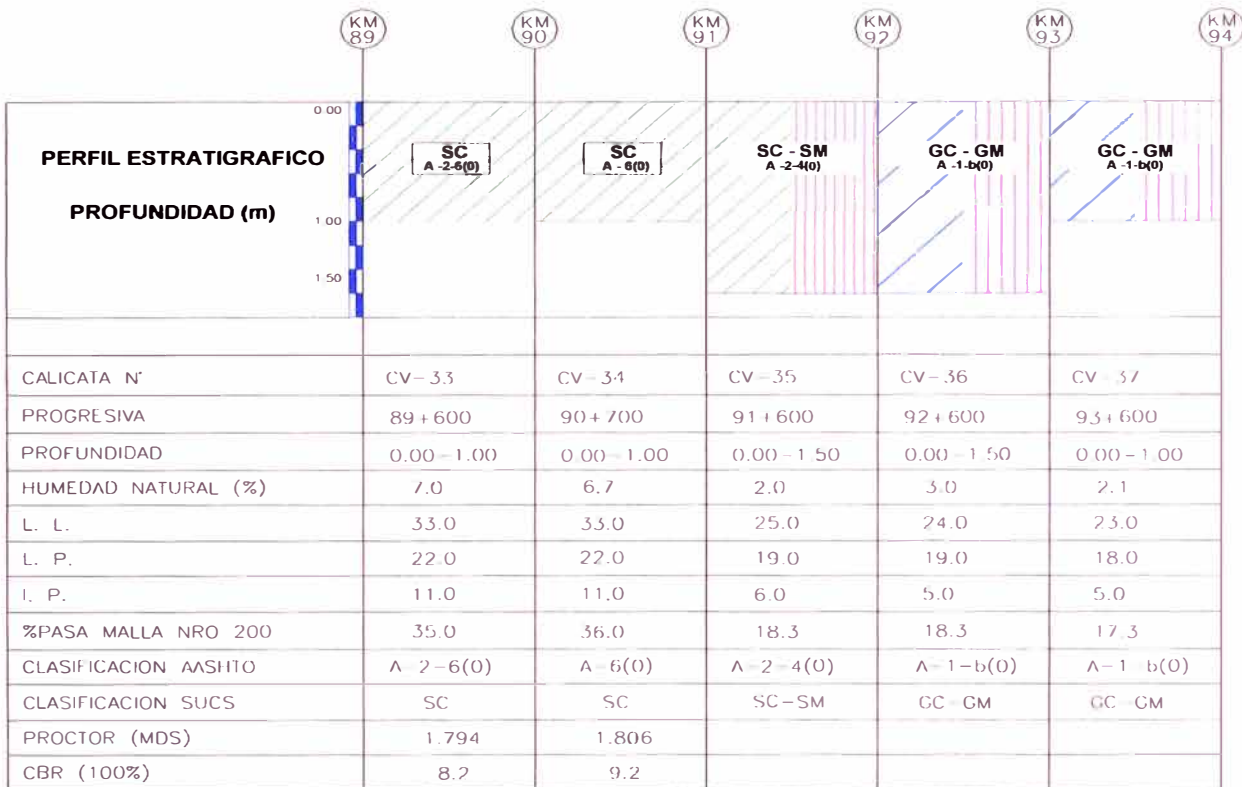


Figura 1.10.- Perfil Estratigráfico del tramo en estudio.

Fuente: Elaboración propia.

- g) Como parte del programa "Proyecto Perú", el contratista ha ejecutado un cambio de estándar mediante la aplicación de una solución básica para mejorar la transitabilidad de la vía no pavimentada. Se interviene la plataforma de la vía adicionando material granular estabilizado recubierto de bitumen. Además se ejecutan mejoras puntuales en el drenaje pero no se realizaron mejoras en la geometría de la misma.

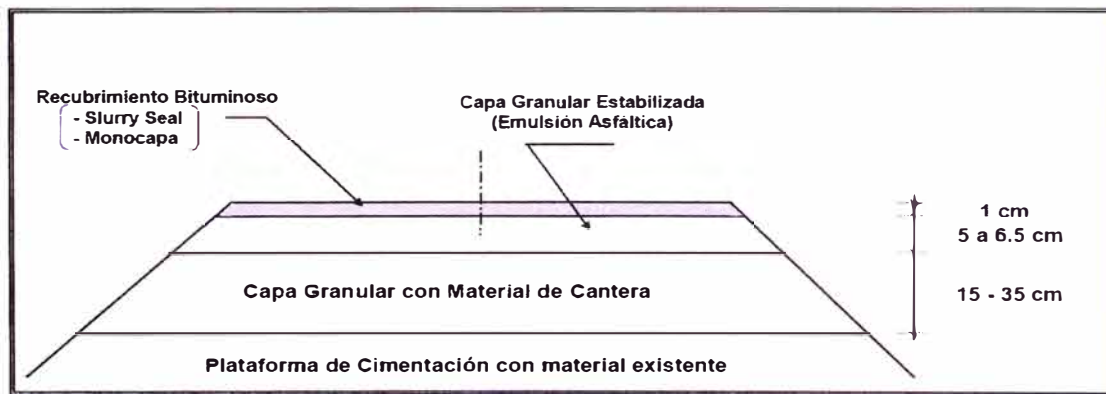
Figura 1.11.- Proceso de ejecución de pavimentos básicos



Fuente: Dr. Enrique Cornejo Ramirez, almuerzo institucional de la Camara de Comercio Americana en el Peru.

Para nuestro tramo de estudio (km. 89+000 – km. 94+000) se ha aplicado como recubrimiento bituminoso un tratamiento superficial **mono capa**.

Figura 1.12.- Sección típica del cambio de estándar



Fuente: Informe técnico, convenio UNI-PROVIAS.

- h) A continuación unas vistas de los trabajos de cambio de estándar en el tramo de estudio, llevados a cabo en el mes de febrero del 2009.

Fotografía 1.01.- Colocación de capa granular con material de cantera



Fuente: Supervisión Proyecto Perú, panel fotográfico Febrero 2009.

Fotografía 1.02.- Estabilización de afirmado Km. 94+000



Fuente: Supervisión Proyecto Perú, panel fotográfico Febrero 2009.

Fotografía 1.03.- Limpieza de superficie estabilizada Km. 90+000



Fuente: Supervisión Proyecto Perú, panel fotográfico Febrero 2009.

Fotografía 1.04.- Riego de RC-250 sobre la superficie estabilizada



Fuente: Supervisión Proyecto Perú, panel fotográfico Febrero 2009.

Fotografía 1.05.- Esparcido de gravilla sobre el RC-250



Fuente: Supervisión Proyecto Perú, panel fotográfico Febrero 2009.

Fotografía 1.06.- Trabajos de compactado



Fuente: Supervisión Proyecto Perú, panel fotográfico Febrero 2009.

Fotografía 1.07.- Trabajo terminado a la fecha de marzo del 2009



Fuente: Supervisión Proyecto Perú, panel fotográfico Febrero 2009.

Fotografía 1.08.- Visita de campo a tramo en estudio (Octubre 2009)



Fuente: Propia, visita de campo Octubre 2009.

CAPÍTULO II.- ESTADO DEL ARTE

2.1.- MÉTODO DEL ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI)

El índice de condición del pavimento (P.C.I., por su sigla en inglés) como metodología para la evaluación de la superficie de pavimentos, fue desarrollado entre los años 1974 y 1976 por el Cuerpo de Ingenieros de los Estados Unidos, encargado y con fondos provistos por el Centro de Ingeniería de la Fuerza Aérea de los Estados Unidos y ejecutado por los Ingenieros Mohamed Y. Shahin, Michael I. Darter y Starr D. Kohn, con el objetivo de obtener un sistema de administración del mantenimiento de pavimentos rígidos y flexibles, a través del índice de condición del pavimento (P.C.I. – Pavement Condition Index)

Posteriormente fue verificado y adoptado por la Federal Aviation Administration (F.A.A.) y la U.S. Naval Facilities Engineering Command, siendo publicado por el Cuerpo de Ingenieros de la Armada de los Estados Unidos en el Reporte Técnico M-268 (1978) para su primera versión, actualizado en TM-623.

El método P.C.I. para pavimentos de aeropuertos, carreteras y estacionamientos ha sido ampliamente aceptado y formalmente adoptado, como procedimiento estandarizado, por diversas agencias como por ejemplo: la U.S. Department of Defence (U.S. Air Force 1981 y U.S. Army 1982), la Federal Aviation Administration (F.A.A. 1982), la American Public Work Association (A.P.W.A. 1984), etc.

En 1982 la Federal Aviation Administration (F.A.A.), a través de su Circular AC150/5380-6 del 03/12/1982, denominada "Guidelines and Procedures for Maintenance for Airport Pavement", recomendó este método, teniendo amplio uso en los aeropuertos de Estados Unidos.

En referencia a la llegada del método a Sudamérica debemos resaltar el apoyo del Ing. Wilfredo Gutiérrez Lazares, quien nos comentó a manera de anécdota,

que conoció al Ing. Augusto Jugo Burguera (Venezolano), especialista en vías de transporte, en una visita relámpago al Perú de regreso a su país, de un viaje a Chile con ocasión de un congreso de asfalto.

Quien conocía el método y con el ánimo de colaboración y desprendimiento del investigador le dejó incluso copia de sus normas para que se conozca en nuestro país.

Para complementar esta parte del estado del arte, nos hemos contactado con el Ing. Augusto Jugo Burguera a través de su correo electrónico augustojugo@cantv.net, quien nos hizo la siguiente narrativa:

Bien le comento, yo conocí del método en 1986 cuando realizaba mis estudios de doctorado en la U de Maryland con el Dr. MW Witczak, lo encontré muy bueno para mi tesis de doctorado, el programa SARP para definir acciones de M&R de pavimentos flexibles, además de muy aplicable a Venezuela y países en los que no contamos con equipos de auscultación, bien documentado, claro, confiable, fácil de usar etc, así que lo traje a Venezuela en 1987, lo traduje (solo para flexibles), lo adapte del sistema inglés al métrico, ajusté ábacos y lo "venezolanicé" en términos de vocabulario etc., luego lo incorporé en el sistema de Gerencia de Pavimentos que desarrollé para el Ministerio de Transporte y Comunicaciones MTC en 1988, posteriormente lo presenté en varios países, de América y Centroamérica, en Colombia el Ing. Luis Ricardo Vásquez Varela lo adaptó a su país, en Cuba lo usan y lo han estudiado, y presentaron trabajos en el CILA de Sevilla en 1999 sobre el método, acá (en Venezuela), hemos desarrollado software para resolverlo, y adelantado investigaciones para correlacionarlo con IRI y PSI, lo que llamamos *PCI-funciona*, es muy usado y entiendo que en otros países de América.

En 1988 el Dr. Samuel Cardoso, miembro de la OASI coloca el método como norma en todos los aeropuertos del Caribe y Sudamérica, como especialista en la materia aclara que es un método necesario de uso en carreteras, generalizando su uso desde entonces en toda Sudamérica.

Podemos indicar que es usado en Colombia con variaciones menores en los tipos de fallas, Brasil lo usa variando algunos conceptos llamándolos IGG, en Argentina lo conocen con el mismo nombre. Ha sido difundido en diferentes eventos como la TRB del 2007 Distriess Identification Manual (FHWA 2003) y en el manual de IDENTIFICATION DES DEGRADATIONS DES CHAUSSÉES FLEXIBLE (CANADA 2002).

Todos estos manuales son los usados en el mundo y en Sudamérica.

En la actualidad la norma ASTM D 6433-07 (Standard Practice for Roads and Parking Lots Pavement Condition Index Surveys), traducida al español dice, práctica estándar para carreteras y estacionamientos PCI y la norma ASTM D5340-04 (Test Method for Airport Pavement Condition Index Surveys), corresponde al PCI de Aeropuertos.

2.2.- APLICACIÓN DEL MÉTODO EN EL PERÚ

Para la evaluación de la condición superficial de los pavimentos se empleó por muchos años un método propio denominado CONREVIAL, el cual tenía la limitación que no llegaba a un indicador final de la condición del pavimento, este método se basa en un catálogo de fallas, con criterios para definir la severidad y extensión de los deterioros. En 1998 el Dr. Samuel Cardoso, miembro de la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI), coloca como norma el método del PCI, para los aeropuertos del Caribe y Sudamérica, es aquí que recién que el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC), lo considera como una herramienta para los trabajos de evaluación superficial de los pavimentos.

Para el cálculo del PCI se emplea el método tradicional del seleccionar las muestras de ensayo y efectuar un recorrido de campo para la toma de datos; últimamente se viene trabajando con un sistema de inventariado videográfico georeferenciado de alto pixeleado, denominado YONAPMS. VIDEO, el cual

posee un software que permite un viaje virtual a la carretera y el cálculo incorporado del PCI.

Adicionalmente podemos indicar que con fines de incorporar los resultados de la evaluación de pavimentos en un sistema de gestión, se ha desarrollado un indicador global denominado SEFACE, el cual se compone de 3 dígitos resultantes de la calificación del PSI (Present Serviciality Index), del método AASHTO , PCI e ICE (Índice de Condición Estructural). Según unos rangos de valores preestablecidos. Los valores del SEFACE están relacionados con diversos tipos de intervenciones que se requiere para el mantenimiento o rehabilitación del pavimento.

Actualmente el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC), a través de PROVIAS Nacional, tiene a su cargo el mantenimiento de las vías de mayor tránsito y es quien dentro de sus planes de mantenimiento contempla la implementación de diferentes métodos de evaluación de los pavimentos.

El MTC para el método del PCI ha desarrollado una aplicación digital, la cual será aplicada a nuestro tramo en estudio, con cuyos resultados aremos una comparación de resultados respecto a la aplicación método original.

A continuación mencionaremos algunas aplicaciones del método en el Perú.

2.2.1.- MANTENIMIENTO EN EL CORREDOR INTERNACIONAL IIRSA AMAZONAS CENTRO

En los Estudios de ingeniería para la Puesta a Punto y Programas de Mantenimiento en el Corredor Intermodal IIRSA Amazonas Centro, se evaluó en el 2006 el PCI de los siguientes tramos de carretera:

Cuadro N° 2.07.- Tramos del Estudio de Ingeniería

RUTA	TRAMO	PROGRESIVA		LONGITUD KM
		INICIO	FINAL	
020	Pte Ricardo Palma-Cocachacra	38+500	52+949	14.45
	Cocachacra - Matucana	52+949	74+296	21.35
	Matucana - San Mateo	74+296	95+675	21.38
	San Mateo - La Oroya	95+675	176+319	80.64
03S	La Oroya - Puente Matachico	176+319	61+086	59.58
	Puente Matachico - Desvio Jauja	61+086	78+086	17.00
03B	Desvio Jauja - Huancayo	78+086	124+086	46.00
03N	La Oroya - Huayre	124+086	72+354	72.35
	Huayre - Chicrin	72+354	148+979	76.63
	Chicrin - Huanuco	148+979	235+426	86.45
16B	Huanuco - Tingo Maria	235+426	359+037	123.61
05N	Tingo Maria - Puente Pumahuasi	359+037	15+200	15.20
	Puente Pumahuasi - Puente Chino	15+200	51+551	36.35
	Puente Chino - Aguaytia	51+551	94+551	43.00
	Aguaytia - san Alejandro	94+551	145+020	50.47
	San Alejandro - Von Humboldt	145+020	169+520	24.50
016	Von Humboldt - Neshuya	169+520	194+620	25.10
	Neshuya - Pucallpa	194+620	253+389	58.77
LONGITUD TOTAL (KM)				872.83

Fuente: Estudios de ingeniería para la Puesta a Punto y Programas de Mantenimiento en el Corredor Intermodal IIRSA Amazonas Centro, 2006.

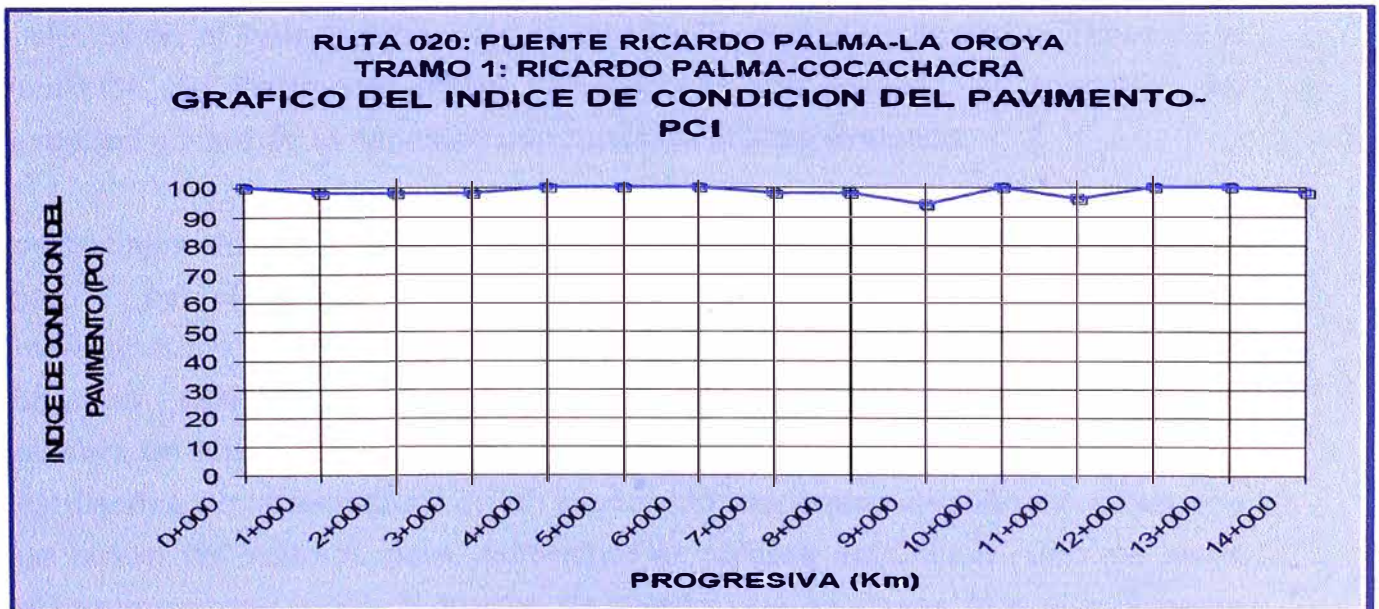
Los valores obtenidos de PCI, en el tramo correspondiente a Puente Ricardo Palma-Coca chacra, se muestran en los siguientes gráficos:

Cuadro N° 2.08.- Evaluación del PCI, Ruta 020

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

Fuente: Estudios de ingeniería para la Puesta a Punto y Programas de Mantenimiento en el Corredor Intermodal IIRSA Amazonas Centro, 2006.

Figura N° 2.13.- Diagrama del PCI vs Progresiva, Ruta 020



Fuente: Estudios de ingeniería para la Puesta a Punto y Programas de Mantenimiento en el Corredor Intermodal IIRSA Amazonas Centro, 2006.

CAPÍTULO III.- MARCO TEÓRICO

3.1 EVALUACIÓN SUPERFICIAL DE PAVIMENTOS FLEXIBLES

La evaluación superficial responde a las recomendaciones efectuadas en los términos de referencia del MTC, que debido a los trabajos e inversiones efectuadas desde los inicios de los años 80, se deben ceñir a aquellos métodos desarrollados por CONREVIAl. Este método responde a objetivos cualitativos más no a métodos cuantitativos. Los problemas se presentan cuando se requiere de metrados que permitan establecer análisis de precios unitarios y posteriormente determinar el presupuesto de obra.

Existen varios métodos para efectuar los relevamientos de fallas, en realidad todos por contrastación con catálogos propuestos por diferentes instituciones internacionales ya que no se ha desarrollado una metodología de evaluación nacional. Sin embargo ya desde el año 1990 se ha aplicado métodos de acuerdo a las recomendaciones planteadas por la USACE, en la cual se puede efectuar evaluaciones con resultados tanto cualitativo como cuantitativo.

El método de CONREVIAl, define el tipo de falla y su severidad, en un área que se encuentra en el entorno a donde ejecuta también la evaluación estructural. Sin embargo el método propuesto en la USACE, el cual determina el Índice de la Condición del Pavimento (PCI), determina el tipo de falla, su magnitud, su severidad y además la densidad con respecto al área evaluada.

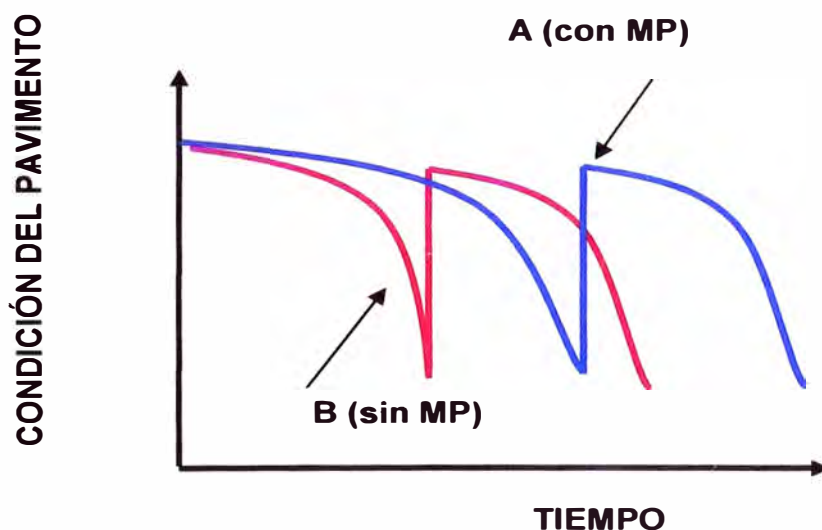
Los trabajos de evaluación superficial, no se orientan a trabajos tomados con ligereza, por el contrario los resultados obtenidos esconden una información potencial como: la información sobre el estado situacional de la vía, el inferir sobre las posibles causas de los problemas suscitados y el definir la posible solución, tal como se explica más adelante.

Los diseños de la estructura de un pavimento, dependen de diferentes factores que sirven de insumos para determinar el número estructural. Uno de estos parámetros corresponde al tiempo de diseño que se desea que el pavimento brinde el servicio. Los logros de los objetivos se alcanzan siempre y cuando exista un plan de mantenimiento.

Durante este tiempo se deben realizar los trabajos de mantenimiento correspondientes para que la estructura de pavimento alcance el tiempo para el cual ha sido diseñado. Con un buen mantenimiento se llega a tener un ahorro

considerable en las inversiones anuales, para que los pavimentos puedan funcionar de forma segura, suave y sin que ocurran fenómenos inadecuados en la interacción vehículo/pavimento. En la figura N° 14 se puede apreciar la disminución en la calidad de la condición de un pavimento a lo largo del tiempo cuando no se considera un mantenimiento preventivo efectivo.

Figura N° 3.14.-Curva de Deterioro del Pavimento en el Tiempo



Fuente: Elaboración propia

3.1.1 OBJETIVOS DE LA EVALUACIÓN SUPERFICIAL DE PAVIMENTOS

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

Para tal fin se deberán alcanzar los siguientes objetivos en dicha evaluación:

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

3.2 ÍNDICE DE CONDICIÓN DE PAVIMENTOS - PCI

3.2.1 INTRODUCCIÓN

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

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

El PCI es un indicador numérico que valora la condición superficial del pavimento, el cual 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).

Este índice numérico varía desde cero (0), para un pavimento colapsado (fallado) o en mal estado, hasta cien (100) para un pavimento en perfecto estado.

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.

3.2.2 OBJETIVOS

El objetivo de desarrollar un Índice de Condición de Pavimentos (PCI) para carreteras y calles, fue proveer al ingeniero de un método estándar para evaluación de la condición estructural y de la superficie de una sección de pavimento, y de un método para determinar necesidades de mantenimiento y reparación en función de la condición de pavimentos.

3.2.3 CARACTERÍSTICAS DEL MÉTODO

Entre las características del método de evaluación PCI, se pueden citar las siguientes:

- a) Es fácil de emplear
- b) No requiere de ningún equipo especial de evaluación, el procedimiento es enteramente visual.
- c) Ofrece buena repetitividad y confiabilidad estadística de los resultados.
- d) Suministra información confiable sobre las fallas que presenta el pavimento, su severidad y área afectada.

3.2.4 CONCEPTUALIZACIÓN DEL MÉTODO

El nivel de daño de un pavimento depende del tipo de deterioro, su severidad y su cantidad (o densidad). La gran cantidad de combinaciones de deterioros,

severidades y densidades posibles, es resuelta por el método introduciendo el “Valor Deducido”, factor de ponderación, para indicar “en qué grado afecta” a la condición del pavimento cada combinación de deterioro, severidad y densidad.

Basado en un detallado conocimiento del comportamiento de los pavimentos, aportes de un gran número de ingenieros expertos en pavimentos, ensayos en terreno y evaluación de procedimientos, y descripciones precisas de los tipos de fallas (deterioros característicos), niveles de severidad y sus correspondientes “Valores Deducidos”, se llegó a determinar un “índice de deterioro”, es decir, el índice PCI.

Se ha mencionado el término “tipos de falla”, que son los deterioros que generalmente se presentan en los pavimentos, habiendo sido tipificados y descritos en forma precisa para los distintos tipos de pavimentos (flexibles y rígidos).

La norma ASTM D6433-07, contiene el manual en el cual se describen dichas fallas o deterioros característicos (catálogo de fallas), indicándose además cómo identificar los diferentes niveles de severidad asociados a ellos. En el caso de pavimentos asfálticos se han definido 19 tipos de fallas, cada uno de ellos puede tener asociado un Nivel de Severidad “Bajo (L)”, “Medio (M)” o “Alto (H)”.

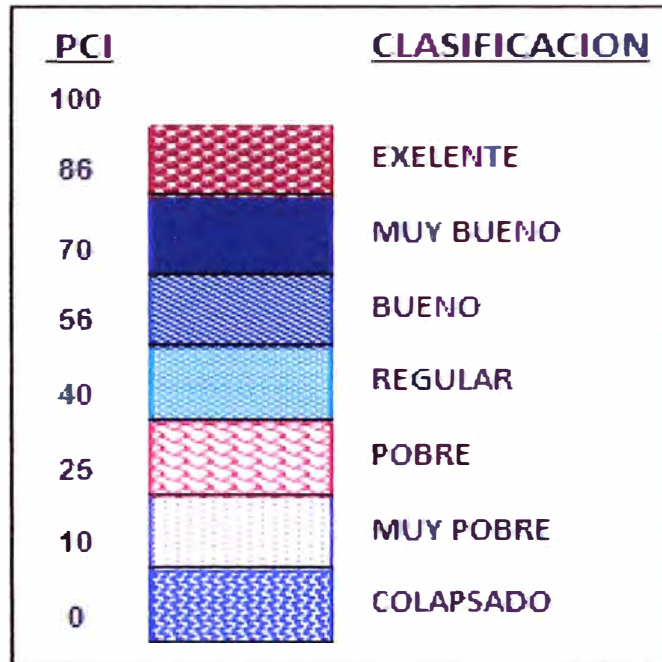
3.2.5 RANGOS DE CALIFICACIÓN DEL PCI

El P.C.I. provee una medida consistente de la integridad estructural del pavimento y su condición funcional-operacional; como ya se mencionó, el índice numérico varía desde cero (0), para un pavimento colapsado (fallado) o en mal estado, hasta cien (100) para pavimentos en perfecto estado (Ver Figura N° 3.15 y Cuadro N°3.09).

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

El Cuadro N° 3.09 resume la acción a tener en cuenta de acuerdo al valor del PCI calculado para cada vía, se aprecia además el estado del pavimento asociado a este mismo valor.

Figura N°3.15.- Clasificación PCI



Fuente: Elaboración propia.

Cuadro N°3.09.- Rangos de Calificación del PCI

PCI	ESTADO
100-85	Excelente
85-70	Muy Bueno
70-55	Bueno
55-40	Regular
40-25	Malo
25-10	Muy Malo
10-0	Fallado

Fuente: Elaboración propia.

100 → Pavimento en perfecto estado

70 → Punto en que el pavimento comienza a mostrar pequeñas fallas localizadas, es decir el punto en que deben iniciarse acciones de

mantenimiento rutinario y/o preventivo menor

- 55→ Punto en que el pavimento requiere acciones de mantenimiento localizado para corregir fallas más fuertes. Condición para corregir fallas fuertes. Su condición de rodaje sigue siendo “buena” pero su deterioro o reducción de calidad de rodaje comienza a aumentar.
- 40→ Punto en que el pavimento muestra fallas más acentuadas y su condición de rodaje puede calificarse como “regular” o “aceptable”, el deterioro aumenta rápidamente. Este punto es cercano al definido como punto “optimo” de rehabilitación.
- 0→ El pavimento está fuertemente deteriorado, presenta diversas fallas avanzadas y el trafico no puede circular a velocidad normal. El pavimento se considera “fallado” y requiere acciones de mantenimiento mayor o reconstrucción parcial de un alto porcentaje de su área.

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

Los trabajos de Rehabilitación ($70 > PCI > 30$) se refiere a la actividad necesaria para “devolver” a la estructura de pavimento las condiciones de soporte de carga con las que inicialmente se construyó así como su nivel de servicio en términos de seguridad y comodidad

Finalmente los trabajos de Construcción ($PCI < 30$) se vinculan a la caracterización de una estructura de pavimento nueva sobre vías en afirmado o tierra o que por su estado de deterioro se considera deben ser reconstruidas.

3.3 PROCEDIMIENTO DE EVALUACIÓN POR EL MÉTODO PCI

Las actividades que se ejecutaron para alcanzar los objetivos propuestos son:

3.3.1 SELECCIÓN DEL TRAMO A EVALUAR

Recorrer el tramo de carretera a ser evaluado, para seleccionar sub tramos que represente la condición promedio del pavimento en cada uno de ellos.

a).- Unidades de Muestreo Para Evaluación

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

Carreteras con capa de rodadura asfáltica y ancho menor que 7.30 m: El área de la unidad de muestreo debe estar en el rango 230.0 - 93.0 m.

En el Cuadro N° 10 se presentan algunas relaciones longitud - ancho de calzada pavimentada.

Cuadro N° 3.10 Longitudes de unidades de Muestreo

Ancho de calzada (m)	Longitud de la unidad de muestreo (m)
5.00	46.00
5.50	41.80
6.00	38.30
6.50	35.40
7.3 (máximo)	31.50

Fuente: Elaboración propia.

b).- Determinación de las Unidades de Muestreo

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

En la “Evaluación de un Proyecto” se deben inspeccionar todas las unidades; sin embargo, de no ser posible, el número mínimo de unidades de muestreo que deben evaluarse se obtiene mediante la.

La ecuación provee un 95% de confianza en que el PCI estará dentro de +/- “e” del valor real, cuando se emplea un número n de muestras. El valor mínimo de “N” es 5 unidades. Una vez determinado el número de unidades a ser evaluadas, éstas deben escogerse empleando uno de los dos

procedimientos sugeridos por el método

$$n = \frac{N * \sigma^2}{e^2 / 4 * (N - 1) + \sigma^2} \dots\dots (1)$$

Donde:

n : Número mínimo de unidades de muestreo a evaluar.

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

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

σ : Desviación estándar del PCI entre las unidades.

Durante la inspección inicial se asume una desviación estándar (σ) del PCI de 10 para pavimento asfáltico (rango PCI de 25) y de 15 para pavimento de concreto (rango PCI de 35) En inspecciones subsecuentes se usará la desviación estándar real (o el rango PCI) de la inspección previa en la determinación del número mínimo de unidades que deben evaluarse.¹

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

c).- Selección de las Unidades de Muestreo

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

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

$$i = \frac{N}{n} \dots\dots\dots(a)$$

¹ Ing. L. Ricardo Vásquez

Donde:

N : Número total de unidades de muestreo disponible.

n : Número mínimo de unidades para evaluar.

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

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

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

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

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

d).- Unidades de Muestreo Adicionales

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

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

3.3.2 RELEVAMIENTO DE FALLAS

El relevamiento, registra información obtenida del campo y de la inspección visual inicial con un vehículo para observar de forma global el estado de las vías. Luego se procede a dividir la carretera en sub tramos para ser evaluadas.

Inspección visual detallada del estado de la vía, determinando el deterioro físico (fallas de los pavimentos: grietas, deformación, envejecimiento, etc.).

Luego se procede a realizar la inspección detallada o relevamiento de fallas, que consiste en recorrer todas las vías caminando y haciendo las anotaciones correspondientes a todas las fallas observadas.

Estas fallas son anotadas en un papel denominado formato de relevamiento y metrado de fallas.

3.3.3 PROCESAMIENTO DE INFORMACIÓN

Finalmente, obtenida toda la información de campo se procede a calcular los valores del PCI de cada sub tramo, con esto se tiene el inventario de todas las fallas de la vía y su ubicación, para poder definir la intervención necesaria con fines de rehabilitación.

El diagrama de flujo que se presenta en la Figura N°3.16, muestra esquemáticamente los pasos necesarios para determinar el PCI.

Figura N° 3.16.- Diagrama de Flujo del Método del PCI

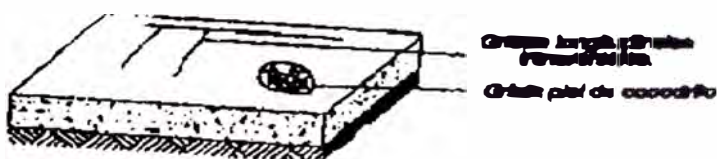


Fuente: Tesis de maestría Modelación Geotécnica de Pavimento Flexible con fines de Análisis y Diseño en el Perú, Pág. 24. Ing. Wilfredo Gutiérrez.

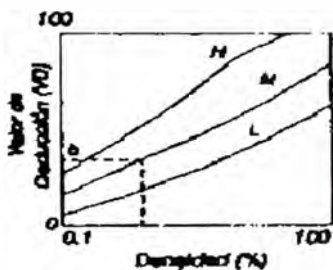
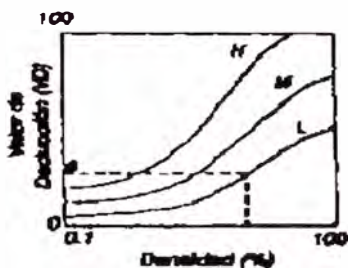
Figura N° 3.17.- Pasos para el cálculo del PCI

PASOS PARA EL CALCULO DEL PCI

Paso 1
 Inspección del Pavimento
 Tipos de fallas y severidad
 Determinación de densidad

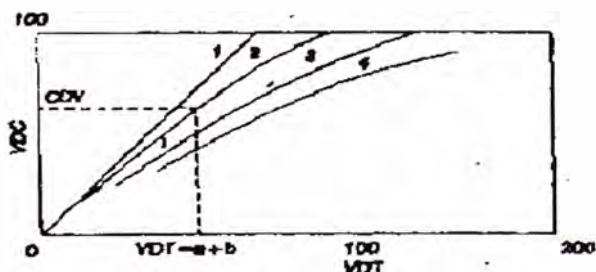


Paso 2
 Determinación de los
 valores de deducción



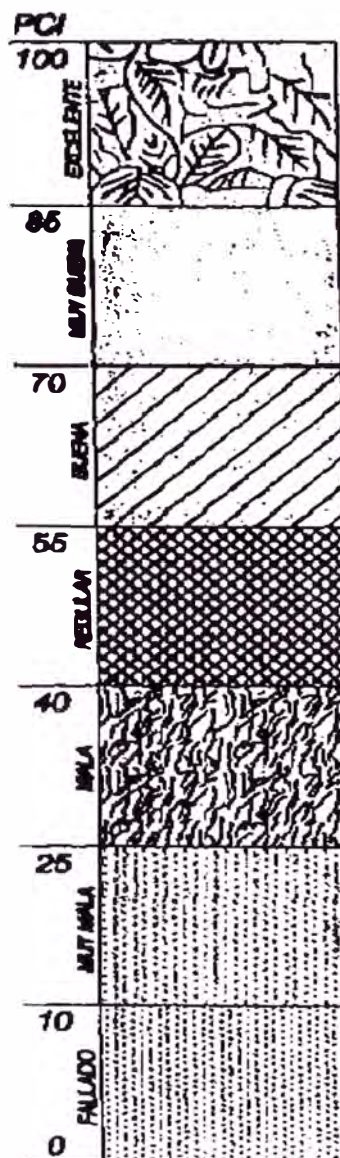
Paso 3
 Computo del Valor Total de
 Deducción $VDT = a + b$

Paso 4
 Ajuste del valor total deducción



Paso 5
 Índice de condición de pavimento
 $PCI = 100 - VDC$

Paso 6
 Determinación de la
 condición del Pavimento



Fuente: Tesis de maestría Modelación Geotécnica de Pavimento Flexible con fines de Análisis y Diseño en el Perú, Pág. 24. Ing. Wilfredo Gutiérrez.

3.3.4 DETERMINACIÓN DEL PCI

El PCI califica la condición "integral" del pavimento en base a una escala que varía desde 0 hasta 100.

Permite evaluar la condición estructural y de la superficie (operacional) de una sección de pavimento, para definir actividades de mantenimiento y reparación. Además determina el comportamiento de la estructura mediante evaluación continua del PCI, a lo largo del tiempo, mediante la siguiente ecuación: ²

$$PCI = 100 - \left[\sum_{i=1}^P \sum_{j=1}^{mi} VD(T_i, S_j, D_{ij}) \right] * F \dots\dots(2)$$

Donde:

PCI = Índice de Condición de Pavimentos

VD() = Valor de deducción que es función de f(T,S,Dij)

i = Falla

j = Grado de severidad

T_i = Tipo de Falla

S_j = Severidad

D_{ij} = Densidad de falla

P = Numero de fallas en el Pavimento

Mi = Grado de severidad para la falla i

F = Factor de Ajuste, en función de la sumatoria total y el número de valores de deducción mayores que 2.

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

- a) Determinar los datos correspondientes a cada tipo de falla (severidad y frecuencia) y su forma de medición.
- b) Determinar los valores de deducción (VD), para cada falla y severidad mediante las figuras que presenta el método.

² Cfr.: W. Gutiérrez

- c) El valor total de deducción (VTD = Sumatoria de VD) es corregido para obtener VDC (Valor de deducción corregido).
- d) Un Factor de Ajuste, permite corregir el valor total de deducción cuando más de un tipo de falla afecta sustancialmente la condición del pavimento. El método, presenta curvas empleadas para determinar el valor de deducción corregido (VTD), para un "q", que corresponde al número de VD individuales mayores que 2.
- e) Finalmente el PCI = (100 - VDC)

3.4 FALLAS CONSIDERADAS EN EL MÉTODO (CATALOGO DE FALLAS)

Entre las fallas consideradas en el método del P.C.I., se consideran un total de diecinueve (19) que involucran a todas aquellas que se hacen comunes en la degradación del pavimento.

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

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

- BAJO (L)** : Las vibraciones o saltos en el vehículo se sienten, pero no es necesario reducir la velocidad por razones de seguridad y/o confort.
- MEDIO (M)** : Se producen vibraciones o salto significativos, que hacen necesario reducir la velocidad por seguridad y/o confort. Saltos individuales o continuos que producen molestias.

ALTO (H) : Excesivas vibraciones hacen reducir considerablemente la velocidad. Saltos individuales que producen gran molestia, peligro o posible daño vehicular.

Cuadro N°3.11.- Catálogo de Fallas del Método del P.C.I.

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

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

Fuente: Norma Técnica ASTM 6433 – 07, 2007

Las fallas descritas en el cuadro N° 3.11, se detallan en el anexo N° 01.

Figura N°3.19.- Formato de registro de fallas del método del PCI usado por el MTC.

DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE LA CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI) con el Programa PCI - MTC
 (Pavimentos Flexibles)
 (ASTM D 6433)

PROGRESIVA		AREA	TIPO DE DETERIORO REGISTRADO																			CONDICION DEL PAVIMENTO			
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19				
Del Km	Al Km	m²	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	PCI	VDC	VDI	

3.6 CAUSAS DE FALLA EN LOS PAVIMENTOS FLEXIBLES

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

Cuadro N° 3.12 Fallas y causas en pavimentos flexibles.

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

Fuente: Elaboración propia

3.6.1 TRAFICO DE DISEÑO

En muchos casos se tiene un tráfico de diseño del pavimento incorrecto, las cargas son bastante mayores a las previstas. Se debe a errores en la aproximación de cargas o también al incremento en el tráfico con los años.

3.6.2 PROCESO CONSTRUCTIVO

Deficiencias en los procesos constructivos hacen una estructura débil del pavimento. Esto se debe a inadecuados espesores y mezclas. Así como una deficiencia en la distribución y compactación de las capas.

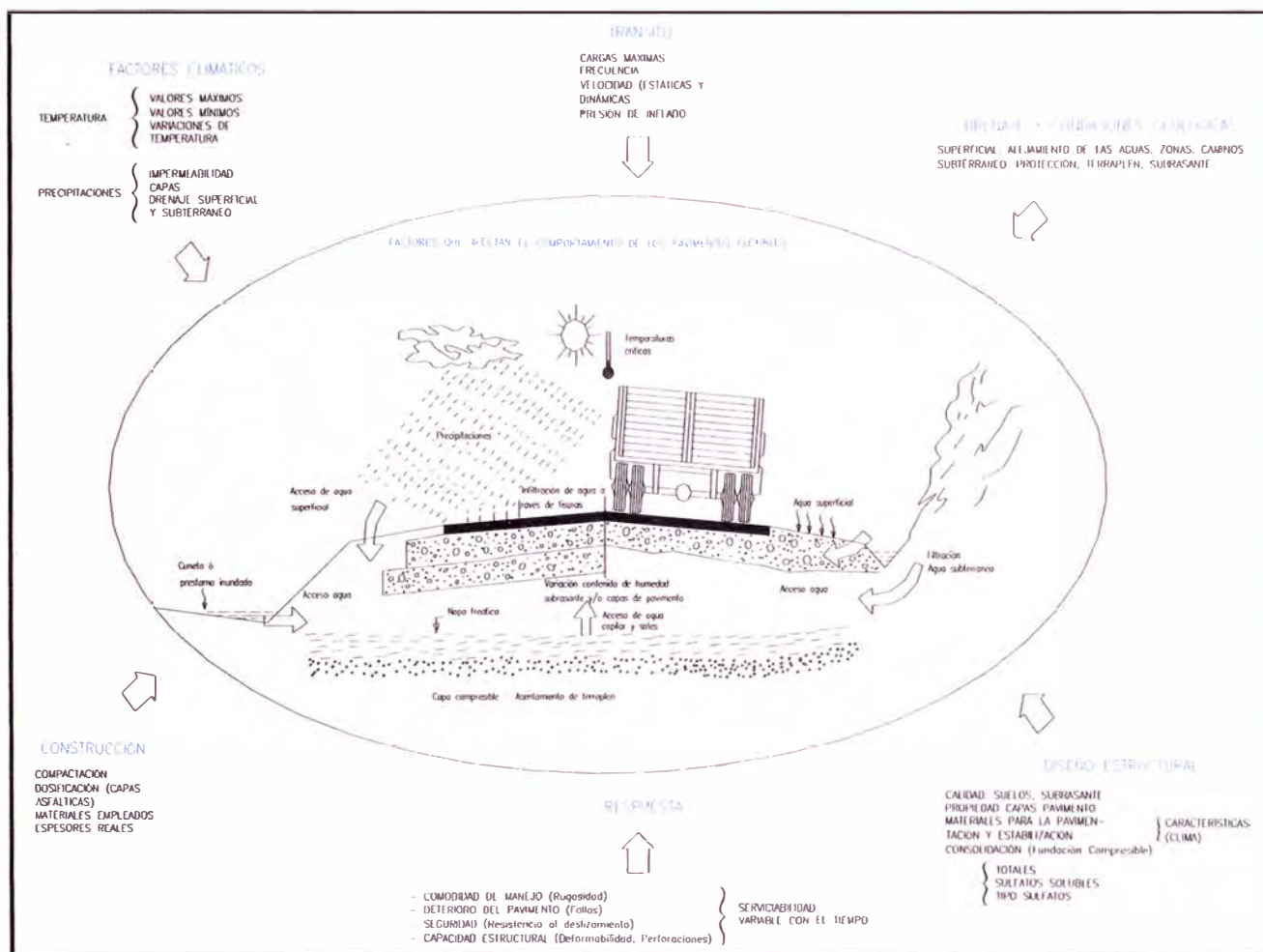
3.6.3 DEFICIENCIAS DEL PROYECTO

Diseños inadecuados y una mala valoración de la sub rasante. Por otro lado, a veces se tiene una mala calidad y dosificación de las mezclas asfálticas y mala calidad de materiales usados en la producción.

3.6.4 FACTORES AMBIENTALES

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

Figura N° 3.20.- Factores que Afectan el Comportamiento de los Pavimentos Flexibles.



Fuente: Diapositivas de clase del curso de titulación 2009-II, UNI-FIC

3.7 CRITERIOS DE MANTENIMIENTO Y NIVELES DE SERVICIO

Cada entidad responsable de la conservación de pavimentos necesita establecer criterios respecto al nivel de servicios cuando alguna acción tiene que emprenderse y proveer pautas para el tipo de medidas de conservación de su competencia. Esto depende de la práctica local, disponibilidad de materiales, recursos económicos, etc.; y puede consistir desde un sistema tan simple, como la evaluación visual de pavimentos, hasta una evaluación detallada que implican mediciones sistemáticas de rugosidad, deflexiones, resistencia al patinaje o deslizamiento.

Cualquier acción a ser emprendida depende de la condición de la vía. Generalmente hay más de una opción disponible, como el tipo de tratamiento y la periodicidad y/o oportunidad de dicha acción. Es importante seleccionar la correcta estrategia, el tiempo conveniente, la utilización de la técnica y materiales apropiados y el personal entrenado para dichas acciones.

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

3.7.1 CONSERVACIÓN VIAL

Concepto Básico: Conjunto de actividades destinadas a preservar a largo plazo, la condición integral de transitabilidad de los caminos.

Objetivo: Evitar al máximo posible, la pérdida gradual del capital invertido en los caminos, mediante la gestión de programas de conservación específicos dirigidos a proteger la estructura básica y la superficie de rodadura de ellos.

3.7.2 MANTENIMIENTO RUTINARIO

Concepto Básico: Reparación menor localizada para subsanar defectos (fallas) en la calzada y el pavimento.

Semejante a reparación de huecos y parchado localizado. Es llevado a cabo después que el deterioro ha ocurrido y usualmente aplicando tratamientos de acuerdo a los niveles de deterioro y bajo límites aceptables, con frecuencia de una (01) o más veces al año.

También incluye servicios y reparaciones que son requeridas por razones de seguridad, operación y serviciabilidad de la vía, tales como el mantenimiento de la señalización vertical y horizontal, pintado de sardineles y marcas correspondientes.

Objetivo: Evitar la destrucción gradual de una vía mediante acciones y reparaciones preventivas de protección física de la estructura básica y de su superficie de rodadura.

3.7.3 MANTENIMIENTO PERIÓDICO

Concepto Básico: Reparación y renovación parcial extensiva, a ejecutarse cada cierto tiempo en las vías, para evitar deterioros que afecten la estructura básica y superficie de las vías. Se considera el ciclo de vida de las vías y el probable desgaste en el tiempo de las mismas, por acción de las cargas variables del tráfico vehicular.

Comprende tratamientos superficiales en general (sellado, re capeado, riego bituminoso, etc.) y también la renovación de la superficie de rodadura (mayormente aplicado a pavimentos flexibles) y la renovación del material de las juntas en pavimentos rígidos.

Objetivo: Proteger la estructura básica y la superficie de las vías, mediante la ejecución de actividades extensivas periódicas, tales como tratamientos superficiales o renovación de la superficie de rodadura.

3.7.4 REHABILITACIÓN

Concepto Básico: Reparación mayor selectiva, con refuerzo del pavimento o de la calzada. Se requiere previamente efectuar trabajos de mantenimiento como tratamiento de fisuras, parchados, etc. en la estructura existente y posibles mejoramientos de drenaje, cuando sea necesario.

Comprende actividades de reciclado de pavimento, utilizados con la finalidad de corregir o mejorar los requerimientos estructurales y funcionales de las vías.

Objetivo: Restablecer la capacidad estructural y la calidad original de la superficie de rodadura de las vías.

En el Cuadro N° 3.13, se presentan las Categorías de Mantenimiento Sugerido dependiendo del resultado de la evaluación de la condición del pavimento.

Cuadro N° 3.13.- Categoría de Mantenimiento Sugerido Según Condición de la Vía

Condición Actual	Descripción	Categoría de Mantenimiento
Excelente	Pavimento en condición muy buena. Circulación muy confortable; no requiere acciones de mantenimiento correctivo inmediatas: ocasionalmente pueden requerir acciones de mantenimiento preventivo. No hay defectos de superficie o agrietamientos de ningún tipo.	Mantenimiento Rutinario Preventivo
Buena	Pavimento en condición buena. Circulación cómoda, con fallas incipientes como: depresiones debidas a pequeñas deformaciones, defectos y/o agrietamientos de superficie intermitentes (bajo a moderado) que requieren acciones de mantenimiento correctivas inmediatas y/o en el corto plazo.	Mantenimiento Rutinario y/o Periódico Correctivo Reparación menor localizada de deterioros de las vías sujeto a tratamientos superficiales diversos.
Regular	Pavimento en condiciones dudosa o regular. Circulación aceptable, con fallas evidentes como: depresiones intermitentes a frecuentes debidas a deformaciones de la superficie, defectos y agrietamientos de la superficie moderados, intermitentes a frecuentes, se pueden presentar niveles bajos de piel de cocodrilo localizado, estas fallas requieren acciones de mantenimiento correctivo frecuentes o intensivos y probablemente una rehabilitación a	Mantenimiento Intensivo. Para mantener el nivel de serviciabilidad. Candidato para mantenimiento intensivo mayor - Candidato para rehabilitación en 5 años. Este nivel comprende tres tipos de acciones: 1. Condición dudosa mantenimiento intensivo mayor. 2. Sellado de superficie. 3. Recapado delgado con

	<p>mediano plazo.</p>	<p>elementos de control de fisuras reflejas.</p>
<p>Mala</p>	<p>Pavimento en condición deficiente. La circulación es apenas aceptable, presenta fallas en proceso de generación como: depresiones frecuentes debido a deformaciones moderadas a severas de la superficie, defectos y agrietamientos de superficie frecuentes moderados a severos. Piel de cocodrilo localizado a niveles bajo a moderado, estas fallas requieren una rehabilitación en el corto plazo para evitar la generalización de daños irreversibles.</p> <p>En otras ocasiones el pavimento presenta fallas como: depresiones frecuentes a extensas debidas a defectos y/o agrietamientos moderados a severos de superficie, frecuentes a extensos. Piel de cocodrilo baja o moderada frecuente a extensas, estas fallas requieren una rehabilitación mayor, probablemente con alto porcentaje de reconstrucción, en el corto plazo.</p>	<p>Mantenimiento de Rehabilitación con refuerzo estructural, es el mantenimiento correctivo que retarda el deterioro rápido del nivel de serviciabilidad.</p> <p>Candidato para rehabilitación con Reconstrucción, a fin de preservar el mantenimiento de la seguridad y los niveles mínimos de serviciabilidad.</p> <p>Rehabilitar según la intensidad de uso, inmediatamente o dentro de un período de tres años.</p>

Fuente: Booz – Allen, 1999: p. 15

CAPÍTULO IV.- APLICACIÓN AL TRAMO KM 89+000 – KM 94+000

4.1 APLICACIÓN DEL MÉTODO EN EL CAMPO

Se realizó en campo la evaluación superficial del tramo de la carretera en estudio, lo cual corresponde desde el Km 89+000 hasta el Km 94+000, para lo cual se aplicó el siguiente procedimiento:

4.1.1. DETERMINACIÓN DE LAS UNIDADES DE MUESTREO

El tramo en estudio tiene una longitud de 5km en total, según la norma ASTM 6433-07, se deben tomar unidades de muestreo de $230.0 \pm 93.0 \text{ m}^2$, en este caso tomamos el área máxima de 323 m², como unidad de muestreo, lo cual considerando el ancho promedio de la calzada (4 – 4.5 m) nos da una longitud de muestreo entre 71 y 80m. Para el estudio se tomó unidades de muestreo de 100m de longitud pero con el valor agregado de que se evaluó el 100% del tramo, es decir no se tomaron unidades de muestreo en si, sino que se evaluó el PCI en los 5 km de longitud del tramo.

Con esto estamos logrando un mayor alcance al que establece la norma, considerando que la longitud de 5 km no es muy grande y se puede recorrer a pie y evaluar en su totalidad.

4.1.2. EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN DE PAVIMENTO

Con ayuda del equipamiento correspondiente se procede a realizar la inspección visual a pie de las fallas según el catalogo de la norma ASTM 6433-07.

Se aplicó el siguiente procedimiento:

- Se identifica visualmente la falla.
- Se determina la severidad.
- Se realiza el metrado correspondiente.
- Se toma el registro fotográfico.

A continuación se muestra el registro fotográfico del trabajo de campo.

Figura N°4.21.- Fotos durante evaluación realizada



Foto 01: Se muestra el hito de término del tramo en estudio en el km 94+000. **Foto 02:** Falla tipo Grieta de Borde, con severidad Media y Alta, en la figura se observa el metrado y la identificación de la falla. (km 89+400 – 89+600)



Foto 03: Fallas tipo Bacheo de severidad Baja. **Foto 04:** Falla tipo Huevo de severidad Baja. Estas fallas son producto del desprendimiento de rocas de la ladera, esto se produce repetitivamente a lo largo de los tres últimos kilómetros de estudio. (km 91+000 – Km 94+000)



Foto 05: Se observa una falla tipo Hinchamiento de severidad baja. **Foto 06:** Se observan varias fallas consecutivas tipo Huevo de severidad Baja. (km 90+100 – Km 90+300)



Foto 07: Se muestra el hito de inicio del km 93+000. **Foto 08:** Falla tipo Bacheo de severidad Baja, por estar este parche en buenas condiciones de transitabilidad. (km 92+700 – Km 92+900)

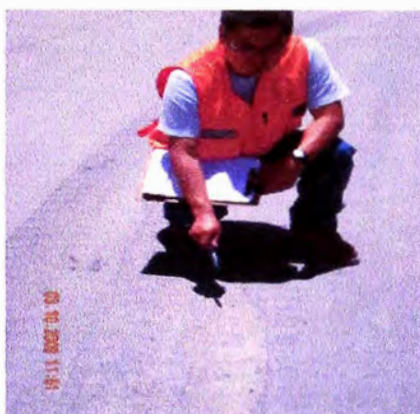


Foto 09: Se observa una falla tipo Huevo de severidad Baja. **Foto 10:** Se observa falla tipo Bache de severidad Media. Esta falla es producto del desprendimiento de rocas de la ladera en las épocas de lluvias. (km 90+000 – 90+200)



Foto 11: Se observa una vista que nos muestra el grado de severidad por la falta de sello, ocasionando el desprendimiento de agregados en forma prematura en algunos tramos de la carretera. **Foto 12:** Envejecimiento prematuro por falta de sello, requiere un tratamiento superficial para recuperar su periodo de vida proyectado.



Foto 13: Se observa la ausencia de cunetas, que protejan el tratamiento mono capa recientemente colocado **Foto 14:** Se observa el uso indebido de la carretera para el riego artesanal, al no haberse construido las cunetas en ambos lados de la vía.



Foto 15: Se observa la construcción provisional de un muro de contención con sacos de arena, los cuales colapsaran debido al intemperismo predominante en la zona Km 92+500. **Foto 16:** Se observa la ausencia de alcantarilla en cruce de canal.



Foto 17: Se observa cruce de canal artesanal, el cual carece de mantenimiento. **Foto 18:** Se observa la solución adecuada a los cruces de canales, através de una alcantarilla. (km 102+000)



Foto 19 y 20: Se observa trazo sinuoso, con curvas cuyos radios no respetan las normas DG-2001 del MTC para carreteras de bajo volumen de tránsito. Del mismo modo los anchos de vía son variables, lo cual ocasiona problemas para el fácil desplazamiento de los vehículos. siendo alta la incidencia de accidentes.



Foto 21: Se observa cómo se aproxima un vehículo el cual no tiene espacio suficiente para ceder el paso al vehículo que va en sentido contrario, mostrando claramente lo peligroso del tránsito por esta parte de la vía, Km 91+200.



Foto 23: Se observa un sector de la vía la cual no tiene ninguna protección al talud existente cuya falla es inminente, sobre todo por la proximidad de las lluvias de temporada. km 90+250.**Foto 24.**-Concentración en Catahuasi, de los alumnos del curso de titulación sin los cuales no hubiese sido posible la culminación del presente informe de

Fuente: Elaboración propia

4.2 DETERMINACIÓN DEL PCI DEL TRAMO EN ESTUDIO

4.2.1 PROCESO DE CÁLCULO DEL PCI

Siguiendo el procedimiento indicado en el ítem 4.1.2, y registrando los datos obtenidos en el formato indicado en la figura N° 3.18, procedemos a calcular el PCI de los sub tramos escogidos para el análisis, aplicando el siguiente procedimiento:

Con la ayuda del formato indicado en la figura N° 3.18, se hallará la densidad de cada una de las fallas presentes.

Se calculará los valores de deducción individuales DVi, por cada tipo de falla y de acuerdo a la severidad correspondiente.

Luego se calculará el Valor de Deducción Total y seguidamente el Valor de Deducción Total.

Finalmente se obtendrá el valor de PCI, para cada sub tramo de estudio.

4.2.2 CÁLCULO DEL PCI DEL SUB TRAMO 89+000 - 89+100

1.- De la figura N° 4.22, para el sub tramo 89+000 – 89+100, se anota el metrado en la parte de “Tipos de falla existentes” de la figura.

En este caso, de acuerdo al manual de daños del Anexo N° 01, se anotan las fallas: Baches (11) y Disgregación y Desintegración (19).

2.- Luego calculamos la densidad en porcentaje, de cada tipo de falla, dividiendo el metrado obtenido entre el área de la sección, por ejemplo:

Para la falla tipo 11 se tiene, de la figura N° 4.22:

$$13.2 / 400 \times 100 = 3.3$$

Para la falla tipo 19 se tiene, de la figura:

$$50 / 400 \times 100 = 12.50$$

Figura N° 4.22.- Cálculo del PCI del sub tramo Km 89+000 – Km 89+100

VIA : <u>Cañete - Yauyos - Chupaca</u>		TRAMO: <u>km 89+000 - km 89+100</u>	
FECHA: <u>03-10-2009</u>		UNIDAD N°: <u>1</u>	
HECHO POR: <u>Sifuentes Romero Marco</u>		AREA DE LA MUESTRA: <u>400 m²</u>	
		Longitud: <u>100 m</u>	
		Ancho: <u>4</u>	

TIPOS DE FALLA					
1	Grieta Piel de Cocodrilo	m2	11	Baches y Zanjas Separadas	m2
2	Exudación de Asfalto	m2	12	Agregados Pulidos	m2
3	Grietas de Contracción (Bloque)	m2	13	Huecos	N°
4	Elevaciones - Hundimientos	m	14	Acceso a Puentes	m2
5	Corrugaciones	m2	15	Ahuellamiento	m2
6	Depresiones	m2	16	Deformación por Empuie	m2
7	Grietas de Borde	m	17	Grietas de Deslizamiento	m2
8	Grietas de Reflexión de Juntas	m	18	Hinchamiento	m2
9	Desnivel Calzada - Hombrillo	m	19	Disgregación v Desintegración	m2
10	Grietas Longitudinales v Transversal	m			

TIPOS DE FALLAS EXISTENTES							
		11	19				
		6.2 M					
		2.2 M					
		1.5 M					
		0.5 M	50 M				
TOTAL	BAJA (L)						
	MEDIA (M)	13.2 M	50 M				
	ALTA (H)						

CÁLCULO DEL PCI			
TIPO DE FALLA	DENSIDAD	SEVERIDAD	VALOR DE DEDUCCIÓN
11	3.300	M	18.00
19	12.50	M	20.00
VALOR TOTAL DE DEDUCCIÓN (VDT)			38
VALOR DE DEDUCCIÓN CORREGIDO max (VDC)			28

PCI = 100 - VDC
<u>72</u>
CONDICIÓN DEL PAVIMENTO
MUY BUENO

Fuente: Elaboración propia

3.- Luego ordenamos el Tipo de Falla, Densidad y Severidad, como se muestra en la parte inferior izquierda de la figura N° 4.24. Ahora con la ayuda de las tablas de Valores de Deducción, hallamos los Valores de Deducción para cada tipo de falla. Así tenemos,

- Para la falla 7

Tenemos una densidad de 1.00; recurriendo a las Curvas de Valor Deducido del Anexo N° 02: Figura C7, obtenemos,

Valor de Deducción = 8

- Para la falla 11

Tenemos una densidad de 0.49; recurriendo al Anexo N° 02: Figura C11, obtenemos,

Valor de Deducción = 10

- Para la falla 19

Tenemos una densidad de 1.00; recurriendo al Anexo 02: Figura C19, obtenemos,

Valor de Deducción = 21

4.- Seguidamente, con los Valores de Deducción calculados, iniciamos el proceso de iteración para calcular el Máximo Valor de Deducción Corregido.

Para la primera iteración:

VDT = 39, producto de la suma de 8, 10 y 21

Como tenemos 3 Valores de Deducción, de los cuales todos son mayores que 2, usamos **q = 3**.

Con **VDT = 39** y **q = 3**, vamos al **Anexo N° 02, Curvas de Valor Deducido Corregido**; Figura C20.

Hallamos, Valor de Deducción Corregido (VDC)= 24

Para la segunda iteración:

Se reduce a 2, el menor Valor de Deducción presente, en este caso reducimos a 2 el valor de 8

VDT = 31, producto de la suma de 2, 10 y 21

Como tenemos 3 Valores de Deducción, de los cuales dos son mayores que 2, usamos **q = 2**.

Con **VDT = 31** y **q = 2**, vamos al **Anexo N° 02, Curvas de Valor Deducido Corregido**; Figura C20.

Hallamos, Valor de Deducción Corregido (VDC)= 22

Para la tercera iteración:

Se reduce a 2, el menor Valor de Deducción presente, en este caso reducimos a 2 el valor de 10

VDT = 21, producto de la suma de 1, 21

Como tenemos 3 Valores de Deducción, de los cuales uno es mayor que 2, usamos **q = 1**.

Con **VDT = 21** y **q = 1**, vamos al **Anexo N° 02, Curvas de Valor Deducido Corregido**; Figura C20.

Hallamos, Valor de Deducción Corregido (VDC)= 21

De estas tres iteraciones tenemos:

*	VDT	q	VDC max
1era Iteración	39	3	24
2da Iteración	31	2	22
3ra Iteración	21	1	21

El cual también se indica en el Gráfico N° 4.23

5.- Luego se hallar el Máximo Valor de Deducción Corregido (VDC máx), se halla el valor del PCI.

$$\text{VDC máx.} = 24$$

$$\text{PCI} = 100 - 24 = 76$$

CONDICIÓN DEL PAVIMENTO: **MUY BUENO**

4.2.3 CÁLCULO DEL PCI DE LOS SUB TRAMOS 89+100 - 89+200 y 89+200 - 89+300

Siguiendo el mismo procedimiento del acápite 4.2.1 calculamos el PCI de los sub tramos 69+100 - 69+200 y 69+200 – 69+300.

En las figuras N° 4.23 y N° 4.24, que se muestran a continuación se presentan los cálculos realizados para hallar el PCI de los sub tramos obteniendo los siguientes resultados:

4.2.4 CÁLCULO DEL PCI, CON EL PROGRAMA PCI-MTC

Aplicamos para el cálculo de los siguientes sub tramos, el programa que aplica el Ministerio de Transportes y Comunicaciones, el cual arroja muy resultados en comparación con la evaluación manual del PCI. En el siguiente cuadro mostramos una comparación entre el método manual y el programa de PCI utilizado por el Ministerios de Transportes.

Cuadro N° 4.14.- Comparación: Cálculo Manual vs Programa PCI-MTC

TRAMO	PCI manual	PCI - MTC	% error
69000 - 69100	72	70	2.78
69100 - 69200	76	78	2.63
69200 - 69300	86	87	1.16

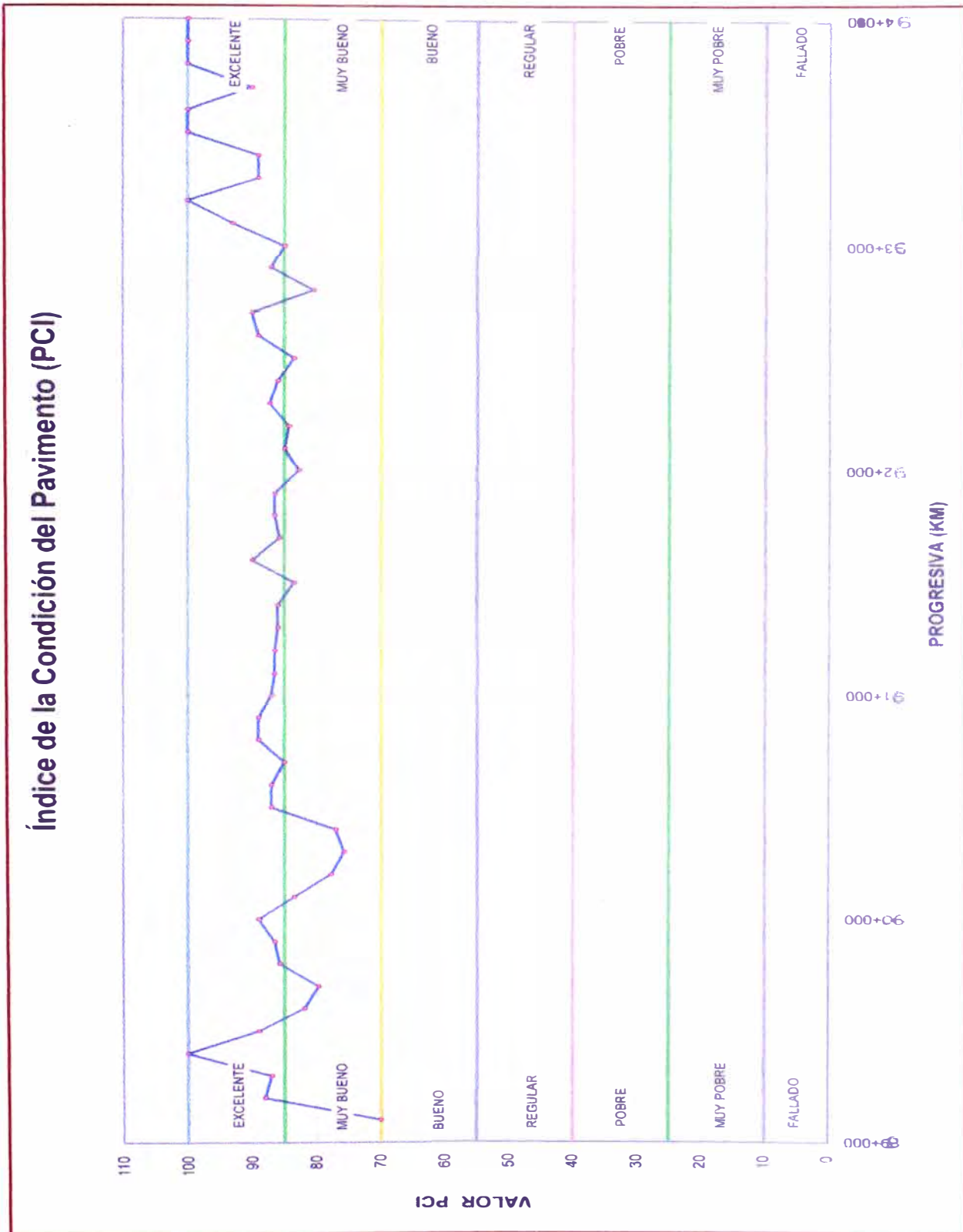
Fuente: Norma Técnica ASTM 6433 – 07, 2007

Se puede observar que se logran muy buenos resultados al aplicar el programa PCI del MTC, para el cálculo automático del PCI, logrando para tres datos de PCI obtenidos manualmente, un error máximo del 2.78% y un mínimo de 1.16%.

En consecuencia se aplicó para el cálculo de los demás tramos de estudio el programa del PCI-MTC, mostrándose los resultados en la figura N° 4.25 Determinación del PCI, con el programa PCI-MTC.

Figura N° 4.25: Gráfica del PCI, cada 100 mt, del Km 89+000 al Km 94+000.

Resultado del programa PCI-MTC



Fuente: Programa PCI-MTC

Figura N° 4.28.- Determinación del PCI promedio, con el programa PCI-MTC pág. 03.

DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE LA CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI) con el Programa PCI - MTC (Pavimentos Flexibles) (ASTM D 6433)																								
PROYECTO		EVALUACION SUPERFICIAL CARRETERA CAÑETE-YAUYOS-CHUPACA KM 89+000 - KM 94+000										ANCHO SUPERFICIE DE RODADURA (m)		4.00										
TRAMO		-										ANCHO PROMEDIO DE CARRIL (m)		2.25										
CARRIL		AMBOS										LONGITUD DE LA MUESTRA (m)		100.00										
FECHA		03/10/2009																						
PROGRESIVA	AREA	TIPO DE DETERIORO REGISTRADO																	VDI	VDC	PCI	CONDICIÓN DEL PAVIMENTO		
		Señal	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16					17	18
Del Km	Al Km	m²	#																					
91+700	91+800	400.00							2.2					0.5	1.0					8.0	16	14	86.5	EXCELENTE
91+800	91+900	400.00												0.3						8.0	18	14	86.5	EXCELENTE
91+900	92+000	400.00												0.2	1.0					10.0	23	17	87.7	MUY BUENO
92+000	92+100	400.00												0.1						10.0	15	15	85	MUY BUENO
92+100	92+200	400.00													1.0					20.0	21	16	84.2	MUY BUENO
92+200	92+300	400.00													1.4					8.0	17	13	87.3	EXCELENTE
92+300	92+400	400.00												0.1	0.1					10.0	14	14	86	EXCELENTE
92+400	92+500	400.00														2.0				8.0	22	17	83.5	MUY BUENO
92+500	92+600	400.00												0.4						10.0	11	11	89	EXCELENTE
92+600	92+700	400.00																		8.0	10	10	90	EXCELENTE
92+700	92+800	400.00												0.3	2.0					10.0	31	20	80.4	MUY BUENO
92+800	92+900	400.00																		10.0	13	13	87	EXCELENTE
92+900	93+000	400.00																		10.0	15	15	85	MUY BUENO

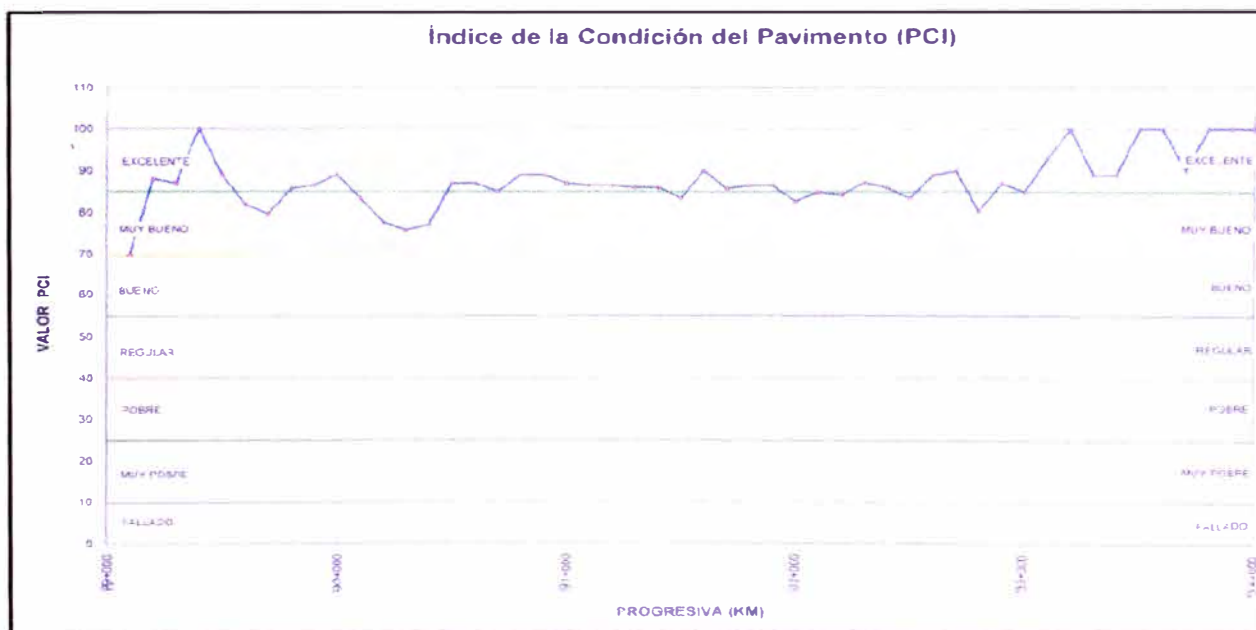
Fuente: Programa PCI-MTC

CAPÍTULO V.- ANÁLISIS DE RESULTADOS

5.1 EVALUACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

De los resultados de la evaluación del tramo en estudio, se obtuvo un registro gráfico el cual apreciamos en la figura N° 5.30, y del cual podemos concluir lo siguiente:

Gráfico N° 5.30.- Valores del PCI del Km 89+000 al Km 94+000.



Fuente: Elaboración propia

- Desde el km89+000 hasta el km 90+500, los cuales son los dos primeros kilómetros de evaluación, se obtuvieron calificaciones de PCI entre EXCELENTE y MUY BUENO.
- En los kilómetros desde el km 90+500 hasta el 93+000, se obtuvieron calificaciones de PCI, los cuales están en el límite entre EXCELENTE y MUY BUENO.
- En los kilómetros desde el km 93+000 hasta el 94+000, se obtuvieron calificaciones de PCI, los cuales están en el nivel de EXCELENTE.

- Los valores de PCI obtenidos varían desde el valor más bajo PCI = 70, hasta un valor de PCI = 100.
- Las principales fallas presentes en el tramo de carretera evaluado fueron: parches, huecos, grietas de borde y desprendimiento de agregados. Esto debido al poco tiempo que tiene la aplicación del mejoramiento superficial en la carretera.
- De la figura N° 4.29 podemos concluir, que el promedio de PCI para el tramo evaluado del Km 89+000 al Km 94+000, es de 87 y obtiene una calificación de EXELENTE.
- Los huecos presentes en la superficie de la carretera se deben principalmente al desprendimiento de rocas de la ladera, sobre la superficie de la vía.
- Los parches presentes en la carretera son producto de la reparación de los huecos mencionados en el ítem anterior.
- Las grietas de borde presentes en la superficie son producto de la nula presencia de bermas laterales en la carretera, por ello existen un desnivel entre la calzada y el terreno adyacente, lo cual origina la aparición de fisuras de borde por el paso de los vehículos.
- El desprendimiento de agregados, es la falla predominante del tramo evaluado, el cual ha sufrido un envejecimiento prematuro debido a deficiencias en el proceso constructivo; al no sellar la superficie, a pesar del poco tiempo de ejecutado el tratamiento mono capa se observa esta falla en todo el tramo.
- Existen fallas particulares como una de hinchamiento, producto de suelos expansivos los cuales al entrar en contacto con el agua han aumentado su volumen y han ocasionado protuberancias en la carretera.

CONCLUSIONES

- De los resultados obtenidos se aprecia que la carretera evaluada, se encuentra en buen estado, debido al poco tiempo de servicio de la infraestructura (menor a un año).
- Se concluye de acuerdo al presente estudio, que para este tipo de tratamiento superficial, las fallas que mas prevalecen en la actualidad en la vía, son las fallas de tipo: grietas de borde, huecos, parches y desprendimiento de agregados.
- La falta de obras de arte y drenaje en la carretera, reduce el tiempo de vida útil del pavimento, debido a que las lluvias ocasionan inundaciones y derrumbes que afectan directamente la transitabilidad de la carretera.
- El tratamiento superficial aplicado con Mono capa, presenta un deterioro prematuro debido a deficiencias en el proceso constructivo (exceso de asfalto, falta de uniformidad en el tamaño de los agregados, falta de sello).
- Otro factor importante que contribuye ha empeorar la situación del pavimento es el incremento del tráfico pesado, generado por la explotación de canteras y los trabajos en la Central Hidroeléctrica El Platanal Km 94+500.
- La carretera necesita como prioridad obras de drenaje superficial para evitar su deterioro prematuro; teniendo en cuenta la proximidad del periodo de lluvias.
- Las temporadas de lluvias en la sierra están próximas y la carretera se verá seriamente afectada al contar con un sistema de drenaje adecuado, y sumado a la geometría inadecuada (bombeo inexistente) el daño estructural será inminente.
- Se logra muy buenos resultados para el cálculo del PCI al aplicar la hoja de cálculo de PCI del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, convirtiéndose ésta, en una importante herramienta para el cálculo rápido del PCI para la evaluación en carreteras de gran longitud.

- La evaluación superficial continua de la carretera determinará la curva de Condición del Pavimento y nos indicará el tiempo óptimo para intervenir en la vía con un mantenimiento preventivo económico y no correctivo costoso.

RECOMENDACIONES

- Se debe de programar tareas de evaluación de niveles de servicio y el mantenimiento rutinario y periódico para garantizar que el pavimento se conserve estructural y funcionalmente eficiente durante su periodo de vida para el cual fue diseñado.
- Para carreteras de pequeña longitud, se recomienda hacer la evaluación total del PCI a lo largo de toda la longitud de la vía, de esta manera se supera el alcance de la norma técnica y se halla un valor mas real del PCI de la carretera.
- Se recomienda la construcción de cunetas, para evitar el deterioro prematuro, considerando que esta zona presenta precipitaciones importantes en época de lluvias.
- El hacer la evaluación superficial con un periodo de un año, sobre todo después de la época de lluvia para ver el impacto que ocasiona este evento y determinar las medidas correctivas

BIBLIOGRAFÍA

Gutiérrez Lazares, José Wilfredo, Tesis de Maestría, Modelación Geotécnica de Pavimentos Flexibles con Fines de Análisis y Diseño en el Perú, UNI-FIC, Lima, Perú (2007).

Shahim Mohamed Y, Darter Michael I, Khon Satr D, Método de Evaluación de Pavimentos (PCI), Reporte Técnico M-268 y TM5 (623), Us. Army Corps of Engineers U.S. (1978).

Norma ASTM D 6433-07, apéndice X1(AC), (Índice de Condición de Pavimentos (PCI) de concreto asfáltico (AC)), revisada y traducida, (Set 2007).

CONSORCIO DE GESTIÓN DE CARRETERAS, Estudios Técnicos para el cambio estándar de afirmado a solución básica Carretera Cañete Lunahuana – Pacarán – Zúñiga - Dv Yauyos-Ronchas-Chupaca, Perú, Setiembre 2008 .

Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura, Especialización en Vías de Transporte, Evaluación y Comparación de Metodologías VIZIR y PCI sobre el tramo de vía en pavimento flexible y rígido de la vía: Museo Quimbaya – CRQ Armenia Quindío (PR 00 + 000 – PR 02 + 600), Manizales, Colombia (2006).

Vásquez Varela Luis Ricardo, Pavement Condition Index (PCI), Para Pavimentos asfálticos y de concreto en carreteras, Manizales, Colombia (2002).

Paginas Web

www.proviasnac.gob.pe

www.camineros.com

Anexo 01

Catálogo de Fallas Método PCI ASTM D6433-07

CATÁLOGO DE FALLAS DEL MÉTODO PCI

A continuación se muestran en detalle las fallas que considera el método PCI, traducido de la norma ASTM- 6433-07, para pavimentos asfálticos:

01 Grieta Piel de Cocodrilo

Descripción: Las grietas de fatiga o piel de cocodrilo son una serie de grietas interconectadas cuyo origen es la falla por fatiga de la capa de rodadura asfáltica bajo acción repetida de las cargas de tránsito. El agrietamiento se inicia en el fondo de la capa asfáltica (o base estabilizada) donde los esfuerzos y deformaciones unitarias de tensión son mayores bajo la carga de una rueda. Inicialmente, las grietas se propagan a la superficie como una serie de grietas longitudinales paralelas. Después de repetidas cargas de tránsito, las grietas se conectan formando polígonos con ángulos agudos que desarrollan un patrón que se asemeja a una malla de gallinero o a la piel de cocodrilo. Generalmente, el lado más grande de las piezas no supera los 0,60 m.

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

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

Niveles de severidad:

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

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

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

Medida:

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

Opciones de reparación:

L No se hace nada, sello superficial, Sobrecarpeta.

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

H Parcheo parcial o Full Depth Sobrecarpeta.
Reconstrucción.

Foto. N°1 piel de cocodrilo severidad baja

Foto. N°2 piel de cocodrilo severidad media



Foto. N°3 piel de cocodrilo severidad alta



02 Exudación de Asfalto

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

Niveles de severidad:

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

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

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

Medida:

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

Opciones de reparación:

L No se hace nada.

M Se aplica arena / agregados y cilindrado.

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

Foto . N°4 Exudación severidad baja



Foto . N°5 Exudación severidad media



Foto. N°6 Exudación severidad Alta



03 Grietas de contracción (en bloque)

Descripción: Las grietas en bloque son grietas interconectadas que dividen el pavimento en pedazos aproximadamente rectangulares. Los bloques pueden variar en tamaño de 0,30 m x 0,3 m a 3,0 m x 3,0 m. Las grietas en bloque se originan principalmente por la contracción del concreto asfáltico y los ciclos de temperatura diarios (lo cual origina ciclos diarios de esfuerzo / deformación unitaria). Las grietas en bloque no están asociadas a cargas e indican que el asfalto se ha endurecido significativamente. Normalmente ocurre sobre una gran porción del pavimento, pero algunas veces aparecerá únicamente en áreas sin tránsito. Este tipo de daño difiere de la piel de cocodrilo en que este último forma pedazos más pequeños, de muchos lados y con ángulos agudos. También, a diferencia de los bloques, la piel de cocodrilo es originada por cargas repetidas de tránsito y, por lo tanto, se encuentra únicamente en áreas sometidas a cargas vehiculares (por lo menos en su primera etapa).

Niveles de severidad:

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

M: Bloques definidos por grietas de severidad media

H: Bloques definidos por grietas de alta severidad.

Medida:

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

Opciones de reparación:

L: Sellado de grietas con ancho mayor a 3,0 mm. Riego de sello.

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

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

Foto. N°7 Falla en bloque severidad baja



Foto. N°8 Falla en bloque severidad media.

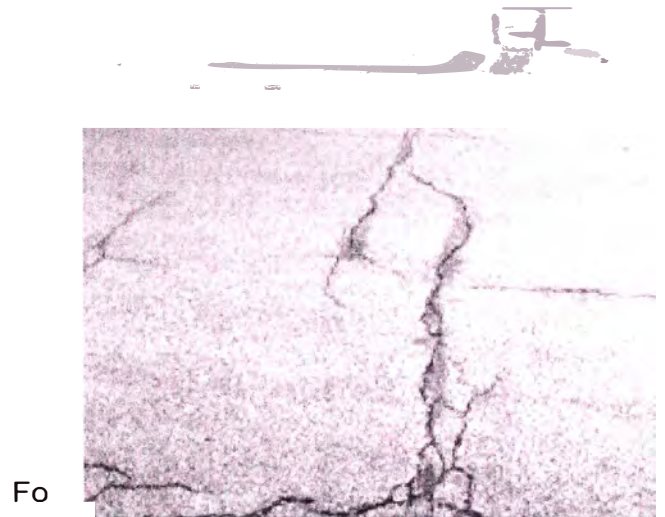


Foto. N°9 Falla en bloque severidad alta



04 Elevaciones y Hundimiento

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

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

Los hundimientos son desplazamientos hacia abajo, pequeños y abruptos, de la superficie del pavimento.

Las distorsiones y desplazamientos que ocurren sobre grandes áreas del pavimento, causando grandes o largas depresiones en el mismo, se llaman “ondulaciones” (hinchamiento: swelling).

Niveles de severidad:

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

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

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

Medida:

Se miden en pies lineales (ó metros lineales). Si aparecen en un patrón perpendicular al flujo del tránsito y están espaciadas a menos de 3,0 m, el daño se llama corrugación. Si el abultamiento ocurre en combinación con una grieta, ésta también se registra.

Opciones de reparación:

L: No se hace nada.

M: Reciclado en frío. Parcheo profundo o parcial.

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

Foto. N°10 Hundimiento severidad baja



Foto. N°11 Hundimiento severidad media



Foto N°12 Hundimiento severidad Alta



05 Corrugaciones.

Descripción: La corrugación (también llamada “lavadero”) es una serie de cimas y depresiones muy próximas que ocurren a intervalos bastante regulares, usualmente a menos de 3.0 m. Las cimas son perpendiculares a la dirección del tránsito. Este tipo de daño es usualmente causado por la acción del tránsito combinada con una carpeta o una base inestables. Si los abultamientos ocurren en una serie con menos de 3,0 m de separación entre ellos, cualquiera sea la causa, el daño se denomina corrugación.

Niveles de severidad:

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

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

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

Medida:

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

Opciones de reparación:

L: No se hace nada.

M: Reconstrucción.

H: Reconstrucción.

Foto. N°13 Corrugaciones severidad baja. Foto. N°14 Corrugaciones severidad Media.

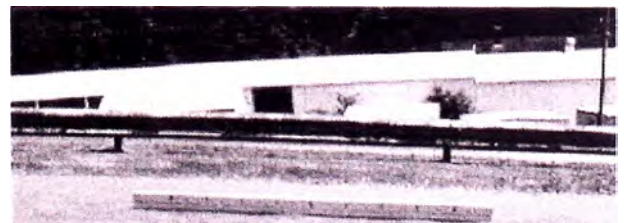
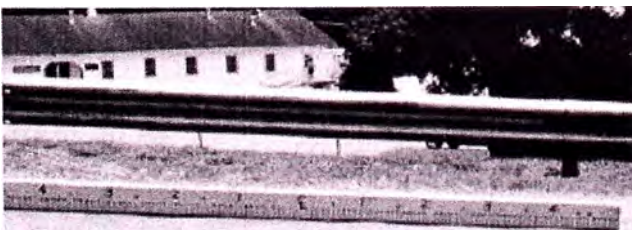
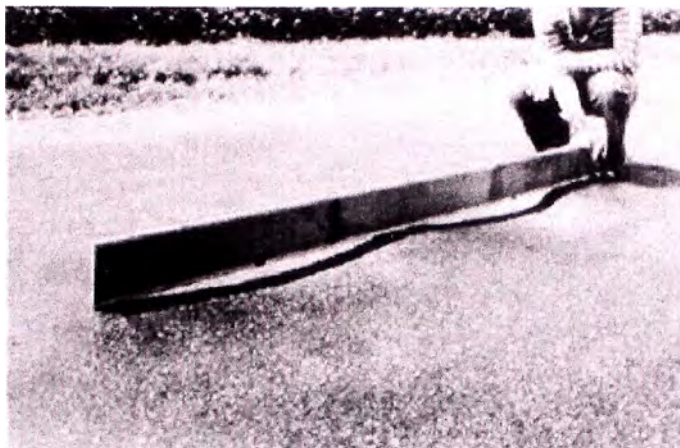


Fig. N°15 Corrugaciones severidad alta.



06 Depresiones

Descripción: Son áreas localizadas de la superficie del pavimento con niveles ligeramente más bajos que el pavimento a su alrededor. En múltiples ocasiones, las depresiones suaves sólo son visibles después de la lluvia, cuando el agua almacenada forma un “baño de pájaros” (bird bath). En el pavimento seco las depresiones pueden ubicarse gracias a las manchas causadas por el agua almacenada. Las depresiones son formadas por el asentamiento de la subrasante o por una construcción incorrecta. Originan alguna rugosidad y cuando son suficientemente profundas o están llenas de agua pueden causar hidroplaneo. Los hundimientos a diferencia de las depresiones, son las caídas bruscas del nivel.

Niveles de severidad: Máxima profundidad de la depresión:

L: 13.0 a 25.0 mm.

M: 25.0 a 51.0 mm.

H: Más de 51.0 mm.

Medida:

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

Opciones de reparación:

L: No se hace nada.

M: Parcheo superficial, parcial o profundo.

H: Parcheo superficial, parcial o profundo.

Foto. N°16 Depresión severidad baja.
media.



Foto. N°17 Depresión severidad

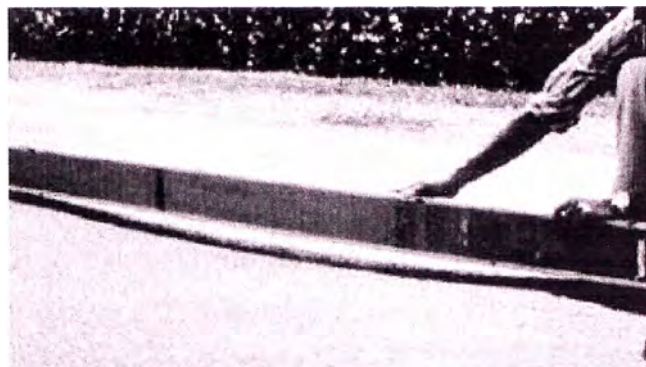
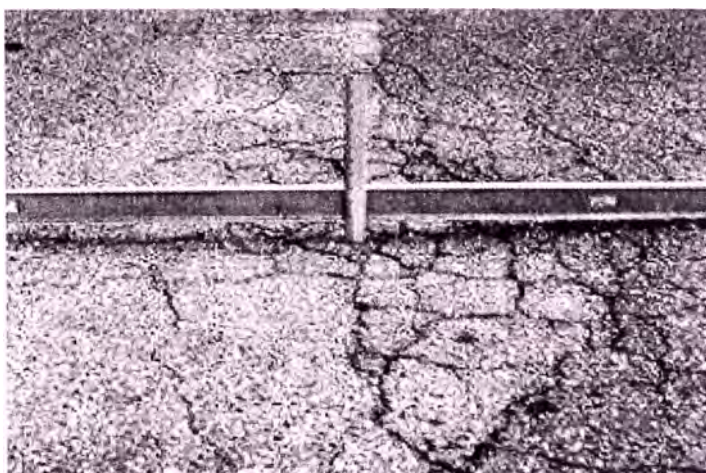


Foto. N°18 Depresión severidad Alta.



07 Grieta de borde

Descripción: Las grietas de borde son paralelas y, generalmente, están a una distancia entre 0,30 y 0,60 m del borde exterior del pavimento. Este daño se acelera por las cargas de tránsito y puede originarse por debilitamiento, debido a condiciones climáticas, de la base o de la subrasante próximas al borde del pavimento. El área entre la grieta y el borde del pavimento se clasifica de acuerdo con la forma como se agrieta (a veces tanto que los pedazos pueden removerse).

Niveles de severidad:

L: Agrietamiento bajo o medio sin fragmentación o desprendimiento.

M: Grietas medias con algo de fragmentación y desprendimiento.

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

Medida:

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

Opciones de reparación:

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

M: Sellado de grietas. Parcheo parcial - profundo.

H: Parcheo parcial – profundo.

Foto. N°19 Grieta de borde severidad baja



Foto. N°20 Grieta de borde severidad media



Foto. N°21 Grieta de borde severidad alta



08 Grietas de reflexión de juntas

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

Niveles de Severidad:

L: Existe una de las siguientes condiciones:

1. Grieta sin relleno de ancho menor que 10.0 mm, o

2. Grieta rellena de cualquier ancho (con condición satisfactoria del material llenante).

M: Existe una de las siguientes condiciones:

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

H: Existe una de las siguientes condiciones:

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

Medida:

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

Opciones de Reparación:

L: Sellado para anchos superiores a 3,00 mm.

M: Sellado de grietas. Parcheo de profundidad parcial.

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

Foto N°22 Grieta de reflexión de junta severidad baja



Foto. N°23 Grieta de reflexión de junta severidad media y alta



09 Desnivel calzada-hombrillo

Descripción: El desnivel carril / berma es una diferencia de niveles entre el borde del pavimento y la berma. Este daño se debe a la

erosión de la berma, el asentamiento berma o la colocación de sobrecarpetas en la calzada sin ajustar el nivel de la berma.

Niveles de severidad:

L: La diferencia en elevación entre el borde del pavimento y la berma está entre 25,0 y 51,0 mm.

M: La diferencia está entre 51,0 mm y 102,0 mm.

H: La diferencia en elevación es mayor que 102,00 mm.

Medida:

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

Opciones de reparación:

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

Foto. N°24 Desnivel calzada - Hombrillo severidad baja y severidad media.

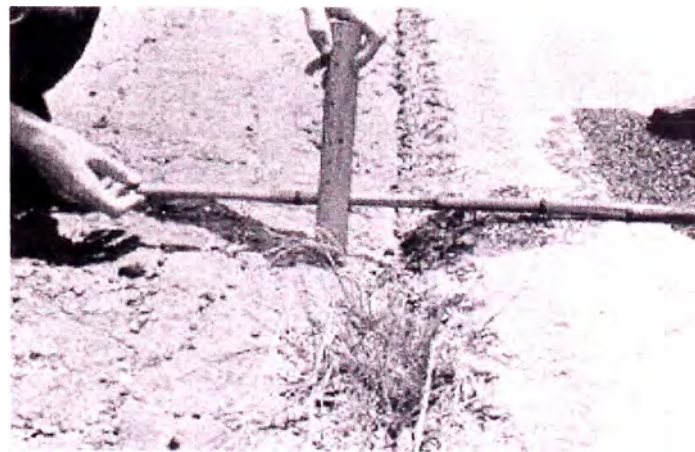
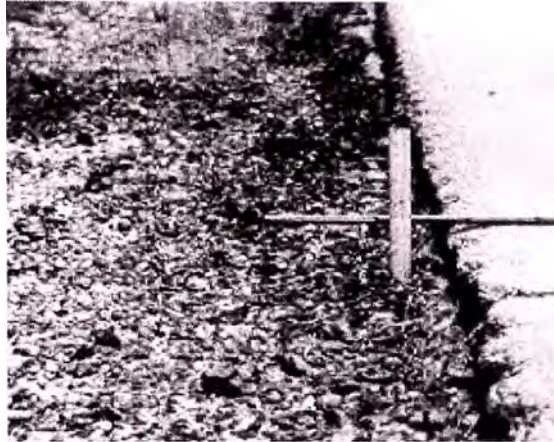


Foto N°25 Desnivel calzada - hombrillo severidad alta



10 Grietas longitudinales y transversales

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

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

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

Niveles de Severidad:

L: Existe una de las siguientes condiciones:

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

M: Existe una de las siguientes condiciones:

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

H: Existe una de las siguientes condiciones:

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

Medida:

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

Opciones de reparación:

L: No se hace nada. Sellado de grietas de ancho mayor que 3,0 mm.

M: Sellado de grietas.

H: Sellado de grietas. Parcheo parcial.

Foto. N°26 Grieta longitudinal y transversal severidad baja y severidad media.

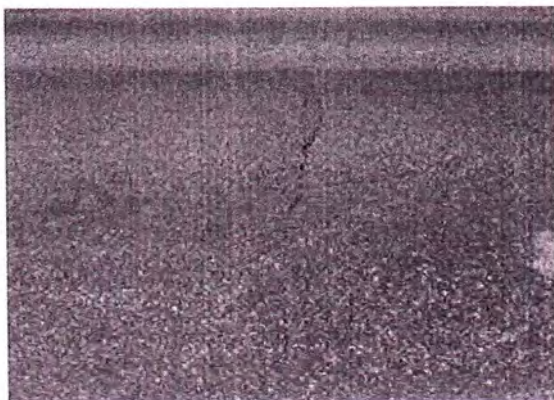


Foto. N°27 Grieta longitudinal y transversal severidad alta



11 Baches y zanjas reparadas.

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

Niveles de Severidad:

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

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

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

Medida:

Los parches se miden en pies cuadrados (o metros cuadrados) de área afectada. Sin embargo, si un sólo parche tiene áreas de diferente severidad, estas deben medirse y registrarse de forma separada. Por ejemplo, un parche de 2.32 m² puede tener 0.9 m² de severidad media y 1.35 m² de baja severidad. Estas áreas deben registrarse separadamente. Ningún otro daño (por ejemplo, desprendimiento y agrietamiento) se registra dentro de un parche; aún si el material del parche se está desprendiendo o agrietando, el área se califica únicamente como parche. Si una cantidad importante de pavimento ha sido reemplazada, no se debe registrar como un parche sino como un nuevo pavimento (por ejemplo, la sustitución de una intersección completa).

Opciones de reparación:

L: No se hace nada.

M: No se hace nada. Sustitución del parche.

H: Sustitución del parche.

Foto N°28 Baches y zanjas reparadas severidad baja y severidad media.

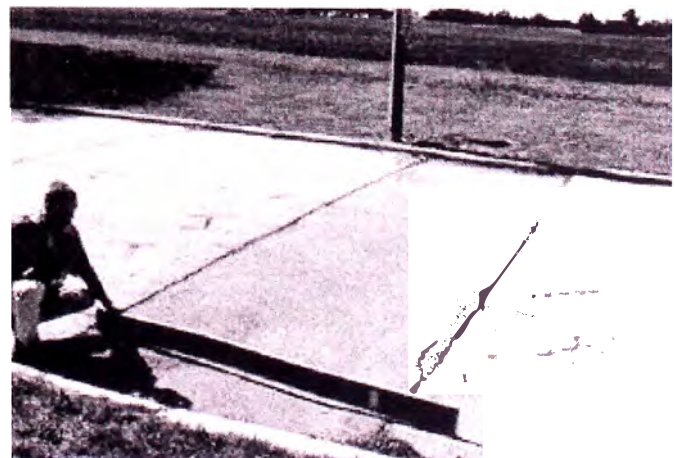


Foto. N°29 Baches y zanjas reparadas severidad alta.



12 Agregado Pulidos.

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

Niveles de severidad:

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

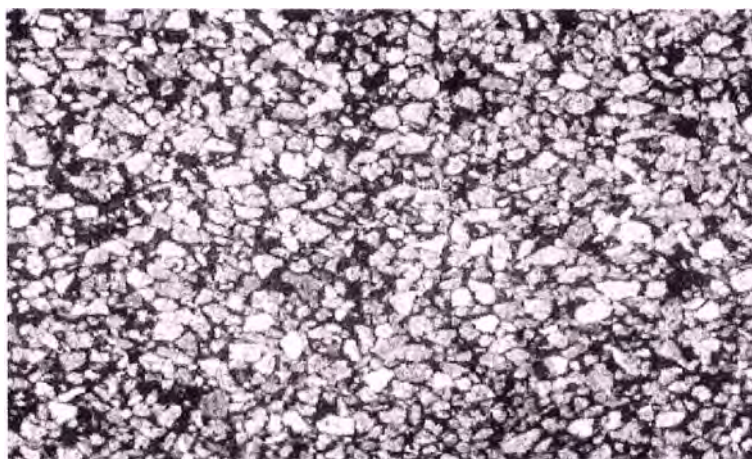
Medida:

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

Opciones de reparación:

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

Foto. N°30 Agregados pulidos



13 Huecos

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

confundirse con desprendimiento o meteorización. Cuando los huecos son producidos por piel de cocodrilo de alta severidad deben registrarse como huecos, no como meteorización.

Niveles de severidad:

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

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

Cuadro N°7 . Niveles de severidad

Si el diámetro del hueco es mayor que 762 mm, debe medirse el área en pies cuadrados (o metros cuadrados) y dividirla entre 5 pies² (0.47 m²) para hallar el número de huecos equivalentes. Si la profundidad es menor o igual que 25.0 mm, los huecos se consideran como de severidad media. Si la profundidad es mayor que 25.0 mm la severidad se considera como alta.

Medida:

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

Opciones de reparación:

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

M: Parcheo parcial o profundo.

H: Parcheo profundo.

Foto. N°31 Hueco de severidad baja y severidad media

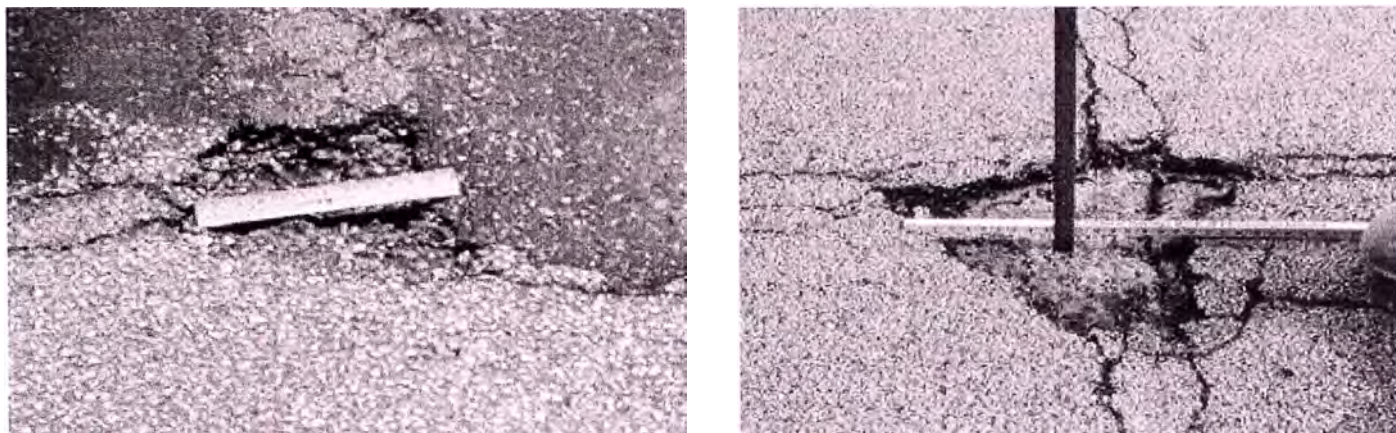


Foto. N°32 Hueco de severidad alta



14 Acceso y salidas a puentes, rejilla de drenaje, líneas férreas.

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

Niveles de severidad:

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

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

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

Medida:

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

Opciones de reparación:

L: No se hace nada.

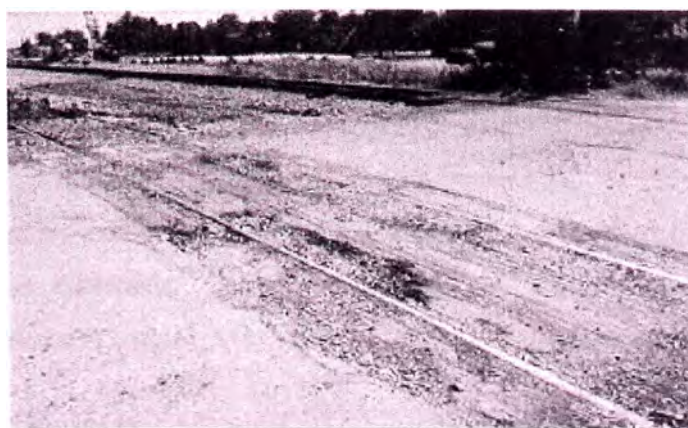
M: Parcheo superficial o parcial de la aproximación. Reconstrucción del cruce.

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

Foto. N°33 Acceso y salidas a líneas férreas severidad baja y severidad media



Foto. N°34 Acceso y salidas a líneas férreas severidad alta



15 Ahuellamiento.

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

Niveles de severidad: Profundidad media del ahuellamiento:

L: 6.0 a 13.0 mm.

M: >13.0 mm a 25.0 mm.

H: > 25.0 mm.

Medida:

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

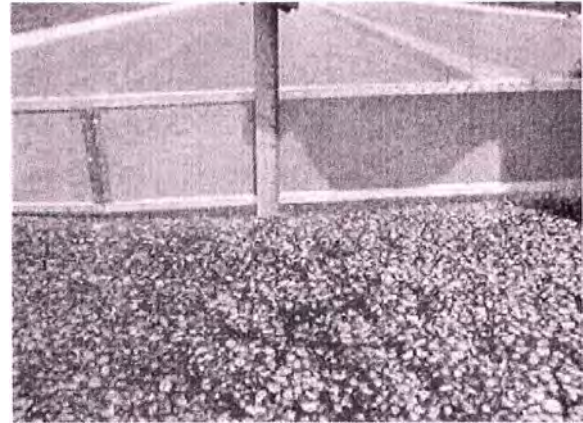
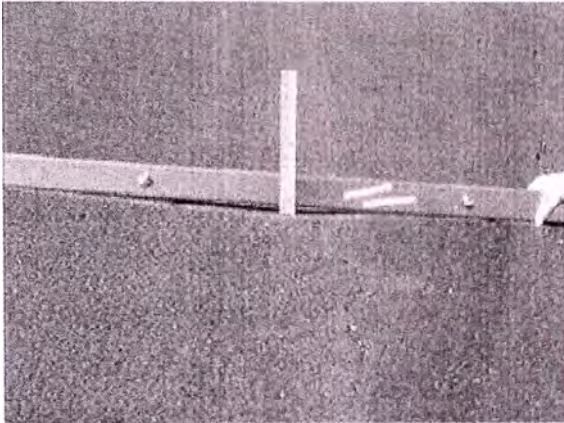
Opciones de reparación:

L: No se hace nada. Fresado y sobrecarpeta.

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

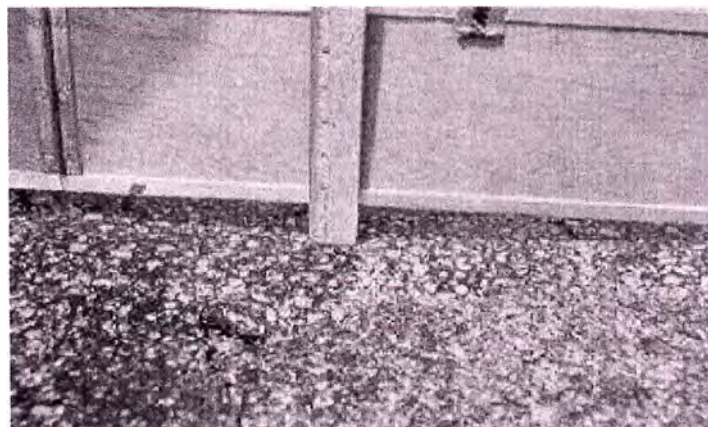
H: Parcheo superficial, parcial o profundo. Fresado y sobrecarpeta.

Foto. N°35 Ahuellamiento severidad baja y severidad media



Fot
o

N°36 Ahuellamiento severidad alta



16 Deformación por empuje

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

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

Niveles de severidad:

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

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

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

Medida:

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

Opciones de reparación:

L: No se hace nada. Fresado.

M: Fresado. Parcheo parcial o profundo.

H: Fresado. Parcheo parcial o profundo.

Foto. N°37 Deformación por empuje severidad baja y severidad media

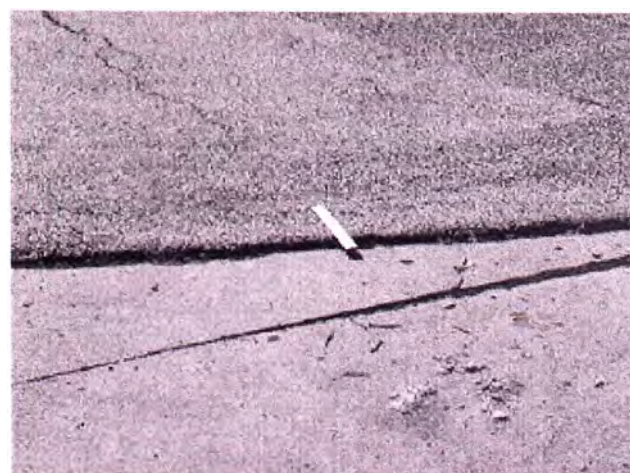
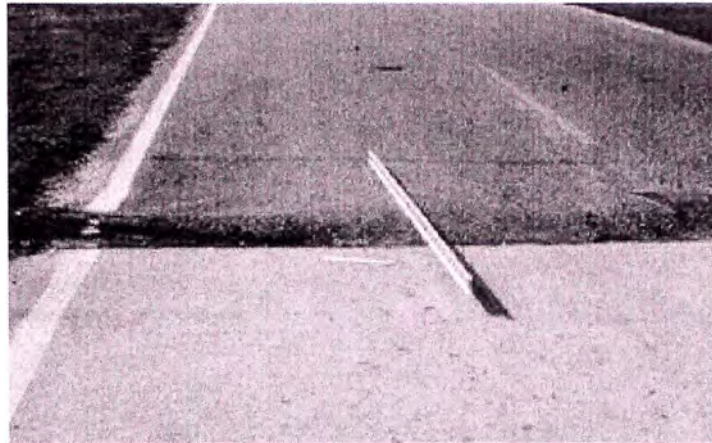


Foto N° 38 Deformación por empuje severidad alta



17 Grietas de deslizamientos

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

Nivel de severidad:

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

M: Existe una de las siguientes condiciones:

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

H: Existe una de las siguientes condiciones:

1. Ancho promedio de la grieta mayor que 38.0 mm.

2. El área alrededor de la grieta está fracturada en pedazos fácilmente removibles.

Medida:

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

Opciones de reparación:

L: No se hace nada. Parcheo parcial.

M: Parcheo parcial.

H: Parcheo parcial.

Foto. N°39 Grietas de deslizamientos severidad baja y severidad media

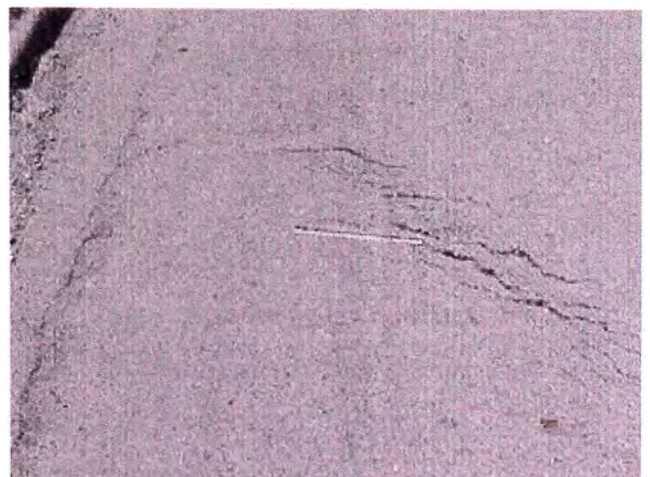
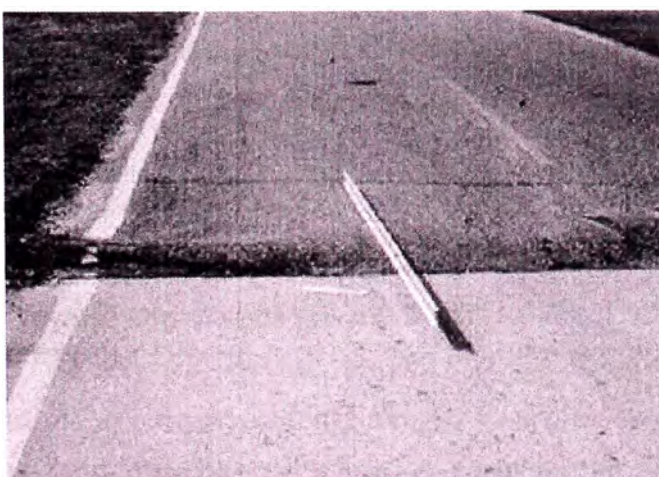
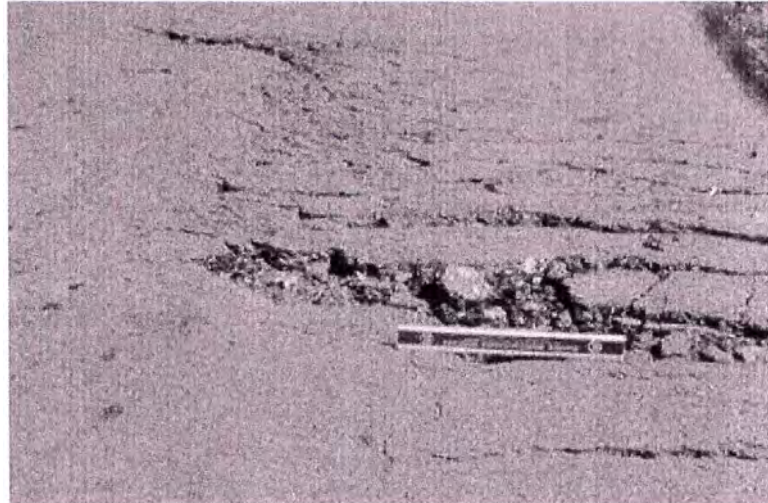


Foto. N°40 Grietas de deslizamientos severidad alta



18 Hinchamiento.

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

Nivel de severidad:

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

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

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

Medida:

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

Opciones de reparación:

L: No se hace nada.

M: No se hace nada. Reconstrucción.

H: Reconstrucción.

Foto. N°41 falla por hinchamiento



19 Disgregación y desintegración

Descripción: La meteorización y el desprendimiento son la pérdida de la superficie del pavimento debida a la pérdida del ligante asfáltico y de las partículas sueltas de agregado. Este daño indica que, o bien el ligante asfáltico se ha endurecido de forma apreciable, o que la mezcla presente es de pobre calidad.

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

Niveles de severidad:

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

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

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

Medida:

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

Opciones de reparación:

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

M: Sello superficial. Tratamiento superficial. Sobrecarpeta.

H: Tratamiento superficial. Sobrecarpeta. Reciclaje. Reconstrucción.

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

Foto N°42 Disgregación y desintegración severidad baja y severidad media

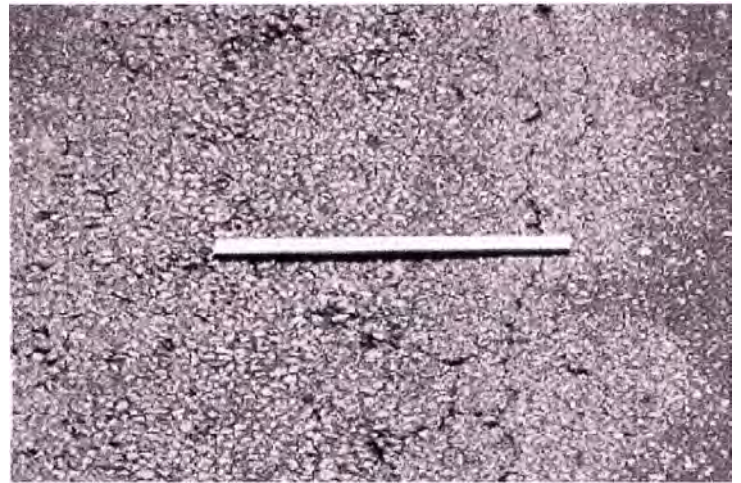


Foto N°43 Disgregación y desintegración severidad alta



ANEXO 02

**CURVAS PARA LOS VALORES DE
DEDUCCIÓN**

ASTM D 6433-2007

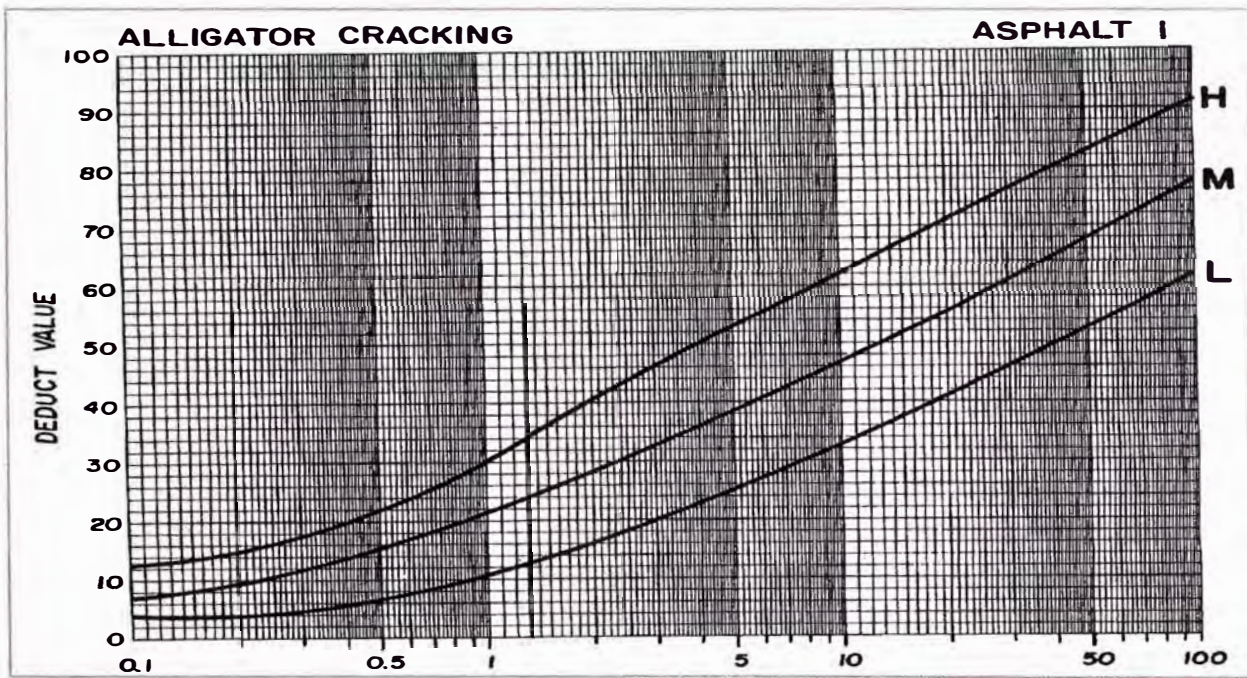


Figura C1: Piel de Cocodrilo
Fuente: Manual PCI, Norma ASTM D 6433-2007

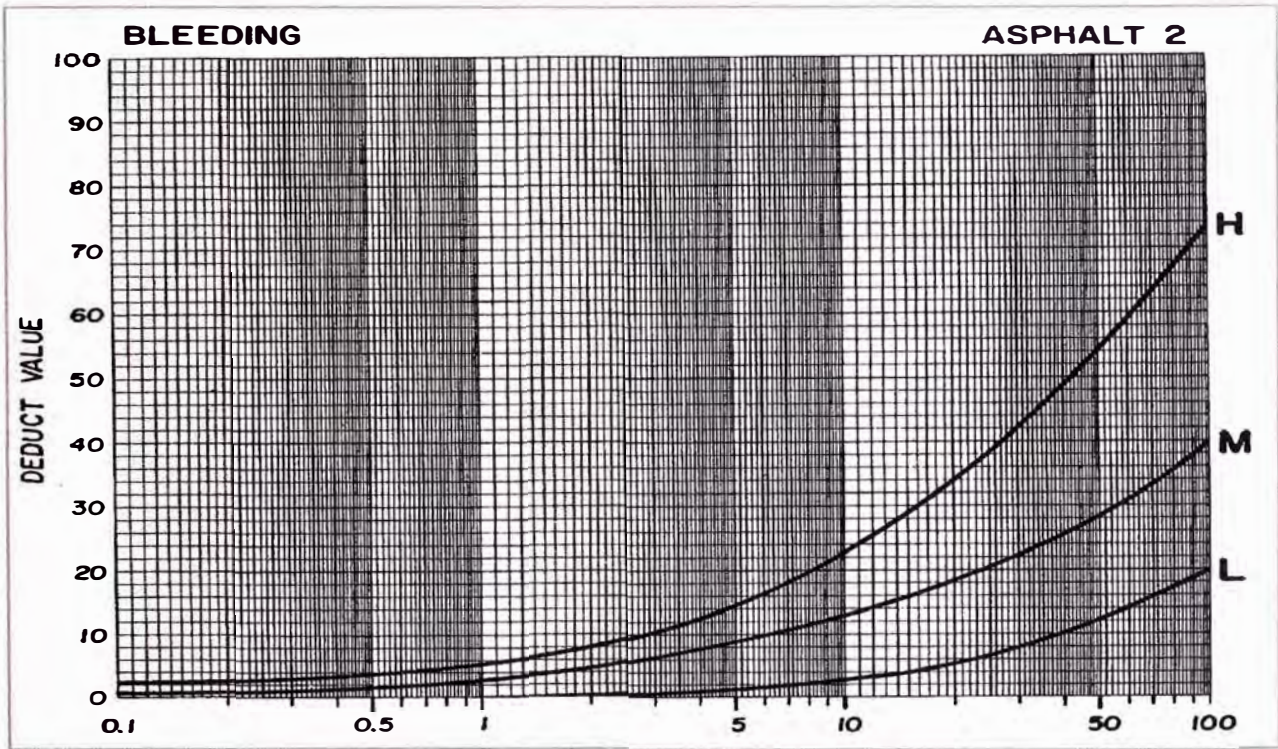


Figura C2: Exudación de asfalto
 Fuente: Manual PCI, Norma ASTM D 6433-2007

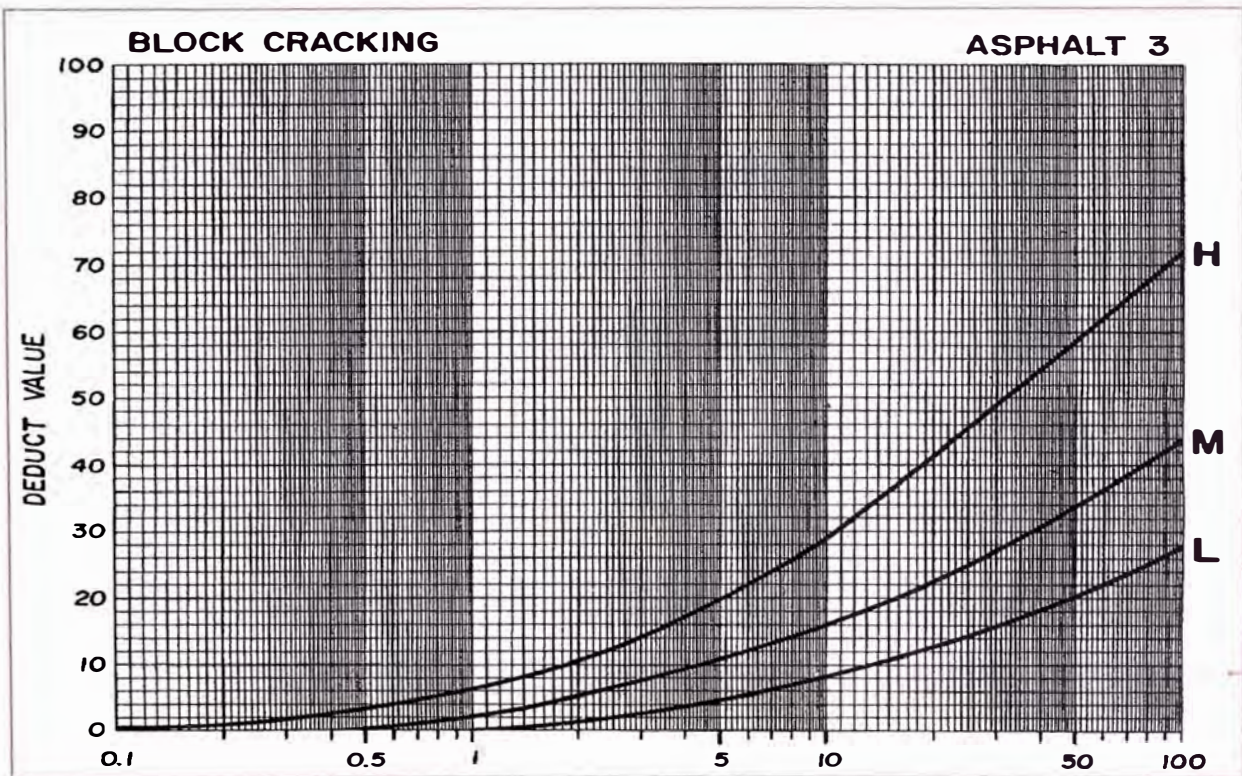


Figura C3: Grietas de contracción (en bloque)
 Fuente: Manual PCI, Norma ASTM D 6433-2007

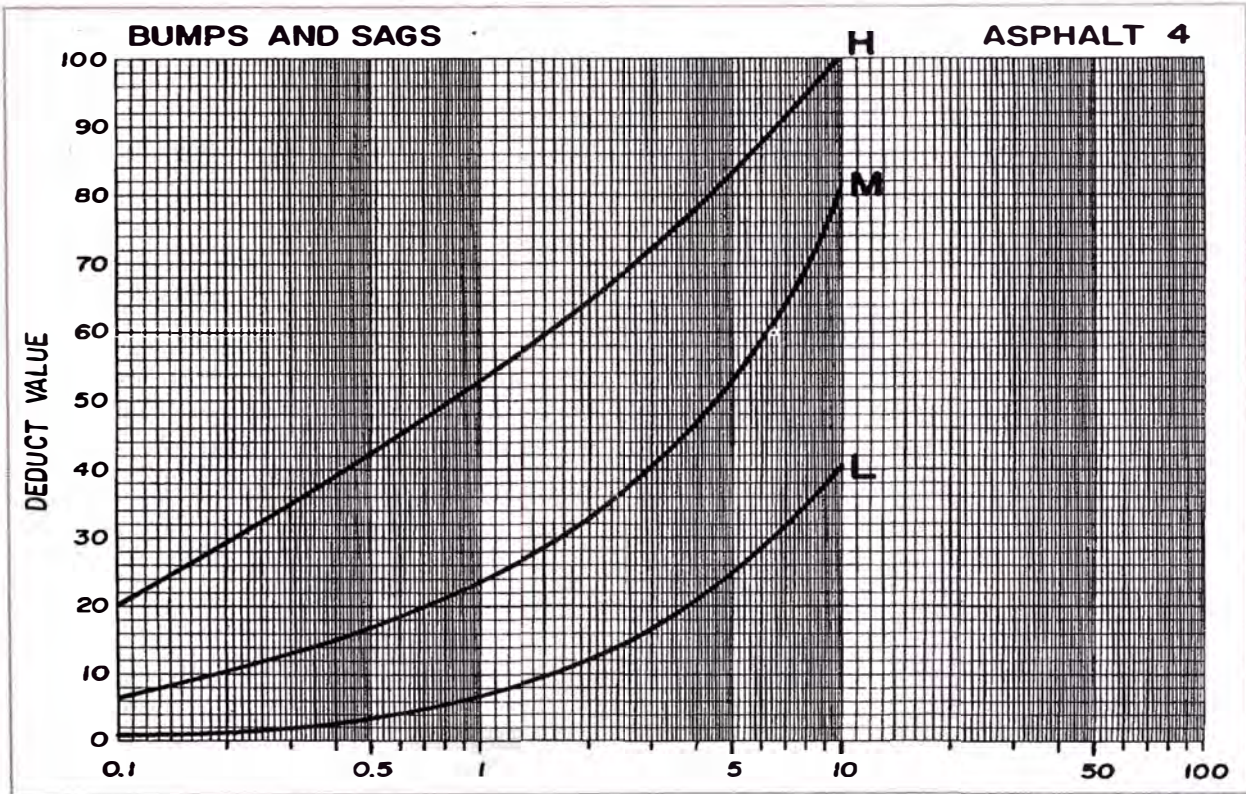
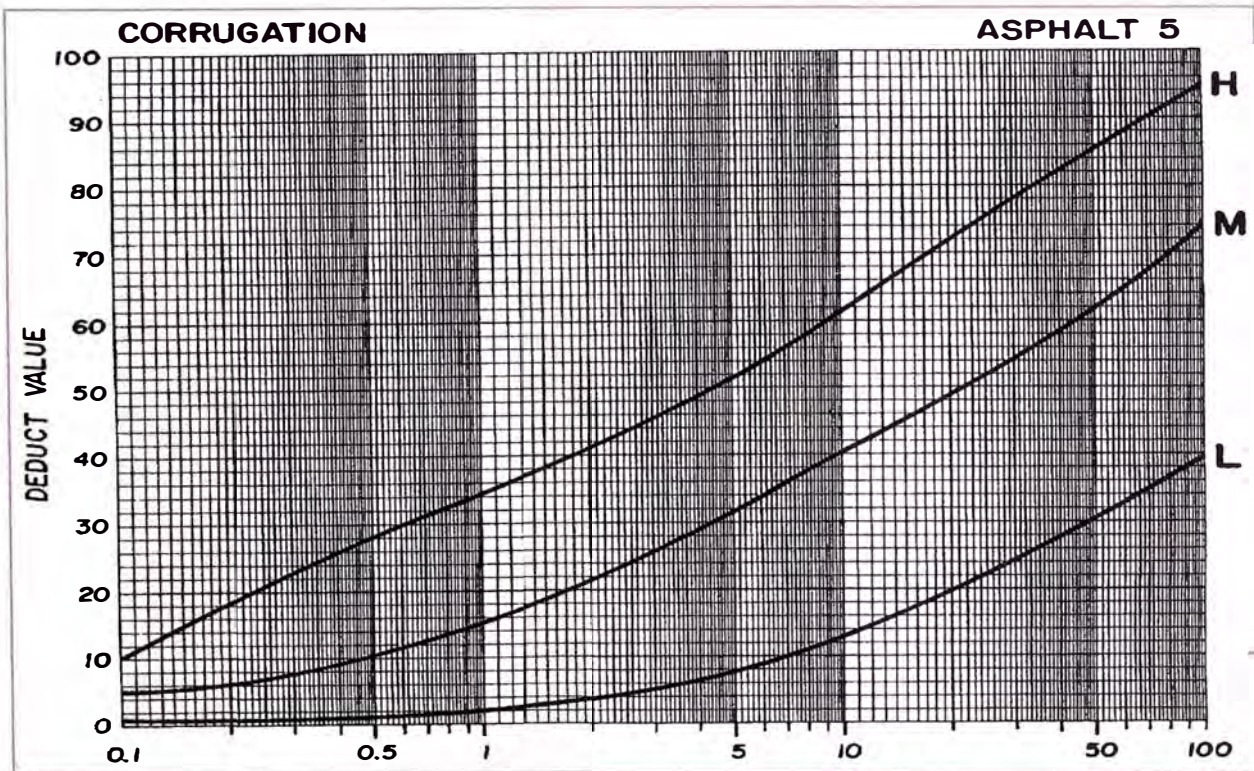


Figura C4: Elevaciones y hundimientos



Fuente: Manual PCI, Norma ASTM D 6433-2007

Figura C5: Corrugaciones (Encalaminado)

Fuente: Manual PCI, Norma ASTM D 6433-2007

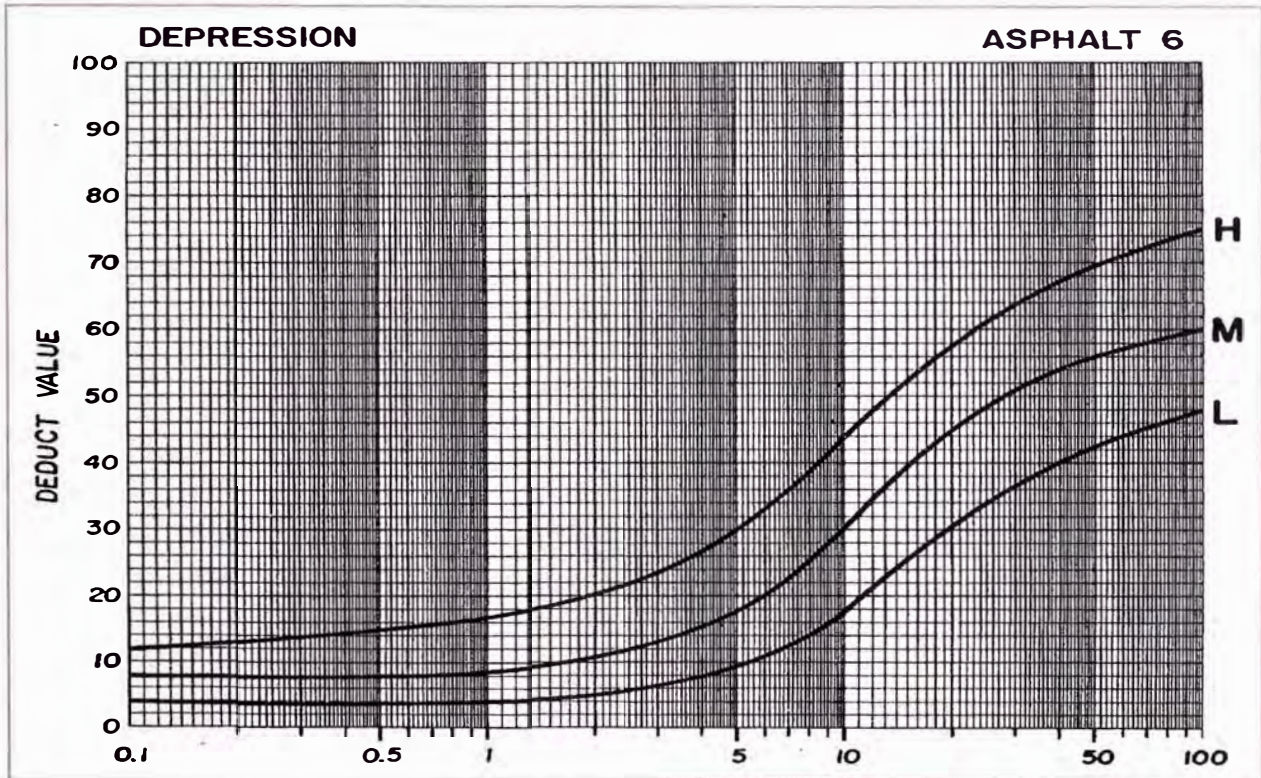


Figura C6: Depresiones

Fuente: Manual PCI, Norma ASTM D 6433-2007

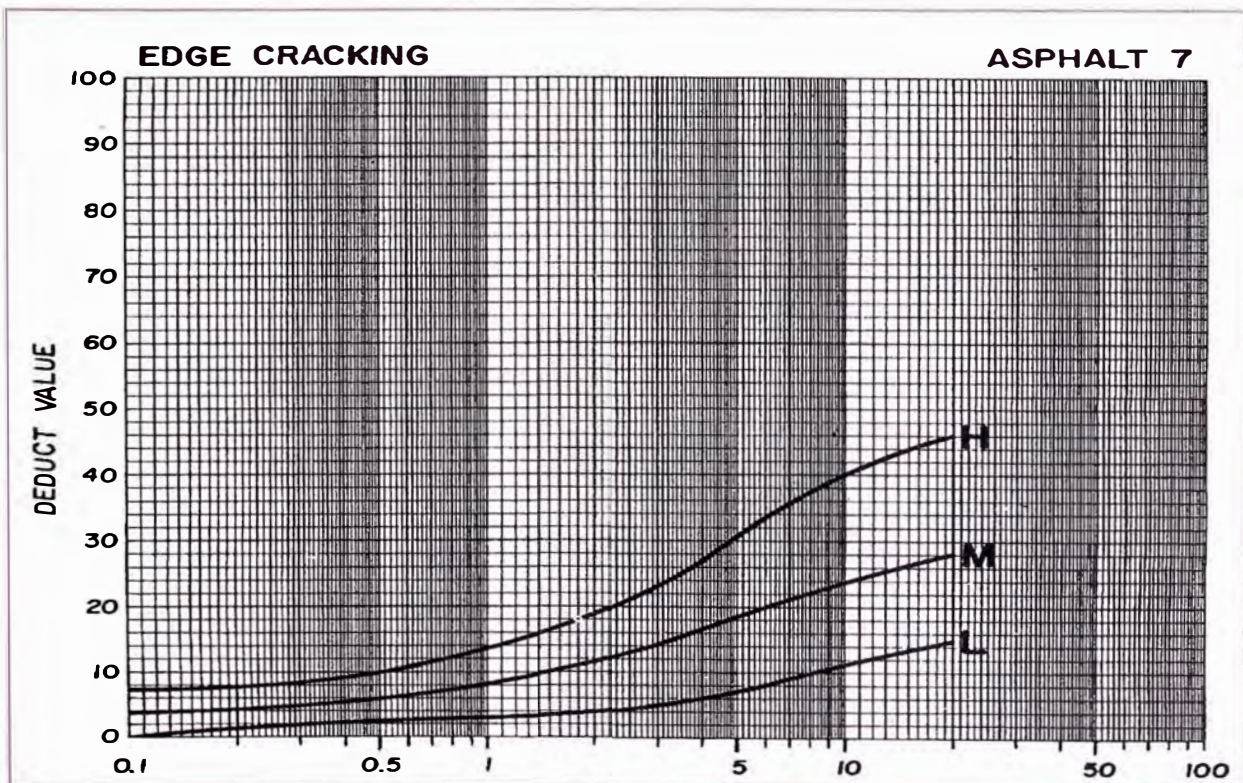


Figura C7: Grieta de borde

Fuente: Manual PCI, Norma ASTM D 6433-2007

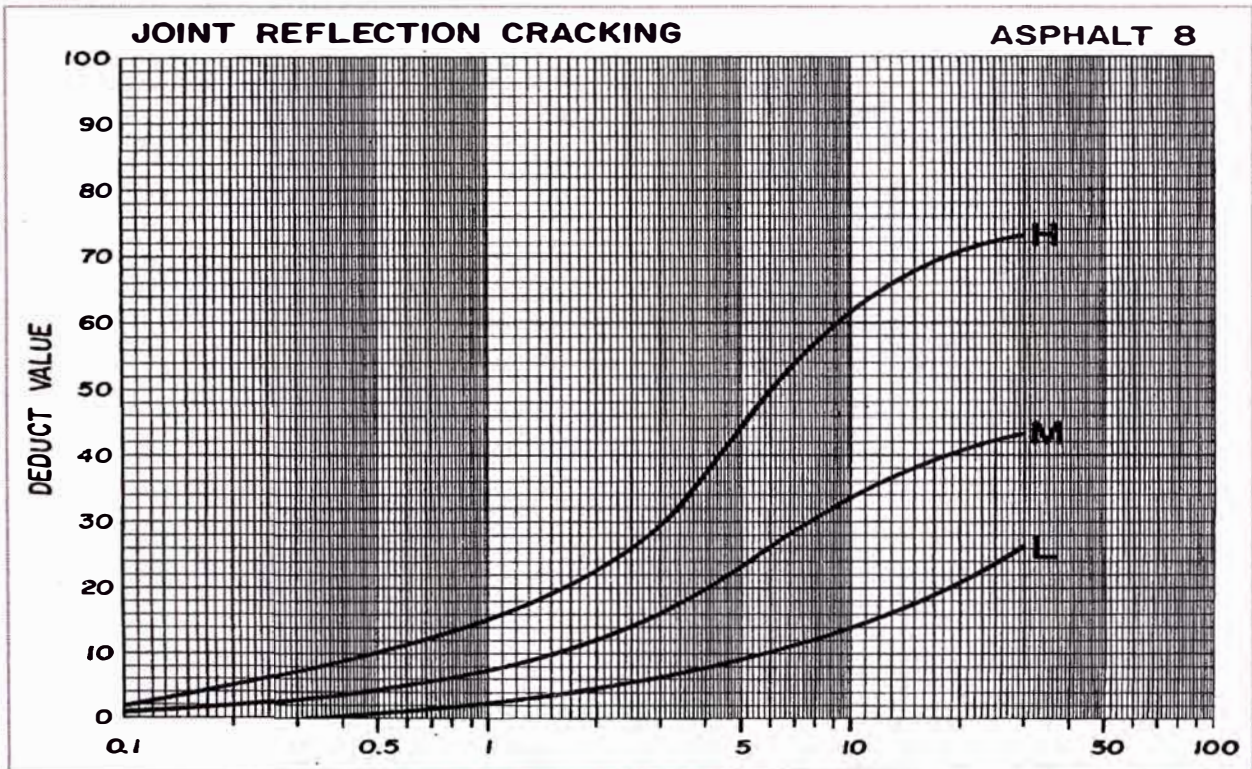


Figura C8: Grietas de reflexión de juntas

Fuente: Manual PCI, Norma ASTM D 6433-2007

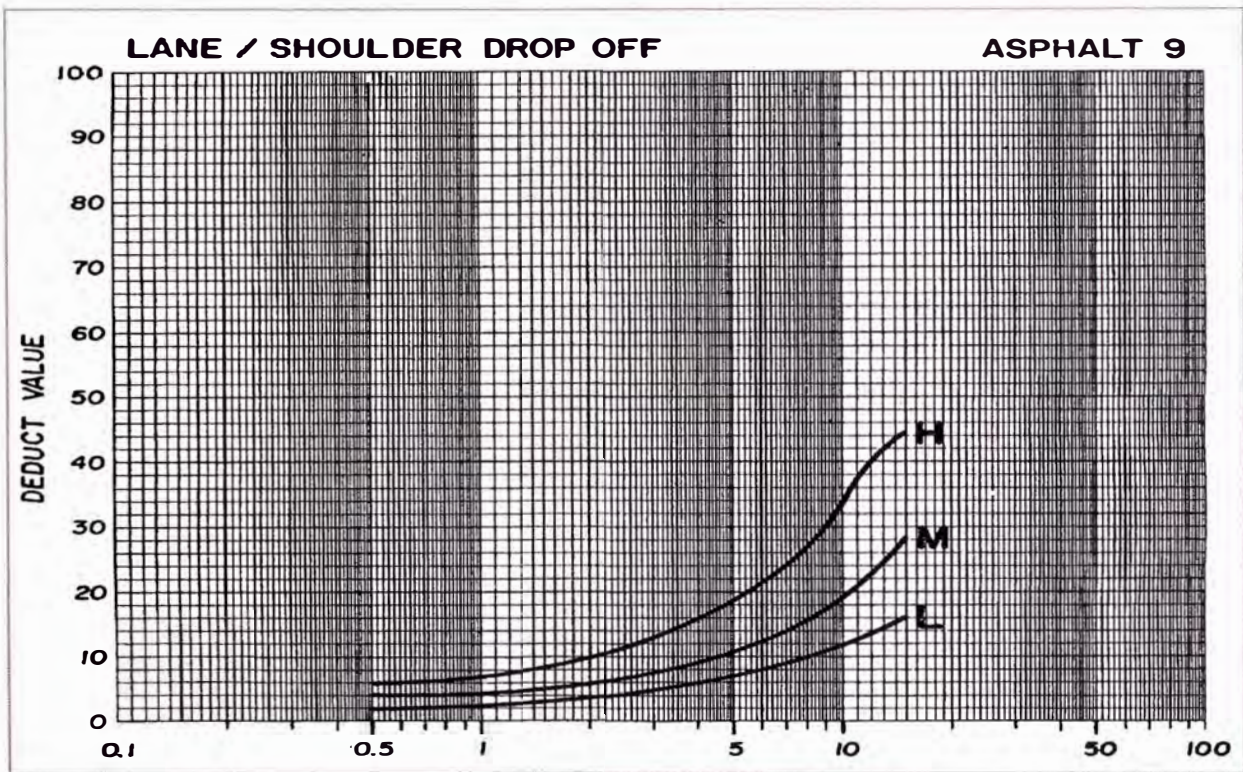


Figura C9: Desnivel calzada-Hombrillo
 Fuente: Manual PCI, Norma ASTM D 6433-2007

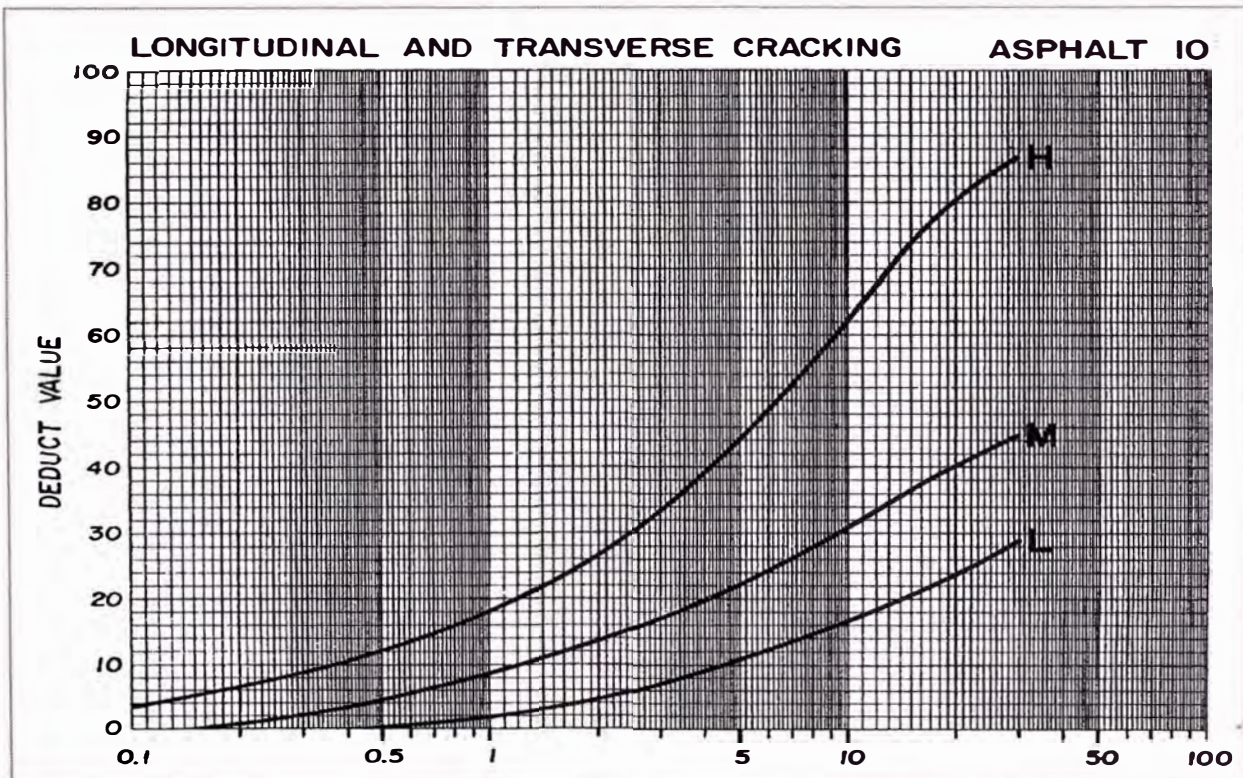


Figura C10: Grieta longitudinales y transversales
 Fuente: Manual PCI, Norma ASTM D 6433-2007

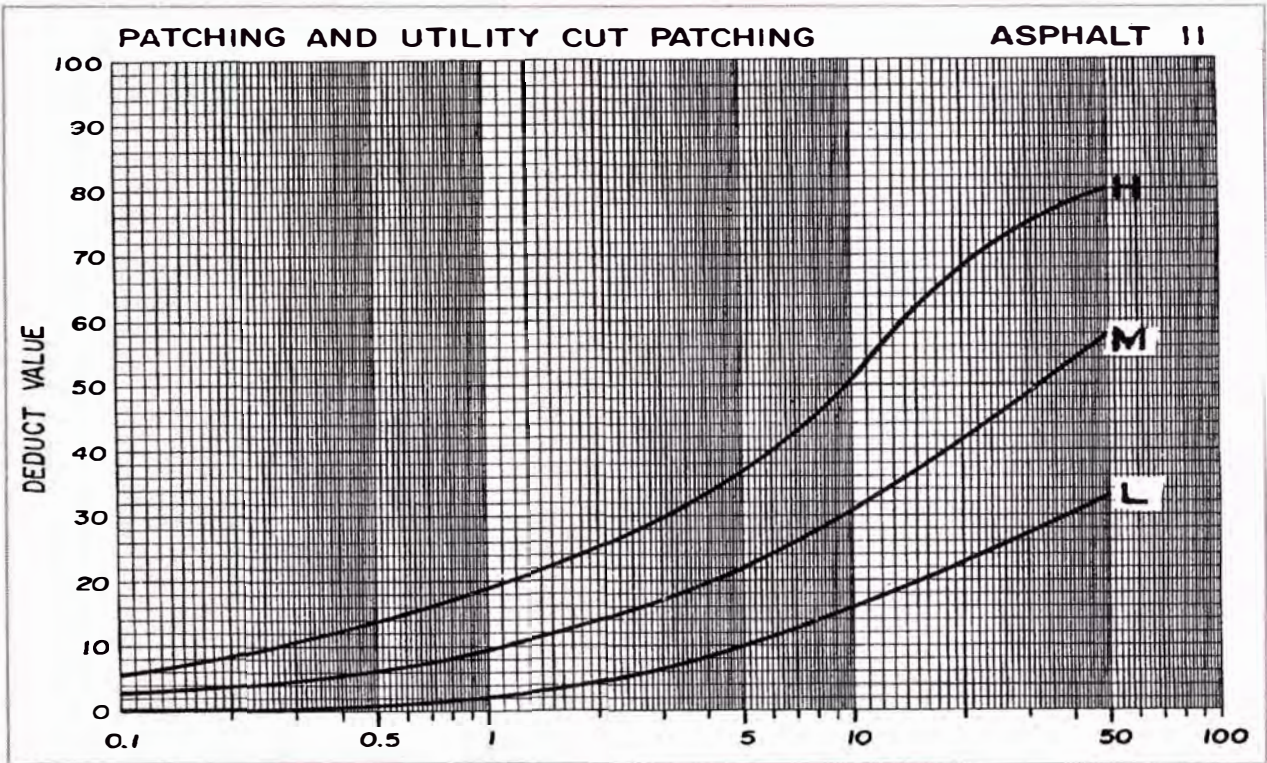


Figura C11: Baches y zanjas reparadas
 Fuente: Manual PCI, Norma ASTM D 6433-2007

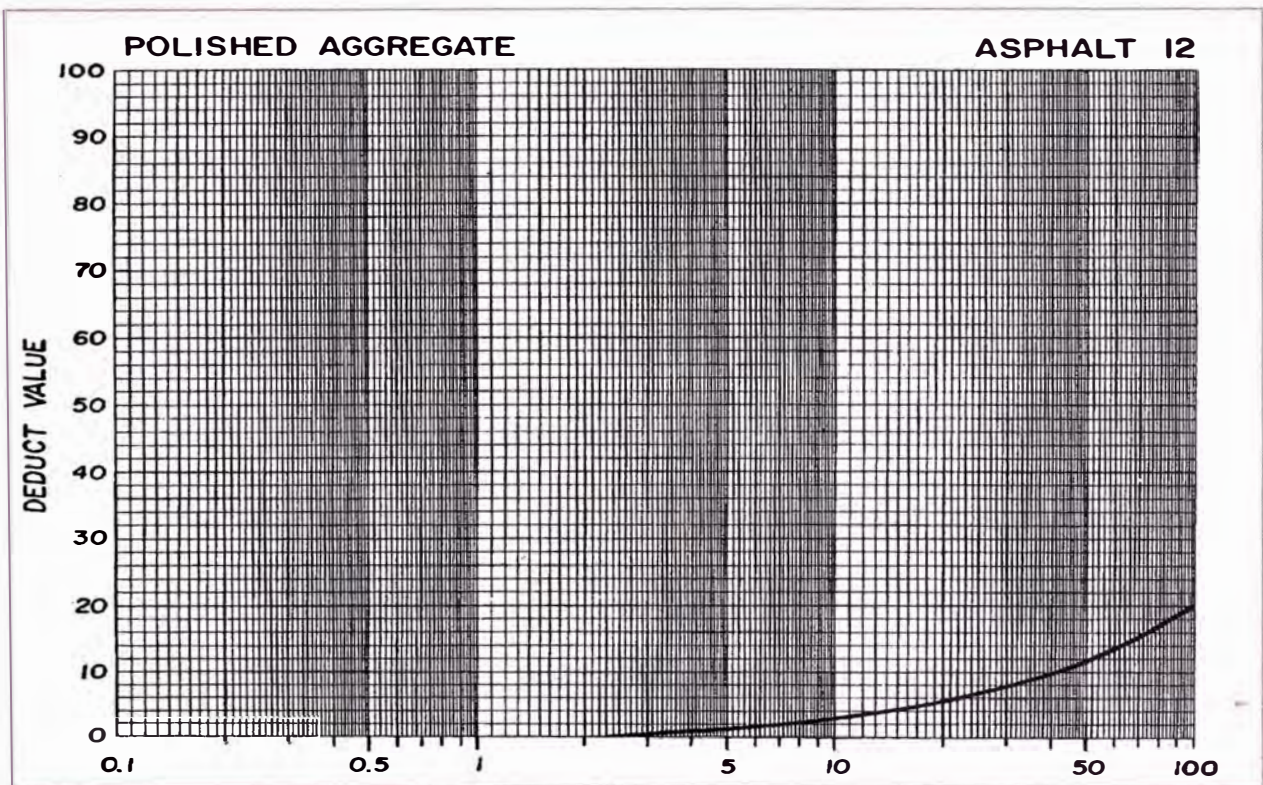


Figura C12: Agregados Pulidos
 Fuente: Manual PCI, Norma ASTM D 6433-2007

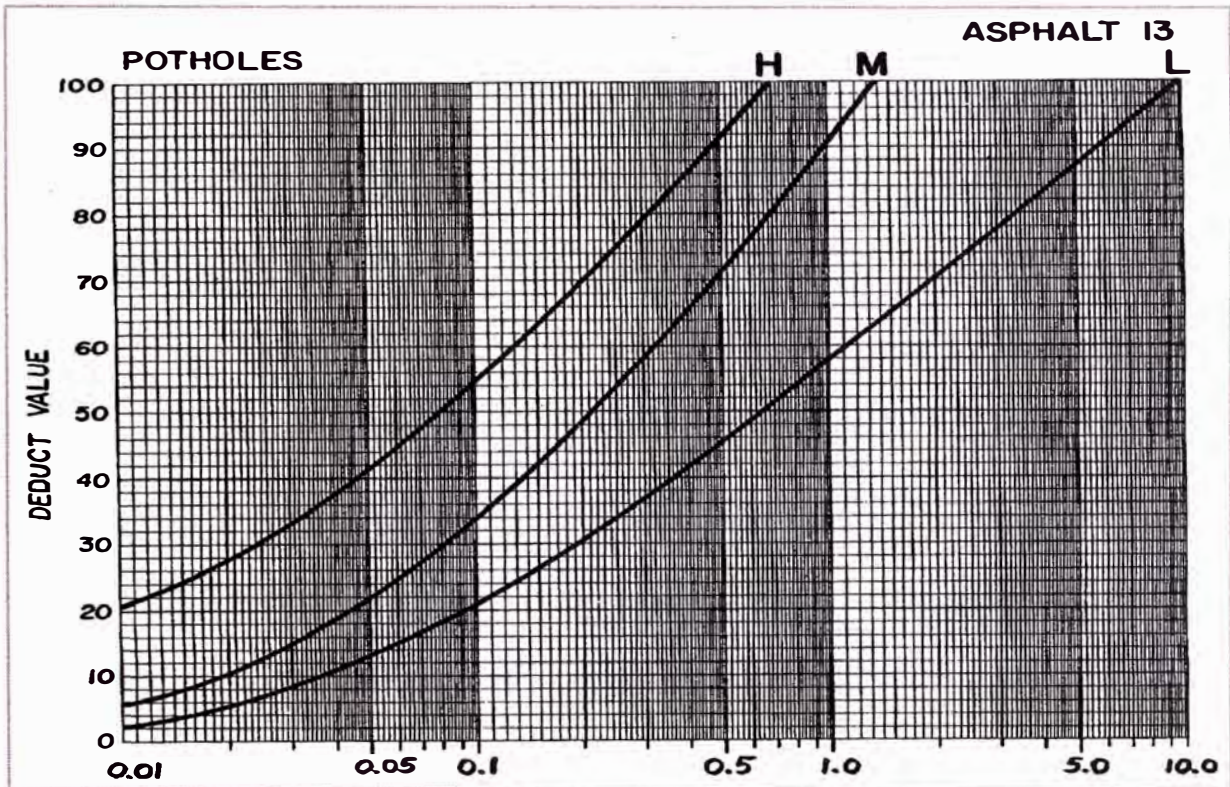


Figura C13: Huecos

Fuente: Manual PCI, Norma ASTM D 6433-2007

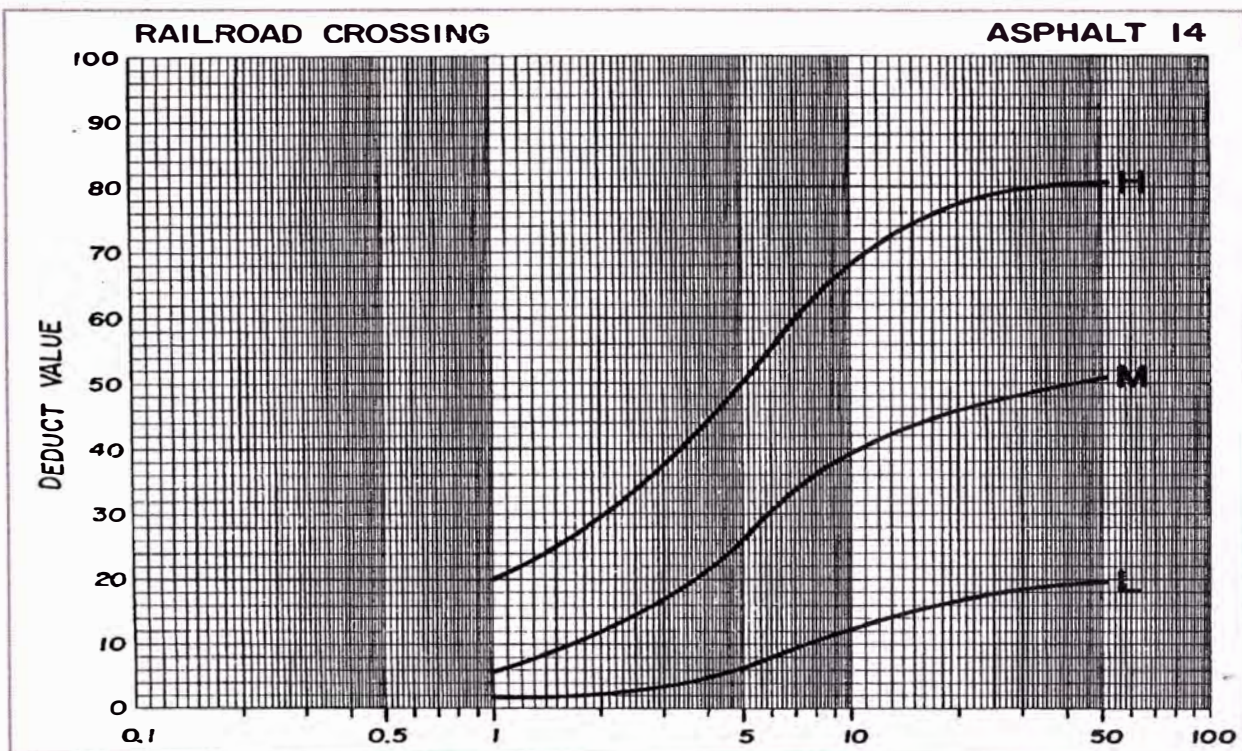


Figura C14: Acceso y salida a puentes, rejilla de drenaje, líneas férreas

Fuente: Manual PCI, Norma ASTM D 6433-2007

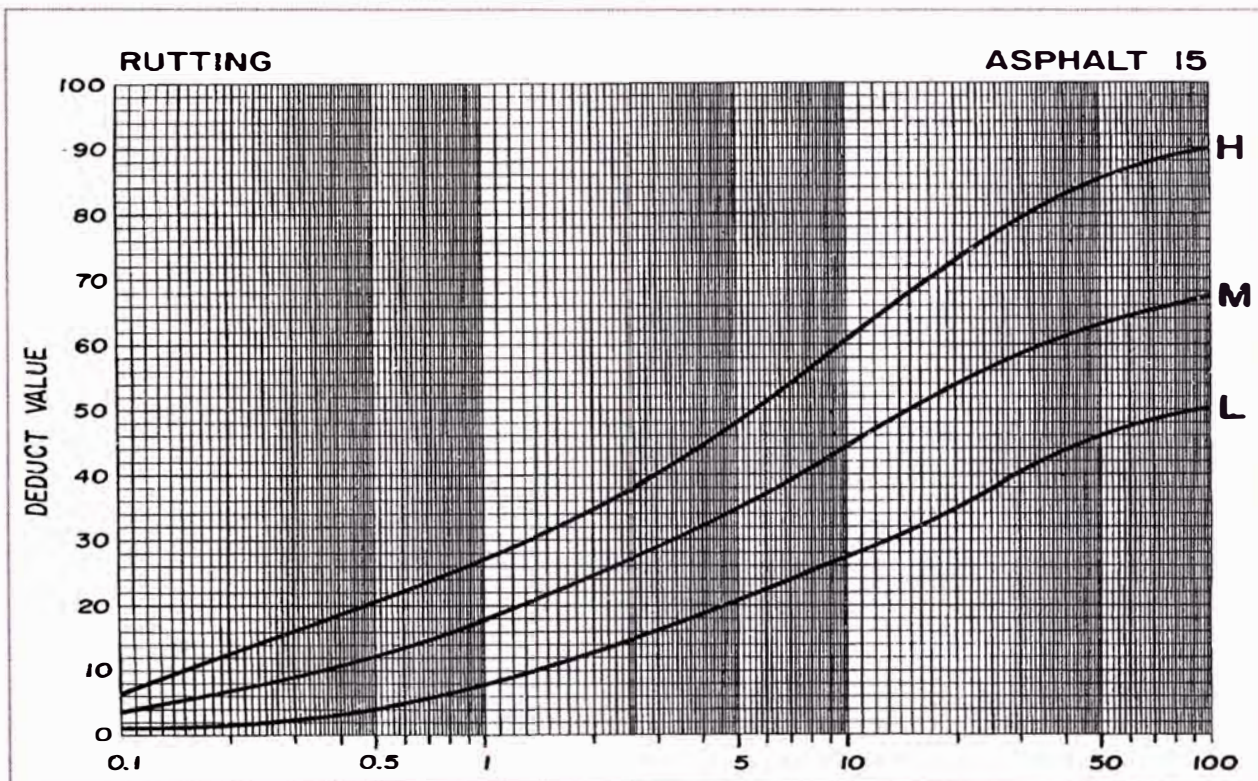


Figura C15: Ahuellamientos

Fuente: Manual PCI, Norma ASTM D 6433-2007

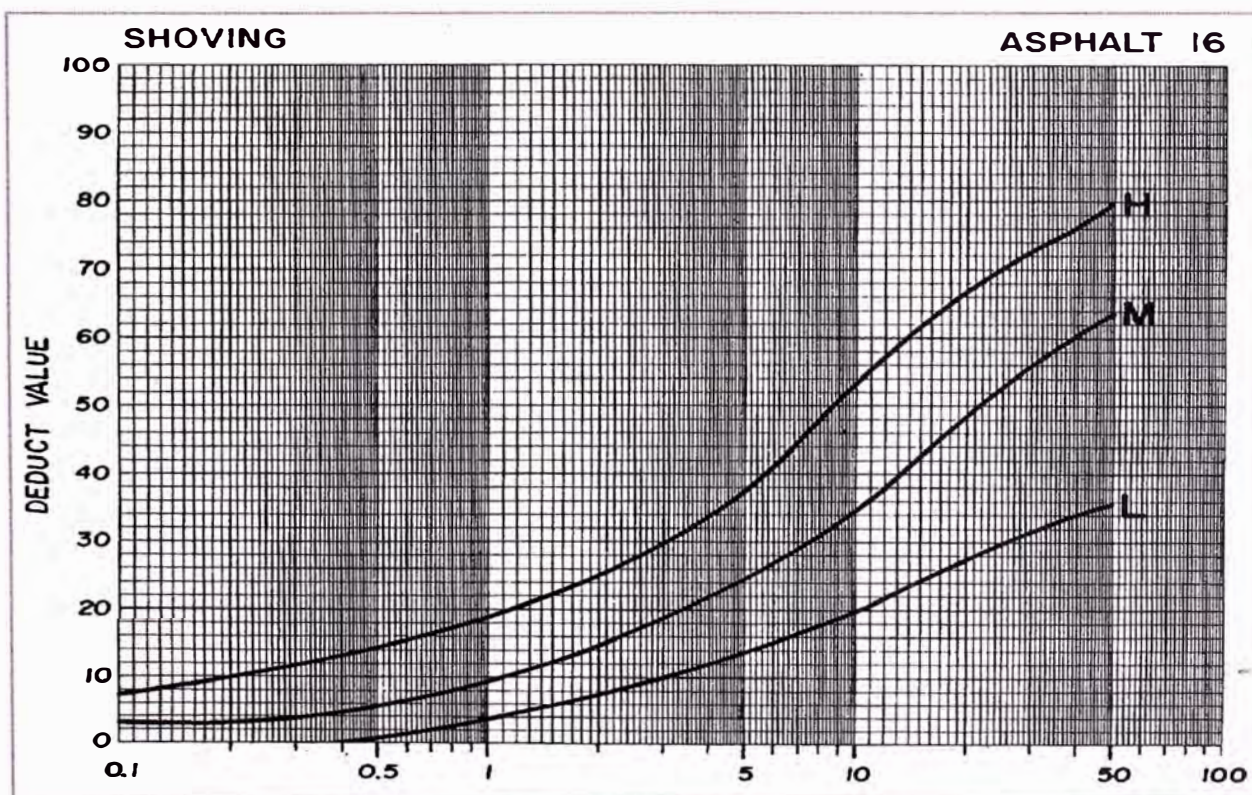


Figura C16: Deformación por empuje

Fuente: Manual PCI, Norma ASTM D 6433-2007

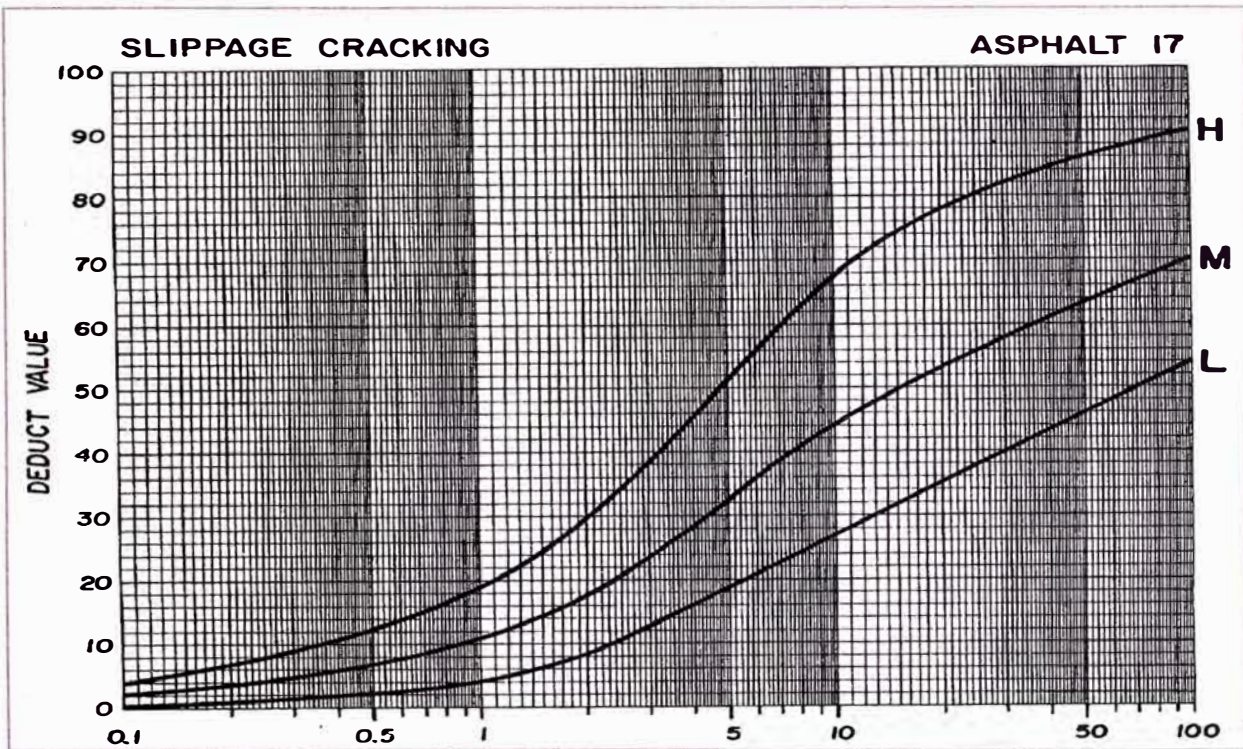


Figura C17: Grietas de deslizamientos
Fuente: Manual PCI, Norma ASTM D 6433-2007

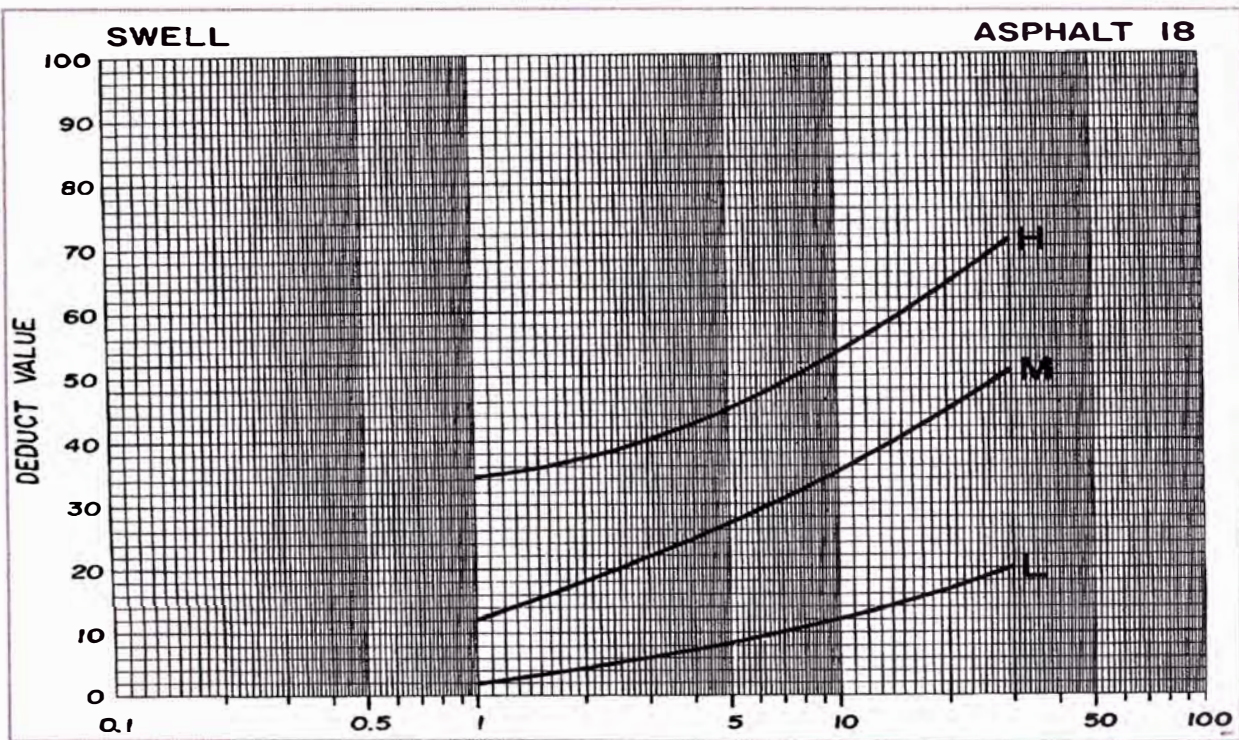


Figura C18: Hinchamiento
Fuente: Manual PCI, Norma ASTM D 6433-2007

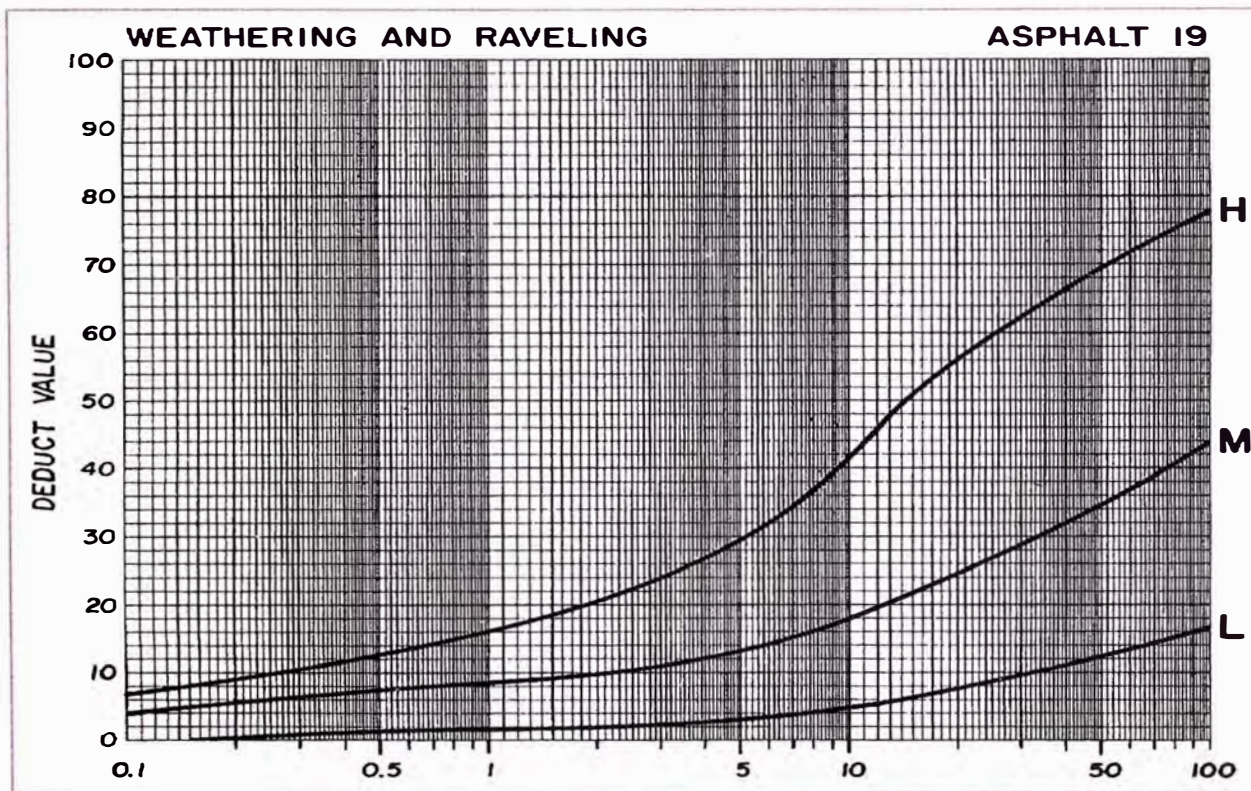


Figura C19: Disgregación y desintegración
 Fuente: Manual PCI, Norma ASTM D 6433-2007

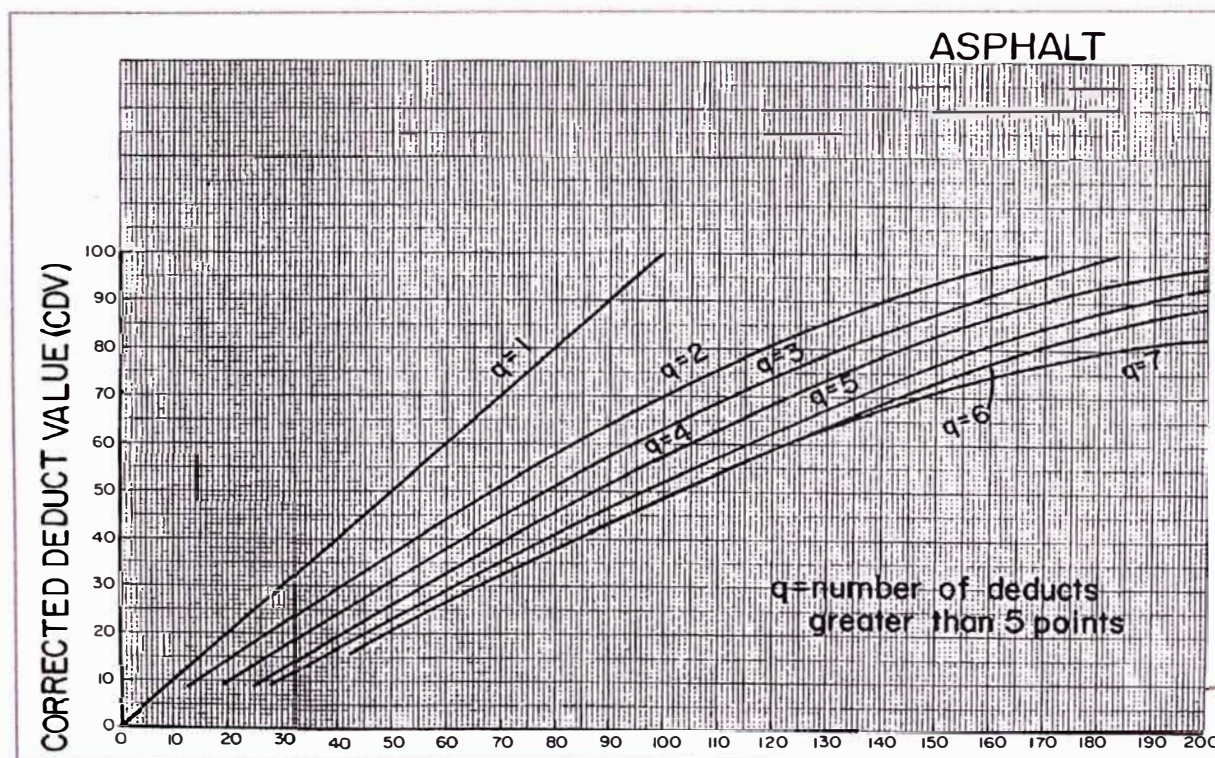


Figura C20: Valores de Deducción Total
 Fuente: Manual PCI, Norma ASTM D 6433-2007