

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



**EVALUACIÓN SUPERFICIAL DE LA CARRETERA CAÑETE -
YAUYOS - CHUPACA CON EL MÉTODO DEL PCI TRAMO
KM. 94+000 - KM. 99+000**

INFORME DE SUFICIENCIA

Para optar el Título Profesional de:

INGENIERO CIVIL

CLARA ROSA ATALAYA AÑAPE

Lima - Perú

2009

INDICE

RESUMEN	4
LISTA DE CUADROS	5
LISTA DE FIGURAS	6
LISTA DE FOTOS.....	7
LISTA DE SÍMBOLOS	8
INTRODUCCIÓN.....	9
CAPÍTULO I: GENERALIDADES	11
1.1 Antecedentes.....	11
1.2 Descripción del Proyecto.....	13
1.3 Ubicación	14
1.3.1 Límites	14
1.3.2 Zona y Poblaciones Afectadas	16
1.4 Clima y Geografía.....	18
1.4.1 Clima.....	18
1.4.2 Geografía.....	19
1.5 Tramo Evaluado Km. 94+000 – Km. 99+000.....	20
1.5.1 Ubicación	20
1.5.2 Estudio de Suelos	20
1.5.3 Clima.....	21
CAPITULO II: ESTADO DEL ARTE DEL MÉTODO P.C.I.	22
2.1 Antecedentes y Evolución del PCI.....	22
2.2 Aplicación del Método en el Perú.....	23
CAPITULO III: FUNDAMENTO TEORICO.....	24
3.1 Marco Teórico.....	24
3.2 Características del Método	24
3.3 Conceptualización del Método	25

3.4 Rangos de Calificación del P.C.I.	25
3.5 Intensidad de Fallas en el Pavimento	27
3.6 Tipos de Fallas en el Pavimento	28
3.6.1 Grieta Piel de Cocodrilo	29
3.6.2 Exudación de Asfalto	30
3.6.3 Grietas de Contracción (en bloque).....	31
3.6.4 Elevaciones y Hundimientos	33
3.6.5 Corrugaciones.....	34
3.6.6 Depresiones.....	35
3.6.7 Grieta de Borde.....	36
3.6.8 Grietas de Reflexión de Juntas	37
3.6.9 Desnivel Calzada - Hombrillo	38
3.6.10 Grietas Longitudinales y Transversales.....	39
3.6.11 Baches y Zanjias Reparadas	41
3.6.12 Agregado Pulidos	42
3.6.13 Huecos.....	43
3.6.14 Acceso y Salidas a Puentes, Rejilla de Drenaje, Líneas Férreas.	44
3.6.15 Ahuellamiento.	45
3.6.16 Deformación por Empuje.....	46
3.6.17 Grietas de Deslizamientos	47
3.6.18 Hinchamiento	49
3.6.19 Disgregación y Desintegración.....	50
3.7 Proceso Para el cálculo del PCI	51
3.8 Procedimiento de Evaluación	51
CAPÍTULO IV.- APLICACIÓN DEL MÉTODO DEL PCI	56
4.1 Inspección de la Carretera	56
4.2 Metrado de Fallas	56
4.3 Procesamiento de Datos y Cálculo del PCI	65
CAPÍTULO V.- ANÁLISIS DE RESULTADOS	70
CONCLUSIONES	72
RECOMENDACIONES	73

BIBLIOGRAFÍA.....	74
ANEXOS ABACOS.....	75

RESUMEN

Debido al deterioro prematuro del tramo de carretera evaluado, se pueden determinar las posibles causas de éste y a su vez plantear soluciones basándose en los resultados obtenidos de procesar los datos de campo utilizando el método del PCI, el cual nos da un diagnóstico del nivel de deterioro de la vía y/o, de los probables agentes causantes del deterioro, lo que nos permite cuantificar los daños ocasionados, y plantear probables soluciones de mantenimiento y/o rehabilitación, estableciendo prioridades de acuerdo a la severidad de las fallas encontradas.

Los valores de PCI obtenidos para cada subtramo del tramo de carretera evaluado fluctúan entre 62.9 que es una condición de pavimento buena y un PCI de 94.0 que nos da una condición de pavimento excelente. Una vez obtenidos los valores del PCI de cada subtramo se determina las acciones de intervención en el pavimento; para valores de PCI mayores a 70 se deberá realizar un mantenimiento y para valores de PCI mayores a 30 y menores a 70 se deberá realizar una rehabilitación.

Con los valores de PCI obtenidos de los subtramos, y teniendo el área de incidencia de cada uno de los subtramos se obtiene un PCI del tramo de carretera evaluado el cual nos da un PCI del tramo de 74.6 que nos da una condición del tramo evaluado muy buena.

LISTA DE CUADROS

			Página
CUADRO N°	1. 01	DATOS GENERALES DE LA CARRETERA	12
CUADRO N°	1. 02	DATOS GENERALES DE LA CARRETERA	14
CUADRO N°	1. 03	LONGITUD DE SUB TRAMOS DE CARRETERA	15
CUADRO N°	1. 04	UBICACIÓN DE LA CARRETERA	15
CUADRO N°	1. 05	POBLACION ACTUAL	16
CUADRO N°	1. 06	TEMPERATURAS Y PRECIPITACIONES PROMEDIO	18
CUADRO N°	3. 01	RANGOS DE CALIFICACIÓN DEL P.C.I.	26
CUADRO N°	3. 02	CUADRO DE ESTADO DEL PAVIMENTO	27
CUADRO N°	3. 03	CATÁLOGO DE FALLAS DEL MÉTODO DEL P.C.I.	28
CUADRO N°	3. 04	NIVELES DE SEVERIDAD DE LA FALLA 13	44
CUADRO N°	4. 01	FORMATO DE METRADO DE FALLAS KM 94+000 – KM. 95+000	57
CUADRO N°	4. 02	FORMATO DE METRADO DE FALLAS KM 95+000 – KM. 96+000	59
CUADRO N°	4. 03	FORMATO DE METRADO DE FALLAS KM 96+000 – KM. 97+000	60
CUADRO N°	4. 04	FORMATO DE METRADO DE FALLAS KM 97+000 – KM. 98+000	62
CUADRO N°	4. 05	FORMATO DE METRADO DE FALLAS KM 98+000 – KM. 99+000	64
CUADRO N°	4. 06	CUADRO DE METRADO DE FALLAS	66
CUADRO N°	4. 07	CUADRO DE RESULTADOS DE DENSIDAD DE FALLA	67
CUADRO N°	4. 08	CUADRO DE RESULTADOS DE VD,VDT,VDC Y PCI DE CADA TRAMO	68
CUADRO N°	4. 09	CUADRO DE RESULTADOS PCI DEL TRAMO DE CARRETERA	69
CUADRO N°	5. 01	SOLUCIONES DE INTERVENCION	70
CUADRO N°	5. 02	OPCIONES DE REPARACIÓN PARA CADA TIPO DE FALLA	71

LISTA DE FIGURAS

			Página
FIGURAS Nº	1. 01	MAPA DE CARRETERA CAÑETE- LUNAHUANA – YAUYOS – CHUPACA	11
FIGURAS Nº	1. 02	MAPA DE CARRETERA CAÑETE- LUNAHUANA – YAUYOS – CHUPACA	17
FIGURAS Nº	1. 03	SECCIÓN TÍPICA DE LA SOLUCIÓN APLICADA AL TRAMO EVALUADO	20
FIGURAS Nº	1. 04	PERFIL ESTRATIGRÁFICO	21
FIGURAS Nº	3. 01	CLASIFICACIÓN DEL PCI	26
FIGURAS Nº	3. 02	DIAGRAMA DE FLUJO DEL P.C.I.	55

LISTA DE FOTOS

			Página
FOTO N°	3. 01	GRIETA PIEL DE COCODRILO	30
FOTO N°	3. 02	EXUDACIÓN DE ASFALTO	31
FOTO N°	3. 03	GRIETAS DE CONTRACCIÓN	32
FOTO N°	3. 04	ELEVACIONES Y HUNDIMIENTOS	34
FOTO N°	3. 05	CORRUGACIONES	35
FOTO N°	3. 06	DEPRESIONES	36
FOTO N°	3. 07	GRIETA DE BORDE	37
FOTO N°	3. 08	GRIETA DE REFLEXIÓN DE JUNTAS	38
FOTO N°	3. 09	DESNIVEL CALZADA HOMBRILLO	39
FOTO N°	3. 10	GRIETAS LONGITUDINALES Y TRANSVERSALES	41
FOTO N°	3. 11	BACHES Y ZANJAS REPARADAS	42
FOTO N°	3. 12	AGREGADOS PULIDOS	43
FOTO N°	3. 13	HUECOS	44
FOTO N°	3. 14	ACCESO Y SALIDA A PUENTES Y LINEA FERREA	45
FOTO N°	3. 15	AHUELLAMIENTO	46
FOTO N°	3. 16	DEFORMACIÓN POR EMPUJE	47
FOTO N°	3. 17	GRIETAS DE DESLIZAMIENTO	48
FOTO N°	3. 18	HINCHAMIENTO	49
FOTO N°	3. 19	DISGREGACIÓN Y DESINTEGRACIÓN	51
FOTO N°	4. 01	FALLAS KM.94 - KM95	58
FOTO N°	4. 02	FALLAS KM.95 - KM96	58
FOTO N°	4. 03	FALLAS KM.96 - KM97	61
FOTO N°	4. 04	FALLAS KM.97 - KM98	63
FOTO N°	4. 05	FALLAS KM.98 - KM99	65
FOTO N°	4. 06	TIPOS SUPERFICIE DE RODADURA EN EL TRAMO DE CARRETERA	69
FOTO N°	5. 01	CAUSAS DE FALLAS	71

LISTA DE SÍMBOLOS

PCI	Índice de condición del pavimento
	Número máximo admisible
HDV _i	Mayor valor deducido individual
CDV	Máximo valor deducido
n	Número de unidades de muestra a evaluar
N	Número total de unidades de muestra
e	Error permisible en determinación del PCI
σ	Desviación estándar del PCI
L	Condición baja del pavimento
M	Condición media del pavimento
H	Condición alta del pavimento

INTRODUCCIÓN

El objetivo general del presente informe es evaluar superficialmente la carretera Cañete – Yauyos – Chupaca (Km. 94+000 – Km. 99+000) empleando el método del PCI, con la finalidad de proveer un diagnóstico acertado de la superficie del pavimento, para determinar las necesidades de mantenimiento y/o reparación en función de la condición del mismo.

Los objetivos específicos son:

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

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

Procesamiento de información de campo, donde se calculará el valor del PCI para cada subtramo analizado.

Planteamiento de soluciones de mantenimiento y/o reparación para cada uno de los subtramos analizados.

El informe está dividido en cinco capítulos y una sección de anexos.

En el Capítulo I se describen las generalidades de la carretera y del tramo a evaluar. Se hace mención a los antecedentes, ubicación, clima, topografía y estado actual de la zona en estudio, y como parte importante del presente informe se hace mención al trabajo de mejoramiento del pavimento ejecutado en este último año a lo largo del Km. 94 + 000 hasta el Km. 99 + 000; tramo asignado para la evaluación superficial respectiva.

En el Capítulo II se desarrolla el estado del arte del Método del Índice de Condición de Pavimentos – PCI; desde su creación, evolución y sus aplicaciones en el Perú.

En el Capítulo III se describe el Marco Teórico del Método del PCI; donde se incluirán, los conceptos básicos relacionados con el método, características, procedimiento para la toma de datos y las principales causas de las fallas en los pavimentos, también se detallará los pasos a seguir para la obtención del PCI de un pavimento.

En el Capítulo IV se desarrolla la aplicación del método del PCI en el tramo evaluado, donde se detallará el procedimiento realizado para la inspección de la carretera, la toma de datos, el cálculo del metrado de fallas, el PCI para cada subtramo evaluado y PCI total del tramo de carretera a evaluar.

En el Capítulo V se analizan los resultados obtenidos en el capítulo anterior, lo que permite extraer las conclusiones y recomendaciones según el estado de conservación del pavimento y determinan las posibles causas del deterioro, para proponer las acciones a tomar para cada una de las fallas encontradas y las recomendaciones finales para extender la vida útil del pavimento evaluado.

CAPÍTULO I: GENERALIDADES

1.1 Antecedentes

La carretera Cañete – Yauyos – Huancayo fue proyectada y ejecutada por tramos durante en gobierno del Sr. Augusto B. Leguía, entre la década de 1920-1930, años en los que se ejecutó el tramo entre los pueblos de Tomas y Alis, construyéndose dos túneles.

En el gobierno del Dr. Manuel Prado Ugarteche se avanzan los trabajos de la carretera desde Cañete, llegando hasta Yauyos en abril de 1944. El 11 de mayo de 1957 el pueblo de Alis logró atravesar el cañón de Uccho, lo que fue un indicio para que el Gobierno Central prosiga los trabajos hasta concluir la carretera a cuenta del Estado.

En 1998 el consorcio AYESA – ALPHA CONSULT elaboró el Estudio Definitivo de la carretera mediante contrato con PROMCEPRI.

Figura N° 1.01
MAPA DE CARRETERA CAÑETE- LUNAHUANA – YAUYOS – CHUPACA
(Fuente: Pagina web del MTC)



Como antecedentes a nivel de pre-inversión se cuenta con el perfil elaborado por el Ing. Floriano Palacios León en el año 2003. El 22 de noviembre del 2004, se aprobó el

Estudio de Preinversión a nivel de Perfil de la carretera Ruta 22 Tramo Lunahuana – Yauyos – Chupaca.

El 09 de diciembre del 2005, el Director de Inversiones de la Oficina General de Planificación y Presupuesto del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, aprueba el Estudio de Factibilidad del Proyecto: Rehabilitación y Mejoramiento de la Carretera Lunahuana – Dv. Yauyos – Chupaca.

Mediante Informe Técnico N° 022-2006-EF/68.01 del 17 de marzo del 2006, el Director General de la Dirección General de Programación Multianual del Sector Público declara viable al Proyecto Estudio de Factibilidad del Proyecto de Rehabilitación y Mejoramiento de la Carretera Lunahuana - Dv. Yauyos - Chupaca.

El Ministerio de Transportes y Comunicaciones a través del Proyecto Especial de Infraestructura de Transporte Nacional - PROVIAS Nacional, en cumplimiento de la Resolución Ministerial N° 817-2006-MTC/09, que aprueba el documento “Política Nacional del Sector Transportes”, ha diseñado un plan para tercerizar las actividades de Conservación Vial de La Red Vial Nacional.

Cuadro N° 1.01

DATOS GENERALES DE LA CARRETERA CAÑETE – LUNAHUANÁ - YAUYOS - CHUPACA

(Fuente: Elaboración propia)

CORREDOR VIAL CAÑETE – LUNAHUANANA – PACARAN – DV. YAUYOS – RONCHAS - CHUPACA	
Carretera	: Cañete – Lunahuaná – Yauyos -Chupaca
Longitud Total del Tramo	: 271.73 Kms.
Contrato De Servicios	: N° 288-2007-MTC/20.
Contratista - Conservador	: CONSORCIO GESTIÓN DE CARRETERAS (ICCGSA, CORPORACION MAYOC S.A.C, Empresa de Mantenimiento Vial la Marginal SRL)
Valor Referencial	: S/. 131'895,292.01
Monto del Contrato	: S/. 131'589,139.71
Adelanto De Contrato	: S/. 39'476,741.91 (30 % del monto del contrato)
Periodo De Contrato	: 05 AÑOS
Inicio De Contrato	: 01. FEBRERO. 2008

El 27 de diciembre del 2007 se realiza la firma del Contrato N° 288-2007-MTC/20, con el CONSORCIO GESTION DE CARRETERAS, por un monto total del contrato de S/. 131 589 139,31 y con un plazo de contrato de 5 años.

La carretera Cañete – Yauyos – Huancayo, perteneciente a la Ruta N° 22 de la Red Vial Nacional, forma parte del programa de desarrollo vial “Proyecto Perú”, creado mediante Resolución Ministerial N° 223-2007-MTC-02, modificado por Resolución Ministerial N° 408-2007-MTC/02. Este programa de infraestructura vial fue diseñado para mejorar las vías de integración de corredores económicos, conformando ejes de desarrollo sostenido con el fin de elevar el nivel de competitividad de las zonas rurales, y a su vez servir de liberación y descongestionamiento de la Carretera Central, ya que es una ruta alterna de Lima hacia el centro del país.

1.2 Descripción del Proyecto

El proyecto de La carretera Cañete – Yauyos – Huancayo, forma parte del programa de desarrollo vial “Proyecto Perú”, el cual aspira establecer un sistema de contratación de las actividades de conservación de la infraestructura vial, mediante contratos en los que las prestaciones se controlen por niveles de servicio y por plazos iguales o superiores a tres (3) años, que implican el concepto de “transferencia de riesgo” al Contratista.

Bajo este sistema se desarrollará una cultura preventiva, con la finalidad de evitar el deterioro prematuro de las vías mediante intervenciones rutinarias y periódicas de manera oportuna. Esto significa en la práctica, actuar permanentemente para mantener la carretera en óptimas condiciones de transitabilidad.

Es un cambio del concepto tradicional de trabajo, de actuar para reparar lo dañado por el concepto de actuar para evitar que se dañe, haciendo prevalecer de esta manera en las instituciones las acciones preventivas frente a las acciones correctivas.

Para el presente caso el cambio de Standard se refiere a la aplicación de soluciones básicas con la finalidad de mejorar la transitabilidad de la carretera (no Pavimentada), mediante la colocación de material granular estabilizado y recubiertas con bitumen.

La Solución Básica se aplica sobre la superficie actual en vías no pavimentadas de bajo volumen de tránsito, previamente reconformada, no se realizan cambios en la geometría por lo tanto no requiere de estudios de ingeniería profundos. En el cuadro N° 1.02 se pueden apreciar los tipos de soluciones planteadas para cada tramo de carretera.

Cuadro N° 1.02

DATOS GENERALES DE LA CARRETERA CAÑETE – LUNAHUANÁ - YAUYOS - CHUPACA

(Fuente: Elaboración propia)

Tramo	Vía	Tipo de Superficie de rodadura (Antes)	Tipo de Superficie de rodadura (Después)	Longitud Km
Cañete-Lunahuana	Asfaltada	Carpeta Asfáltica	Carpeta Asfáltica	40.95
Lunahuana-Pacarán	Asfaltada	Tratamiento superficial	Tratamiento superficial	11.907
Pacarán-Zuñiga	Afirmada	Afirmado	Slurry Seal	3.743
Zuñiga-Dv. Yauyos	Afirmada	Afirmado	Monocapa	70.4
Dv. Yauyos-Roncha	Afirmada	Afirmado	Monocapa (33 Km) Afirmado (95.185 Km)	128.185
Roncha-Chupaca	Afirmada	Afirmado	Afirmado	16.541
Total				271.73

1.3 Ubicación

El tramo Cañete – Yauyos - Chupaca, pertenece a la Red Vial Nacional, con código de ruta R22 de 271.73 Km. de longitud, con origen en Cañete (Km. 001+805) y destino en Chupaca (Km. 273+531). La carretera une las localidades de San Vicente de Cañete, Lunahuaná, Pacarán, Zúñiga, San Juan, San Gerónimo, Catahuasi, Chichicay, Capillucas, Calachota, Magdalena, Tinco Huantán, Llapay, Alis, Tomas, Tinco Yauricocha, San José de Quero, Chachicocha, Collpa, Roncha y Chupaca. (Cuadro N° 1.03 longitud de sub tramos de carretera)

1.3.1 Límites

La carretera limita por el Norte con los cuadrángulos de Huarochirí y La Oroya, por el Este con Andamarca y Pampas, por el Sur Tantará y Chincha y por el Oeste con Mala. Políticamente el tramo une las provincias de Cañete, Yauyos (Departamento de Lima) y Chupaca, Concepción (Departamento de Junín). (Cuadro N° 1.04 ubicación de la carretera).

Cuadro N° 1.03
LONGITUD DE SUB TRAMOS DE CARRETERA
(Fuente: Elaboración propia)

Tramo	Kilómetro	Longitud
Cañete - Lunahuana	1+850 - 42+755	40.95 Km.
Lunahuana - Pacarán	42+755 - 54+662	11.91 Km.
Pacarán - Zúñiga	54+662 - 58+405	3.74 Km.
Zúñiga - Dv. Yauyos	58+405 - 128+805	70.40 Km.
Dv. Yauyos - Roncha	128+805 - 256+990	128.19 Km.
Roncha - Chupaca	256+990 - 273+531	16.54 Km.
Longitud total de carretera		271.73 Km.

Cuadro N° 1.04
UBICACIÓN DE LA CARRETERA
(Fuente: Elaboración propia)

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

1.3.2 Zona y Poblaciones Afectadas

Región : Lima y Junín.

Provincia : Cañete, Yauyos, Chupaca, Concepción, Jauja, Huancayo.

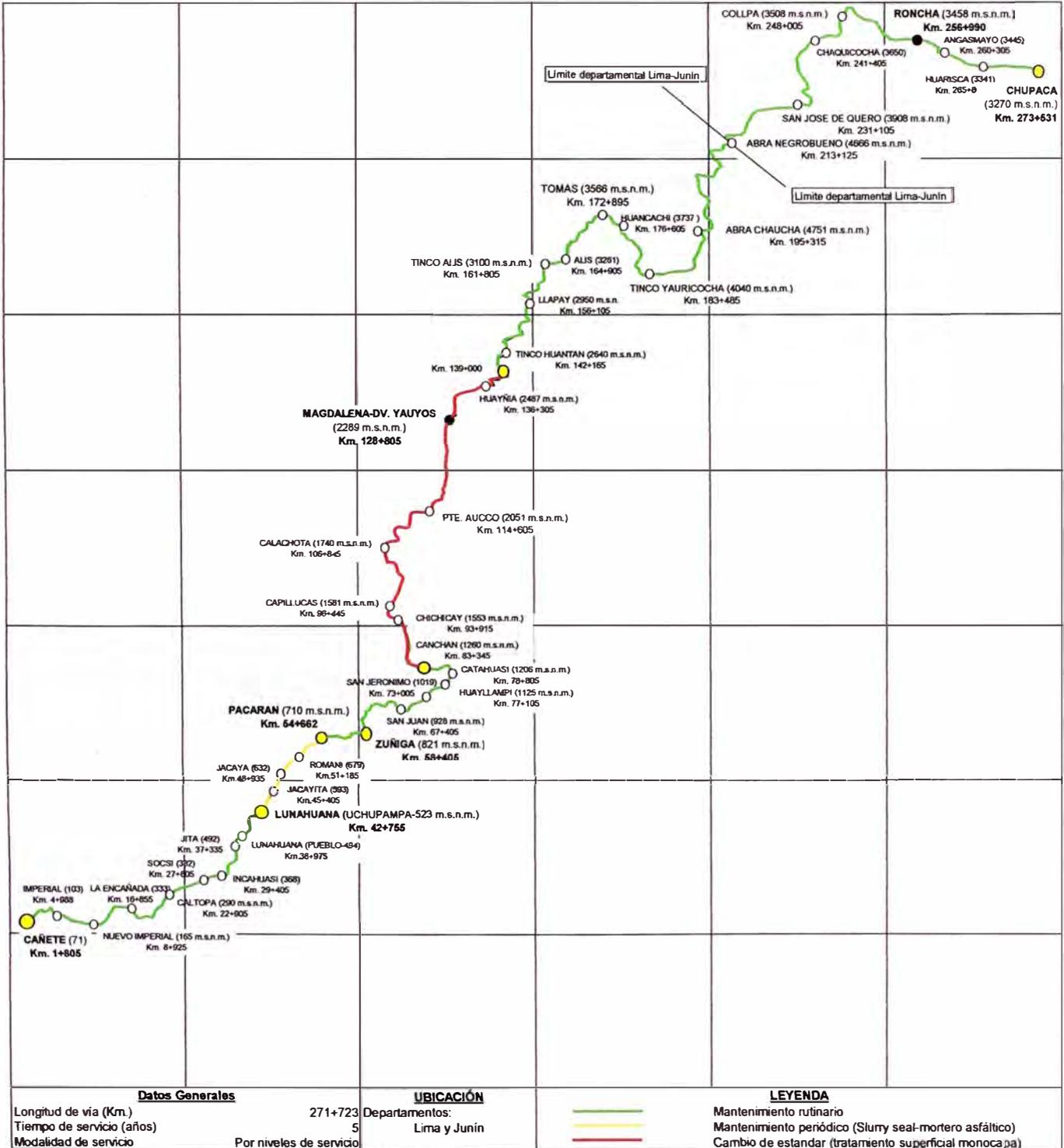
Distrito : San Vicente, San Luis, Imperial, Nuevo Imperial, Lunahuaná, Zúñiga, Chocos, Ayauca, Caca, Catahuasi, Putinza, Yauyos, Colonia, Carania, Huantan, Laraos, Miraflores, Alis, Vitis, Tomas, Yanacancha, Ahuac, Huachac, Chupaca, Huamancaca Chico, Chambaza, Chambaza, San José de Quero, Sincos, El Tambo, Huancayo, San Agustín, Sicaya, Pilcomayo.

Cuadro N° 1.05
POBLACION ACTUAL
(Fuente: INEI, 2007)

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

Figura N° 1.02
MAPA DE CARRETERA CAÑETE- LUNAHUANA – YAUYOS – CHUPACA
(Fuente: Diapositivas Curso de Titulación)

CARRETERA CAÑETE-LUNAHUANA-PACARAN-ZUÑIGA-DV. YAUYOS-RONCHA-CHUPACA



1.4 Clima y Geografía

1.4.1 Clima

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 “Geografía del Perú”).

Yunga Marítima: Se caracteriza por ser de sol dominante durante casi todo el año. La temperatura fluctúa entre 20 y 27°C durante el día.

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. La humedad atmosférica es poco sensible.

Suni o Jalca: 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. La precipitación promedio es de 800 mm por año.

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

Cuadro N° 1.06
TEMPERATURAS Y PRECIPITACIONES PROMEDIO
(Fuente: Elaboración propia)

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

1.4.2 Geografía

El valle de Cañete es estrecho y de forma triangular, siendo mas 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 mas 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. Entre loma y loma quedan pequeñas hondonadas, en cuyos fondos corren pequeños arroyos o nacen los puquiales. Sus aguas provienen de las filtraciones de las lluvias o de remotas lagunas de las regiones superiores. 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.

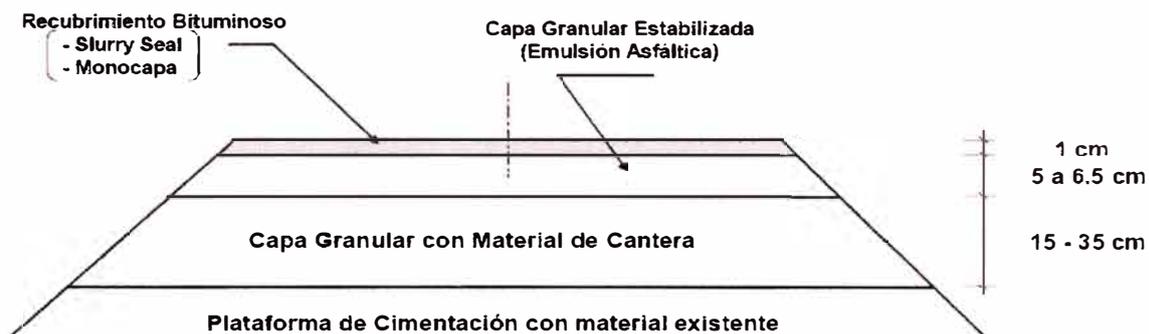
Se continúa ascendiendo llegando a la región Suni o Jalca (3500 msnm a 4000 msnm), donde el escenario cambia a bruscas ascensiones de acantilados y cerros. En este sector se tienen quebradas estrechas que abren cañones muy profundos, erosionando las rocas vivas, de modo que al recorrer esta región por 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. 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).

1.5 Tramo Evaluado Km. 94+000 – Km. 99+000

El tramo de carretera a evaluar presenta dos tipos de superficie de rodadura 4 km de superficie monocapa y un subtramo de 1 km. de superficie Slurry seal.

Figura N° 1.03
SECCIÓN TÍPICA DE LA SOLUCIÓN APLICADA AL TRAMO EVALUADO
(Fuente: Diapositivas de clase)



1.5.1 Ubicación

El tramo de carretera en estudio inicia en el Km. 94+000 en el poblado de Chichicay la cual se encuentra a 1553 m.s.n.m. Y culmina en el Km. 99+000 en el poblado de Capillucas a 1581 m.s.n.m.

1.5.2 Estudio de Suelos

Según los resultados obtenidos de los trabajos de campo (calicatas) en la plataforma vial, ubicadas cada 1 km en el sector km 57+390 – km 130+000, y cada 2 km el sector km 130+000 – km 258+000; de donde se obtuvieron muestras representativas de todos los estratos, las que fueron ensayadas en el laboratorio de campo del Consorcio Gestión de Carreteras.

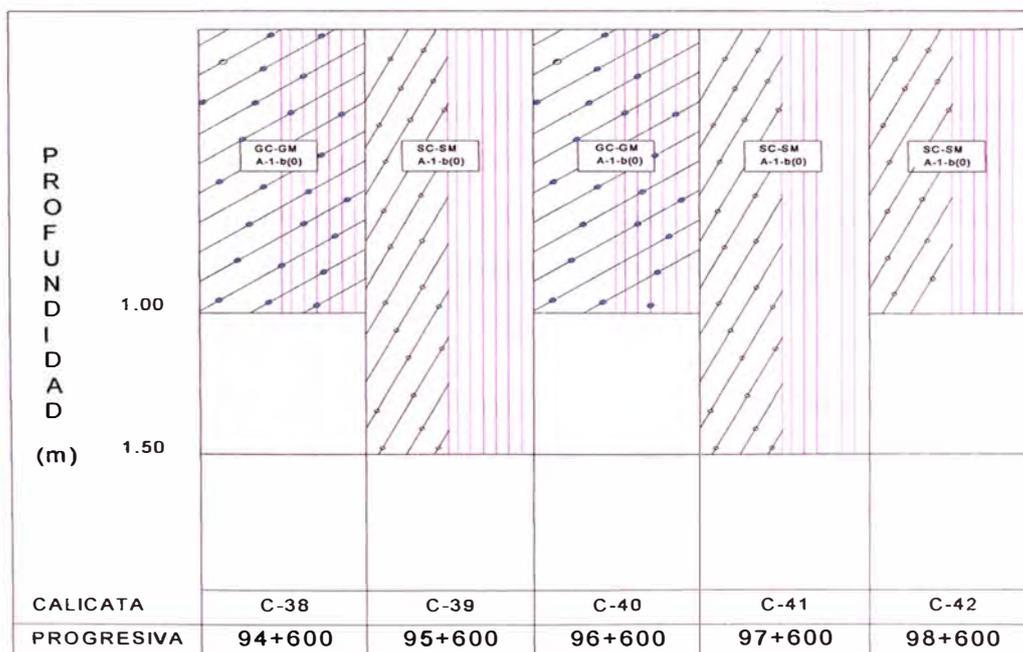
Para el tramo de carretera a evaluar se obtuvieron los siguientes resultados:

km 91+500 – km 96+600. En este sector mayoritariamente se tiene 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%.

Según el resultado obtenido del estudio de suelos se obtuvo un valor del CBR de diseño es 20 para el tramo de carretera en estudio.

Figura N° 1.04
PERFIL ESTRATIGRÁFICO
(Fuente: Elaboración propia)



1.5.3 Clima

El tramo de carretera en estudio se caracteriza por ser de sol predominante 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. Las lluvias caen de diciembre a marzo.

CAPITULO II: ESTADO DEL ARTE DEL MÉTODO P.C.I.

2.1 Antecedentes y Evolución del 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).

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.

Actualmente el procedimiento para la determinación de la condición del pavimento de caminos y estacionamiento a través de inspecciones visuales usando el método del Índice de Condición del Pavimento (P.C.I.) que cuantifica la condición del pavimento, se encuentra estandarizado según la Norma ASTM D6433-07 “Procedimiento Estándar para la Inspección del Índice de Condición del Pavimento en Caminos y Estacionamientos”. Esta norma fue originalmente aprobada en 1999 y su edición anterior fue aprobada en 2003 como D6433-03, bajo la jurisdicción del Comité ASTM E17 “Sistemas de

Pavimentos para Vehículos” y bajo responsabilidad directa del Sub-Comité E17.41 Gerencia de Pavimentos.

De igual manera, la norma ASTM D5340-09 “Método de Evaluación Normalizado para la obtención del Índice de Condición del Pavimento en Aeropuertos”, tiene el propósito de determinar la condición de pavimentos de aeropuertos a través de inspecciones visuales en superficies pavimentadas.

2.2 Aplicación del Método en el Perú

En el Perú se empleo por muchos años un método propio denominado CONREVI, el cual tenía la limitación que no llegaba a un indicador final de la condición global del pavimento; este método se basa en un catálogo de fallas, con criterios para definir la severidad y extensión de los deterioros. En los últimos años se ha empezado a utilizar el método del PCI de la Universidad de Illinois, para definir la condición del pavimento.

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.

Obras donde se empleo el método del PCI en Perú:

Carretera Arequipa – Matarani.

Carretera Panamericana Sur, tramo Puente Santa Rosa – Puente Montalvo

Carretera Ciudad de Dios – Cajamarca, Tramo I: Ciudad de Dios – Chilete

CAPITULO III: FUNDAMENTO TEÓRICO

3.1 Marco Teórico

El Índice de Condición del Pavimento (P.C.I., 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 P.C.I. no puede medir la capacidad estructural ni la medida directa de la resistencia al deslizamiento o rugosidad, pero proporciona una base objetiva y racional para determinar la necesidad de conservación y reparación según su prioridad. El monitoreo continuo del P.C.I. es usado para establecer la tasa de deterioro del pavimento, que permite una identificación prematura sobre la necesidad de una rehabilitación mayor.

3.2 Características del Método

Entre las características del método de evaluación del P.C.I., se pueden citar las siguientes:

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

3.3 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, 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)”.

3.4 Rangos de Calificación del P.C.I.

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.

Ecuación N° 1

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

El P.C.I. 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. (Ver Cuadro N° 3.01 y Figura N° 3.01)

Cuadro N°3.01
RANGOS DE CALIFICACIÓN DEL P.C.I.
(Fuente: Elaboración propia)

Rango	Calificación
100 - 85	Excelente
85 - 70	Muy Bueno
70 - 55	Bueno
55 - 40	Regular
40 - 25	Malo
25 - 10	Muy Malo
10 - 0	Fallado

Figura N° 3.01
CLASIFICACIÓN DEL PCI
(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 el que 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 “óptimo” de rehabilitación.
- 0 El pavimento está fuertemente deteriorado, presenta diversas fallas avanzadas y el tráfico no puede circular a velocidad normal. El pavimento se considera “fallado” y requiere acciones de mantenimiento mayor y eventualmente reconstrucción parcial de un alto porcentaje de su área.

El Cuadro N° 3.02, resume la acción a tener en cuenta de acuerdo al valor del P.C.I. Calculado para cada vía. Se aprecia además el estado del pavimento asociado a este mismo valor.

Cuadro N°3.02
CUADRO DE ESTADO DEL PAVIMENTO
(Fuente: Elaboración propia)

PCI	ESTADO	INTERVENCIÓN
0 - 30	Malo	Construcción
31 - 70	Regular	Rehabilitación
71 - 100	Bueno	Mantenimiento

Trabajos de Mantenimiento (P.C.I. > 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.

Trabajos de Rehabilitación ($70 > \text{P.C.I.} > 30$) se refiere a la necesidad de “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

Trabajos de Construcción (P.C.I. < 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.

3.5 Intensidad de Fallas en el Pavimento

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

BAJO (L) Las vibraciones o saltos en el vehículo se sienten, pero no es necesario reducir la velocidad por razones de seguridad y/o confort.

MEDIO (M) Se producen vibraciones o salto significativos, que hacen necesario reducir la velocidad por seguridad y/o confort. Saltos individuales o continuos que producen molestias.

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

3.6 Tipos de Fallas en el Pavimento

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.

Cuadro N° 3.03
CATÁLOGO DE FALLAS DEL MÉTODO DEL P.C.I.
(Fuente: Elaboración propia)

No.	Descripción	Unidades
1	Grieta Piel de cocodrilo	m2
2	Exudación de Asfalto	m2
3	Grietas de contracción (en bloque)	m2
4	Elevaciones y Hundimiento	m
5	Corrugaciones (encalaminado)	m2
6	Depresiones	m2
7	Grieta de borde*	m
8	Grietas de reflexión de juntas	m
9	Desnivel calzada-Hombrillo	m
10	Grietas longitudinales y transversales	m
11	Baches y zanjas reparadas	m2
12	Agregado Pulidos	m2
13	Huecos	No.
14	Acceso y salidas a puentes, rejilla de drenaje, líneas férreas	m2
15	Ahuellamientos	m2
16	Deformación por empuje	m2
17	Grietas de deslizamientos	m2
18	Hinchamiento	m2
19	Disgregación y desintegración	m2

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. A continuación se muestran en detalle las fallas más comunes en pavimentos asfálticos:

3.6.1 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.

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 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:

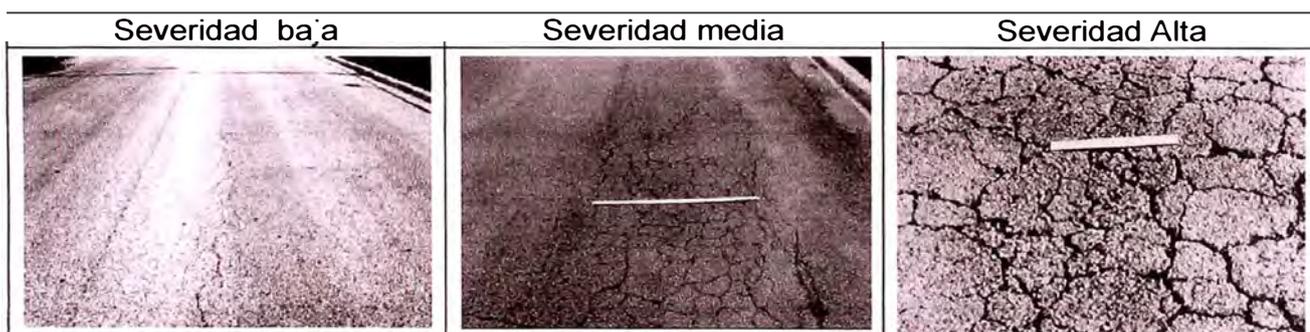
L: No se hace nada, sello superficial. Sobrecarpeta.

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

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

Foto N°3.01

GRIETA PIEL DE COCODRILO (Fuente: Manual INGEPAV)



3.6.2 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 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°3.02

EXUDACIÓN DE ASFALTO (Fuente: Manual INGEPAV)



3.6.3 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.

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 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°3.03
GRIETAS DE CONTRACCIÓN
(Fuente: Manual INGEPAV)



3.6.4 Elevaciones y Hundimientos

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.

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

Opciones de reparación:

L: No se hace nada.

M: Reciclado en frío. Parcheo profundo o parcial.

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

Foto N°3.04
ELEVACIONES Y HUNDIMIENTOS
(Fuente: Manual INGEPAV)



3.6.5 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 metros cuadrados de área afectada.

Opciones de reparación:

L: No se hace nada.

M: Reconstrucción.

H: Reconstrucción.

Foto N°3.05
CORRUGACIONES
(Fuente: Manual INGEPAV)



3.6.6 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 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°3.06
DEPRESIONES
(Fuente: Manual INGEPAV)



3.6.7 Grieta de Borde

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

Niveles de severidad:

L: Agrietamiento bajo o medio sin fragmentación o desprendimiento.

M: Grietas medias con algo de fragmentación y desprendimiento.

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

Medida:

La grieta de borde se mide en metros lineales.

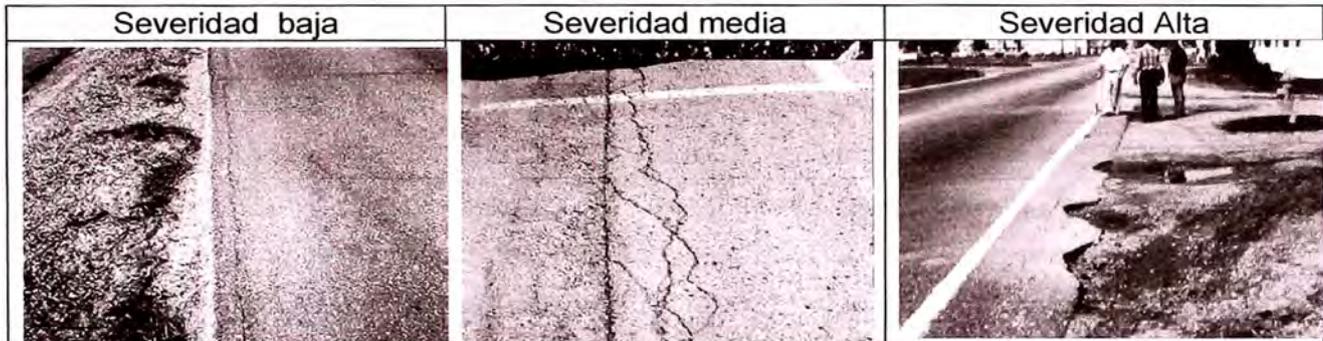
Opciones de reparación:

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°3.07
GRIETA DE BORDE
(Fuente: Manual INGEPAV)



3.6.8 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.

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. Grieta rellena, 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.

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°3.08
GRIETA DE REFLEXIÓN DE JUNTAS
(Fuente: Manual INGEPAV)



3.6.9 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 sobre carpetas 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 metros lineales.

Opciones de reparación:

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

Foto N°3.09
 DESNIVEL CALZADA HOMBRILLO
 (Fuente: Manual INGEPAV)



3.6.10 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 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°3.10

GRIETAS LONGITUDINALES Y TRANSVERSALES
(Fuente: Manual INGEPAV)



3.6.11 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 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.

Opciones de reparación:

L: No se hace nada.

M: No se hace nada. Sustitución del parche.

H: Sustitución del parche.

Foto N°3.11

BACHES Y ZANJAS REPARADAS
(Fuente: Manual INGEPAV)



3.6.12 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.

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:

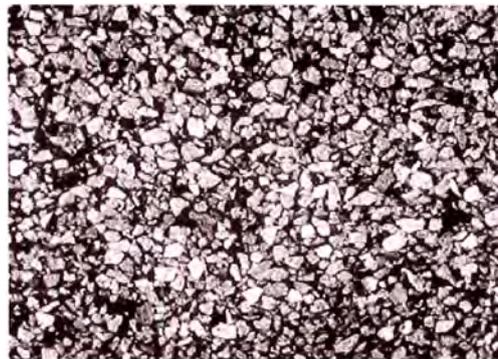
Se mide en metros cuadrados de área afectada. Si se contabiliza exudación, no se tendrá en cuenta el pulimento de agregados.

Opciones de reparación:

L, M, H: No se hace nada. Tratamiento superficial. Sobre carpeta.

Foto N°3.12

AGREGADOS PULIDOS
(Fuente: Manual INGEPAV)



3.6.13 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.

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 la Cuadro N°3.04.

Cuadro N° 3.04
 NIVELES DE SEVERIDAD DE LA FALLA 13
 (Fuente: Manual INGEPAV)

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

Si el diámetro del hueco es mayor que 762 mm, debe medirse el área en metros cuadrados y dividirla entre 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.

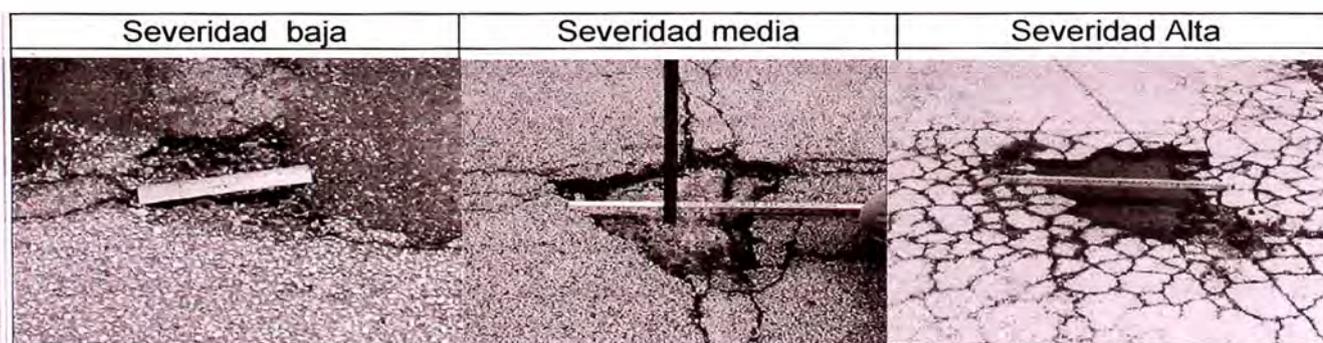
Medida:

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°3.13
 HUECOS
 (Fuente: Manual INGEPAV)



3.6.14 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 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°3.14

ACCESO Y SALIDA A PUENTES, REJILLA DE DRENAJE Y LINEA FERREA
(Fuente: Manual INGEPAV)



3.6.15 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 metros cuadrados de área afectada y su severidad está definida por la profundidad media de la huella, la cual 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°3.15
AHUELLAMIENTO
(Fuente: Manual INGEPAV)



3.6.16 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.

Los desplazamientos también ocurren cuando pavimentos de concreto asfáltico confinan pavimentos de concreto de cemento Pórtland.

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 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°3.16

DEFORMACIÓN POR EMPUJE (Fuente: Manual INGEPAV)



3.6.17 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.

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 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°3.17

GRIETAS DE DESLIZAMIENTO
(Fuente: Manual INGEPAV)



3.6.18 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 metros cuadrados de área afectada.

Opciones de reparación:

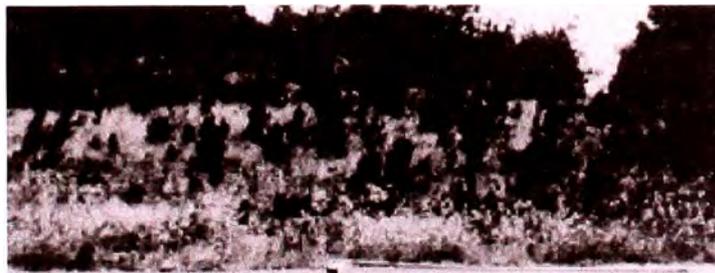
L: No se hace nada.

M: No se hace nada. Reconstrucción.

H: Reconstrucción.

Foto N°3.18

HINCHAMIENTO
(Fuente: Manual INGEPAV)



3.6.19 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 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°3.19
DISGREGACIÓN Y DESINTEGRACIÓN
(Fuente: Manual INGEPAV)



3.7 Proceso Para el cálculo del PCI

Al completar la inspección de campo, la información obtenida de los daños encontrados en carretera se utiliza para calcular el valor del PCI. El cálculo puede obtenerse ser manual utilizando los ábacos o con la ayuda de un programa de computación, ambas formas se basan en los cálculos de los “Valores Deducidos” de cada daño de acuerdo con el metrado de cada falla y la severidad reportada de cada una de ellas.

3.8 Procedimiento de Evaluación

Se realiza una inspección visual inicial con un vehículo para observar de forma global la calidad de tránsito (o calidad del viaje) para determinar el nivel de severidad de daños la que se determina recorriendo la sección de pavimento en un automóvil de tamaño estándar a la velocidad establecida por el límite legal.

Existen dos procedimientos para realizar la inspección del pavimento. En ambos casos debe dividirse la sección del pavimento en unidades de áreas trabajables, pudiendo ser 225 m² cada una si el tamaño de trabajo lo permite.

El primer procedimiento requiere evaluar todas las unidades; el segundo, tan sólo una muestra escogida aleatoriamente.

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

La inspección de todas las unidades de una sección, resulta costosa y requiere algún tiempo y recursos. El método puede contemplar un plan de muestreo estadístico para determinar el P.C.I. mediante la inspección de una muestra de la sección sin producir pérdida significativa de precisión. El número mínimo de unidades a ser evaluadas (n) se determina mediante la ecuación siguiente:

Ecuación N° 2

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

Donde:

n : Número de unidades de muestras a evaluar.

N : Número total de unidades de muestras en la sección (mínimo 5 unidades).

e : Error permisible en determinación del P.C.I. (recomendable 5 puntos del P.C.I.).

σ : Desviación estándar del P.C.I. en las unidades de la sección. (asume 10)

La ecuación provee un 95% de confianza en que el P.C.I. 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.

Dividir el total de unidades, (100), en 7 grupos iguales o similares. Luego se escogen aleatoriamente 2 unidades de cada grupo para un total de 14. Igualmente pudieran formarse 14 grupos y escoger aleatoriamente una sección de cada grupo.

El segundo procedimiento denominado "Sistemático" consiste en evaluar unidades uniformemente espaciadas, siempre que la primera sea escogida aleatoriamente. Por ejemplo, se escoge la primera unidad entre 1 y 7, digamos 5, y de esta forma se evalúan la 5, 12, 19, 26, etc., hasta completar las 14 sugeridas.

Existe una variedad de catálogos de fallas, propuestos por instituciones respetables, a lo cual se le asocia un sistema de evaluación. Para la determinación del valor del P.C.I., se desarrolla el método empleando el catálogo mostrado en la Cuadro 3.3, que muestra el número de falla, una breve descripción de la falla y la unidad empleada para el relevamiento. En este caso se deberá respetar la numeración asociada a la falla, que permitirá efectuar un proceso computarizado.

El relevamiento, registra información obtenida del campo y de la inspección visual.

Estas características corresponden a:

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

Etapa 1. Cálculo de los Valores Deducidos:

a. Totalizar cada tipo y nivel de severidad de daño y regístrelo en la columna “total” del formato de metrado de fallas. El daño puede medirse en área, longitud ó por número según su tipo.

b. Dividir la cantidad de cada clase de daño, en cada nivel de severidad, entre el área total de la unidad de muestreo y exprese el resultado como porcentaje. Esa es la densidad del daño, con el nivel de severidad especificado, dentro de la unidad en estudio.

c. Determinar el VALOR DEDUCIDO para cada tipo de daño y su nivel de severidad mediante las curvas denominadas “Valor Deducido del Daño” que se adjuntan en el anexo al final del informe, de acuerdo con el tipo de pavimento inspeccionado.

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

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

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

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

Ecuación N° 3

$$m_i = 1.00 + \frac{9}{98}(100 - HDV_i)$$

Donde:

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

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

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

Etapa 3. Cálculo del “Máximo Valor Deducido Corregido”, CDV. El máximo CDV se determina mediante el siguiente proceso iterativo:

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

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

c. Determine el CDV con q y el “Valor Deducido Total” en la curva de corrección pertinente al tipo de pavimento.

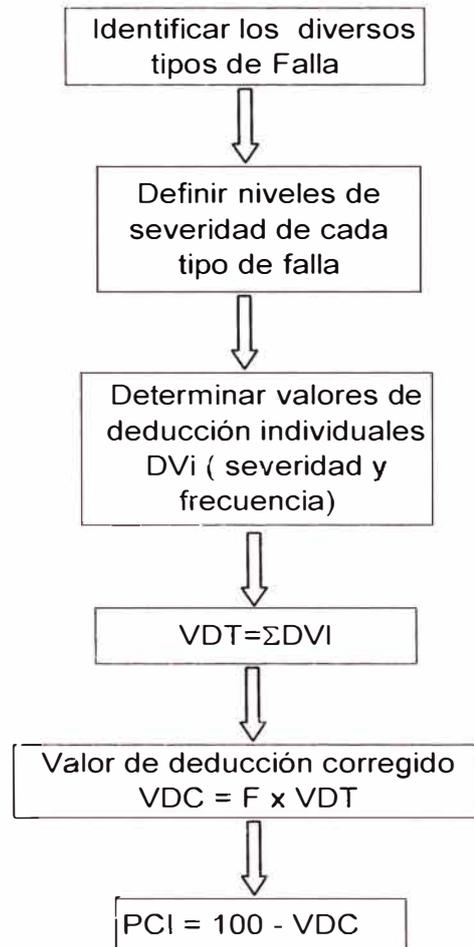
d. Reduzca a 2.0 el menor de los “Valores Deducidos” individuales que sea mayor que 2.0 y repita las etapas 3.a. a 3.c. hasta que q sea igual a 1.

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

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

Finalmente el P.C.I. = $100 - \text{CDV}$

Figura N°3.02
DIAGRAMA DE FLUJO DEL P.C.I.
(Fuente: Diapositivas Curso de Titulación)



CAPÍTULO IV.- APLICACIÓN DEL MÉTODO DEL PCI

4.1 Inspección de la Carretera

El procedimiento seguido para la inspección de la carretera a evaluar es el siguiente:

Recorrer el tramo de carretera a ser evaluado, primero en un vehículo para determinar el nivel de confort del trayecto y para seleccionar subtramos a evaluar.

Luego se realiza una inspección visual a pie, detallando el estado actual de la vía, los tipos de fallas que presenta y el nivel de deterioro de las mismas, registrándolas en el formato de metrado de fallas. A su vez se podría determinar las posibles causas que originaron ese deterioro, para plantear soluciones ya sea de mantenimiento o reparación para cada uno de los subtramos analizados.

4.2 Metrado de Fallas

Con ayuda del formato de metrado de fallas, se procede a llenar los datos de los subtramos a evaluar utilizando un formato por cada sub tramo de carretera a evaluar.

Lo primero que se llena en el formato es el nombre de la carretera a ser evaluada, la fecha, el sub tramo de carretera a evaluar y el responsable del trabajo. Una vez llenado estos datos en el formato se comienza a recorrer la vía para realizar el relevamiento de fallas.

El formato se llena de la siguiente manera:

1. Se coloca el número de cada tipo de falla encontrada que se ubica en la parte superior del formato.
2. Se coloca el metrado en cada tipo de falla observado con su nivel de severidad (Baja, Mediana o Alta)
3. Se suman y obtienen los totales de cada tipo de falla.
4. Se calcula la densidad (%), que se obtiene del metrado entre el área total.
5. Se calcula los valores de deducción, que se obtienen de los ábacos de deducción (anexo 1) con la densidad. Luego se obtiene la suma total.
6. Se calcula el valor de deducción corregido (VDC) (Ábaco en anexos)
7. Por último se calcula el valor del P.C.I. de cada sub tramo y luego el PCI del tramo de carretera a evaluar.

Foto N°4.01
FALLAS KM.94 - KM95
(Fuente: Elaboración propia)



Foto N°4.02
FALLAS KM.95 - KM96
(Fuente: Elaboración propia)



Foto N°4.03
 FALLAS KM.96 - KM97
 (Fuente: Elaboración propia)



Foto N°4.04
 FALLAS KM.97 - KM98
 (Fuente: Elaboración propia)

<p>Huecos L</p> 	<p>Deformación por empuje</p> 	<p>Ahuellamiento L</p> 
<p>Bacheado L</p> 	<p>Piel de cocodrilo L</p> 	<p>Disgregación L</p> 
<p>Piel de cocodrilo M</p> 	<p>Grieta de contracción L</p> 	<p>Ahuellamiento M</p> 

Foto N°4.05
 FALLAS KM.98 - KM99
 (Fuente: Elaboración propia)



4.3 Procesamiento de Datos y Cálculo del PCI

Para hallar el PCI de la carretera a evaluar, se empleó una hoja de cálculo en Excel para calcular el valor de deducción, el valor de deducción total y el valor de deducción corregido, el PCI de cada uno de los sub tramos y por último el PCI del tramo de carretera a evaluar.

Cuadro N° 4.06
CUADRO DE METRADO DE FALLAS
(Fuente: Elaboración propia)

CARRETERA: CAÑETE LUNAHUANA YAUYOS CHUPACA KM 94+000-KM 99+000																								
EVALUACION SUPERFICIAL DE PAVIMENTO FLEXIBLE: RELEVAMIENTO DE FALLAS																								
PROGRESIVA		LONG.	ANCHO	AREA	TIPO DE FALLA REGISTRADA																			
INICIAL	FINAL	(m)	(m)	m2	SEV.	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0	7,0	8,0	9,0	10,0	11,0	12,0	13,0	14,0	15,0	16,0	17,0	18,0	19,0
94+000	95+000	1000	6,0	6000	L M H													4,0						720,0
INICIAL	FINAL				SEV.	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0	7,0	8,0	9,0	10,0	11,0	12,0	13,0	14,0	15,0	16,0	17,0	18,0	19,0
95+000	96+000	1000	6,0	6000	L M H													12,0						
INICIAL	FINAL				SEV.	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0	7,0	8,0	9,0	10,0	11,0	12,0	13,0	14,0	15,0	16,0	17,0	18,0	19,0
96+000	97+000	1000	4,0	4000	L M H	8,0	23,0	96,0	7,0											46,0	9,0			6,0
INICIAL	FINAL				SEV.	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0	7,0	8,0	9,0	10,0	11,0	12,0	13,0	14,0	15,0	16,0	17,0	18,0	19,0
97+000	98+000	1000	4,0	4000	L M H	35,0		59,0								46,5		13,0		44,5	132,0			20,0
INICIAL	FINAL				SEV.	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0	7,0	8,0	9,0	10,0	11,0	12,0	13,0	14,0	15,0	16,0	17,0	18,0	19,0
98+000	99+000	1000	4,0	4000	L M H			55,0	15,0							46,2		42,0		29,5	33,0			31,8
INICIAL	FINAL				SEV.	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0	7,0	8,0	9,0	10,0	11,0	12,0	13,0	14,0	15,0	16,0	17,0	18,0	19,0

Cuadro N° 4.07
CUADRO DE RESULTADOS DE DENSIDAD DE FALLA
(Fuente: Elaboración propia)

CARRETERA: CAÑETE LUNAHUANA YAUYS CHUPACA KM 94+000-KM 99+000																								
EVALUACION SUPERFICIAL DE PAVIMENTO FLEXIBLE: RELEVAMIENTO DE FALLAS																								
PROGRESIVA		LONG. (m)	ANCHO (m)	AREA m ²	TIPO DE SEV.	DENSIDAD AFECTADA POR LA FALLA																		
INICIAL	FINAL					1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
94+000	95+000	1000	6.0	6000	L																			
					M												0,07							
					H																	12,00		
95+000	96+000	1000	6.0	6000	L																			
					M												0,20							
					H																			
96+000	97+000	1000	4.0	4000	L	0,20	0,58	2,40	0,18											1,15	0,23		0,15	
					M			7,98																
					H																			
97+000	98+000	1000	4.0	4000	L	0,88		1,48								1,16		0,33		1,11	3,30		0,50	
					M	0,13													0,13	0,03			0,30	
					H																			
98+000	99+000	1000	4.0	4000	L			1,38								1,16		1,05		0,74	0,83		0,80	
					M			1,50	0,38						0,43									
					H																			

El valor del PCI de la carretera es igual al promedio ponderado de cada uno de los valores de PCI obtenidos de cada sub tramo, de donde se obtiene:

Cuadro N° 4.09
CUADRO DE RESULTADOS PCI DEL TRAMO DE CARRETERA
(Fuente: Elaboración propia)

CARRETERA CAÑETE LUNAHUANA YAUYOS CHUPACA KM 94+000 - KM 99+000						
CALCULO DEL PCI DEL TRAMO DE CARRETERA						
PROGRESIVA		LONG. (m)	ANCHO (m)	AREA m ²	PCI	CONDICION PAVIMENTO
INICIAL	FINAL					
94+000	95+000	1000	6,0	6000	62,86	BUENO
INICIAL	FINAL				PCI	CONDICION
95+000	96+000	1000	6,0	6000	94,00	EXCELENTE
INICIAL	FINAL				PCI	CONDICION
96+000	97+000	1000	4,0	4000	78,38	MUY BUENO
INICIAL	FINAL				PCI	CONDICION
97+000	98+000	1000	4,0	4000	63,33	BUENO
INICIAL	FINAL				PCI	CONDICION
98+000	99+000	1000	4,0	4000	70,63	MUY BUENO

PCI del tramo Km. 94+000 - Km.99+000 = 74,605 Muy bueno

Foto N°4.06

TIPOS DE SUPERFICIE DE RODADURA EN EL TRAMO DE CARRETERA A EVALUAR
(Fuente: Elaboración propia)



CAPÍTULO V.- ANÁLISIS DE RESULTADOS

Según los resultados obtenidos en el cuadro N° 4.09 se puede apreciar que los valores del PCI oscilan entre 62.86 Y 94, es decir la superficie varía de una condición buena a una condición excelente. En el cuadro N° 5.01 se detallan las soluciones de intervención a tomar en cuenta según el valor PCI obtenido para cada subtramo.

Cuadro N°5.01
SOLUCIONES DE INTERVENCIÓN
(Fuente: Elaboración propia)

PROGRESIVA		LONG. (m)	ANCHO (m)	AREA m ²	PCI	CONDICION PAVIMENTO	INTERVENCIÓN
INICIAL	FINAL						
94+000	95+000	1000	6,0	6000	62,9	BUENO	REHABILITACIÓN
INICIAL	FINAL				PCI	CONDICION	
95+000	96+000	1000	6,0	6000	94,0	EXCELENTE	MANTENIMIENTO
INICIAL	FINAL				PCI	CONDICION	
96+000	97+000	1000	4,0	4000	78,4	MUY BUENO	MANTENIMIENTO
INICIAL	FINAL				PCI	CONDICION	
97+000	98+000	1000	4,0	4000	63,3	BUENO	REHABILITACIÓN
INICIAL	FINAL				PCI	CONDICION	
98+000	99+000	1000	4,0	4000	70,6	MUY BUENO	MANTENIMIENTO

De los metrados registrados en el Cuadro N° 4.06 se puede apreciar los diversos tipos de fallas y la intensidad de estas que va de baja a alta, a lo largo de todo el tramo de carretera a evaluar. De los valores de PCI calculados se pueden plantear soluciones de reparación o mantenimiento según la condición determinada para cada subtramo

En el Cuadro N° 5.02 se pueden apreciar los tipos de fallas encontradas, su grado de deterioro y opciones de reparación planteadas para cada una de ellas.

Foto N°5.01
CAUSAS DE FALLAS
(Fuente: Elaboración propia)



Cuadro N°5.02
OPCIONES DE REPARACIÓN PARA CADA TIPO DE FALLA EVALUADA
(Fuente: Elaboración propia)

TIPOS DE FALLA	OPCIONES DE REPARACIÓN
Falla N° 1 L Piel de Cocodrilo	Sellado superficial
Falla N° 1 M Piel de Cocodrilo	Parchado parcial o en toda su profundidad
Falla N° 2 L Exudación del Asfalto	Aplicar arena sobre la falla
Falla N° 3 L Grietas de Contracción	Sellado de grietas
Falla N° 3 M Grietas de Contracción	Sellado de grietas, reciclado superficial
Falla N° 4 L Elevaciones y Hundimientos	No se hace nada
Falla N° 4 M Elevaciones y Hundimientos	Realizar un parchado profundo parcial
Falla N° 11 L Baches y Zanjas reparadas	No se hace nada
Falla N° 11 M Baches y Zanjas reparadas	Sustitución del parche
Falla N° 13L Huecos	Parchado parcial o profundo
Falla N° 15 L Ahuellamiento	No se hace nada, fresado
Falla N° 15 M Ahuellamiento	Parchado superficial, parcial o profundo
Falla N° 16 L Deformació por Empuje	No se hace nada, fresado
Falla N° 16 M Deformació por Empuje	Parchado parcial o profundo, fresado
Falla N° 19 L Disgregación Y Desintegración	Sellado superficial
Falla N° 19 M Disgregación Y Desintegración	Sello superficial.Tratamiento superficial
Falla N° 19 H Disgregación Y Desintegración	Reconstrucción

CONCLUSIONES

En la Foto N° 4.06 se puede apreciar fotos del subtramo km. 94+000 al km.95+000, cuya superficie presenta dos tipos de rodadura una Slurry Seal que esta en perfectas condiciones y la otra parte monocapa, donde se obtuvo una muestra del espesor del monocapa de 3.5 mm, la que se podía desprender con facilidad usando las manos; dato que nos llevaría a la conclusión que en este subtramo no hubo un control del espesor de la capa granular estabilizada a colocar, la que sería una de las principales causas del deterioro prematuro de este subtramo.

En el subtramo Km 95+000 al Km. 96+000, presenta una superficie de rodadura Slurry Seal, en la cual solo se apreciaron algunos huecos leves, por lo que el rango de clasificación del PCI dio excelente; con lo que podríamos deducir que el Slurry Seal es mas resistente que el monocapa.

En la Foto N°5.01 podemos apreciar imágenes del subtramo Km 96+000 al Km. 97+000, donde según los resultados obtenidos de campo se puede apreciar que hay un mayor metrado de la falla de contracción, en las imágenes se muestra una de las posibles causas de la aparición de esta falla debido al agua. Las imágenes muestra un camión cisterna dejado agua por todo su recorrido, en la segunda foto se puede apreciar como el agua se va empozando, para luego filtrarse en el monocapa, en la foto 3 el agua ya se infiltro y se puede apreciar como se forma la falla de contracción.

En el subtramo monocapa del Km. 97+000 al Km. 98+000 se obtuvo un rango de clasificación buena; tal como se puede apreciar en los cuadros de resultados este es uno de los tramos mas deteriorado, donde se pueden apreciar la mayor diversidad de tipos de fallas del tramo de carretera a evaluar.

En los subtramos monocapa Km 96+000 al 97+000 y el Km 98+000 al 99+000 se puede observar que a pesar de ser una superficie monocapa, se encuentra más conservada en comparación de los otros 2 tramos monocapa evaluado, lo que indicaría que hubo un mejor control en la construcción de dichos tramos.

RECOMENDACIONES

A pesar que el resultado del PCI de los subtramos Km. 94+000 al Km. 95+000 y el sub tramo Km 97+000 al 98+000, se clasifica como bueno, se recomienda que para valores de PCI menores a 70 se intervenga mediante una rehabilitación, aún siendo esta carretera mejorada y este en continuo mantenimiento.

Para el subtramo Km. 95+000 al Km 96+000 se clasifica como excelente, con un PCI de 94 , como dicho valor es mayor a 70 en este caso se recomienda hacer un mantenimiento preventivo debido a su alto valor de PCI.

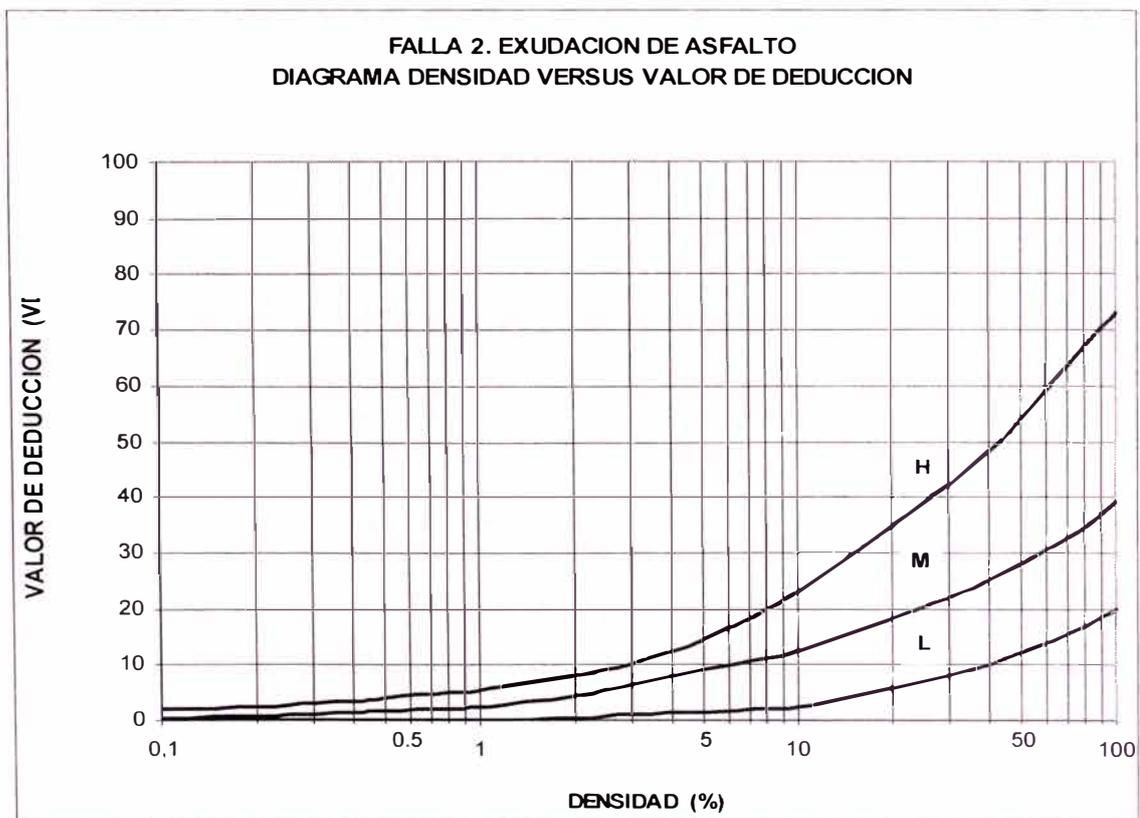
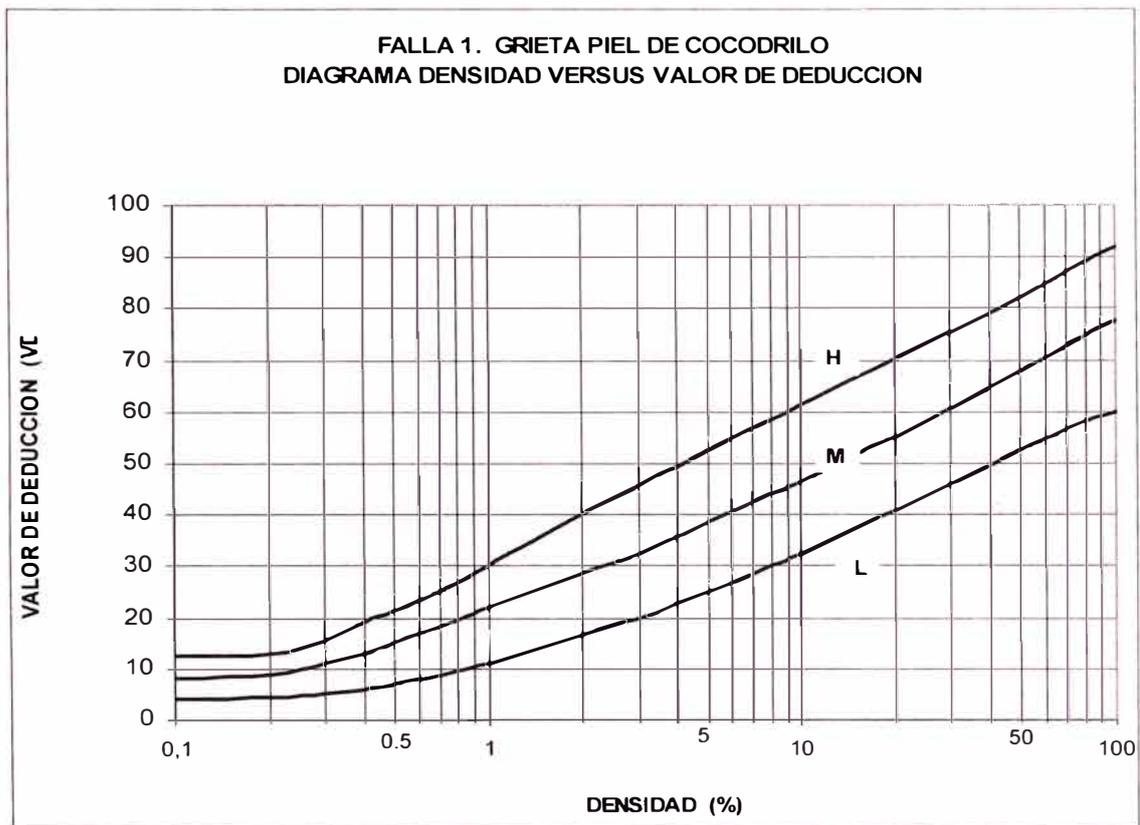
En los subtramos monocapa Km 96+000 al 97+000 y el Km 98+000 al 99+000, se clasifican como muy bueno, en este caso se recomienda hacer un trabajo de mantenimiento preventivo.

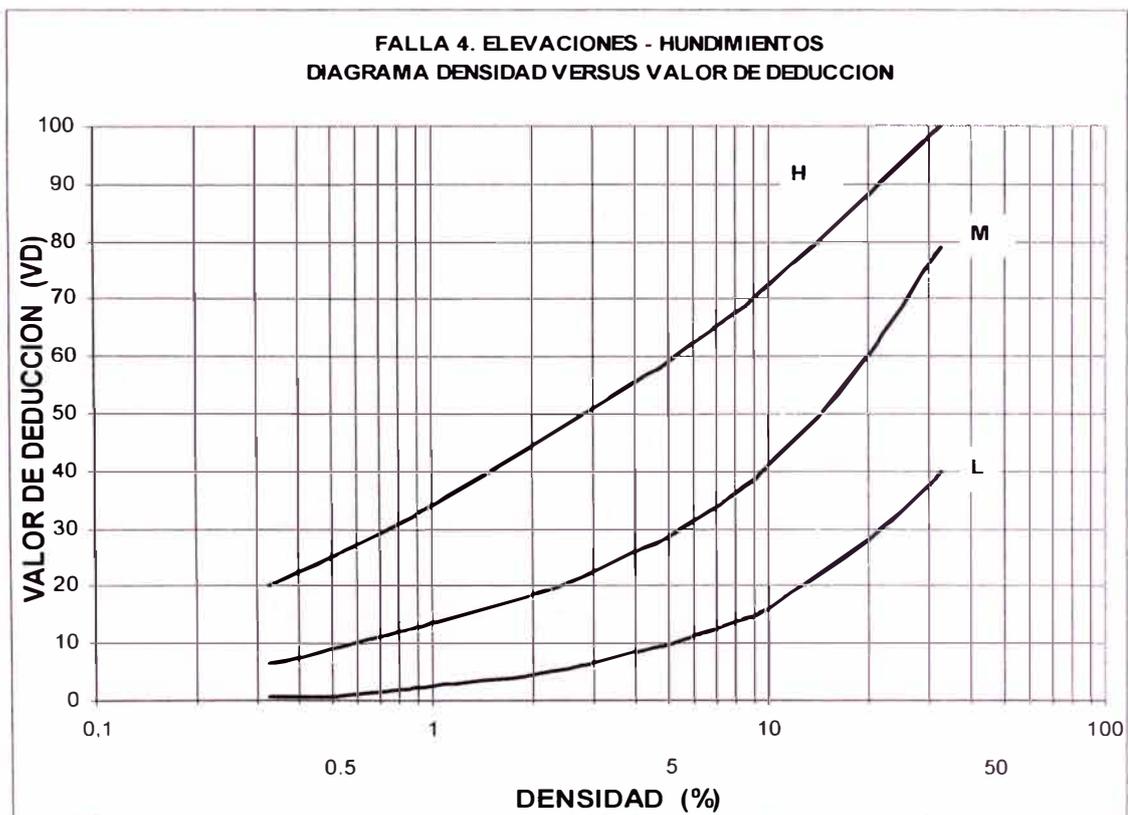
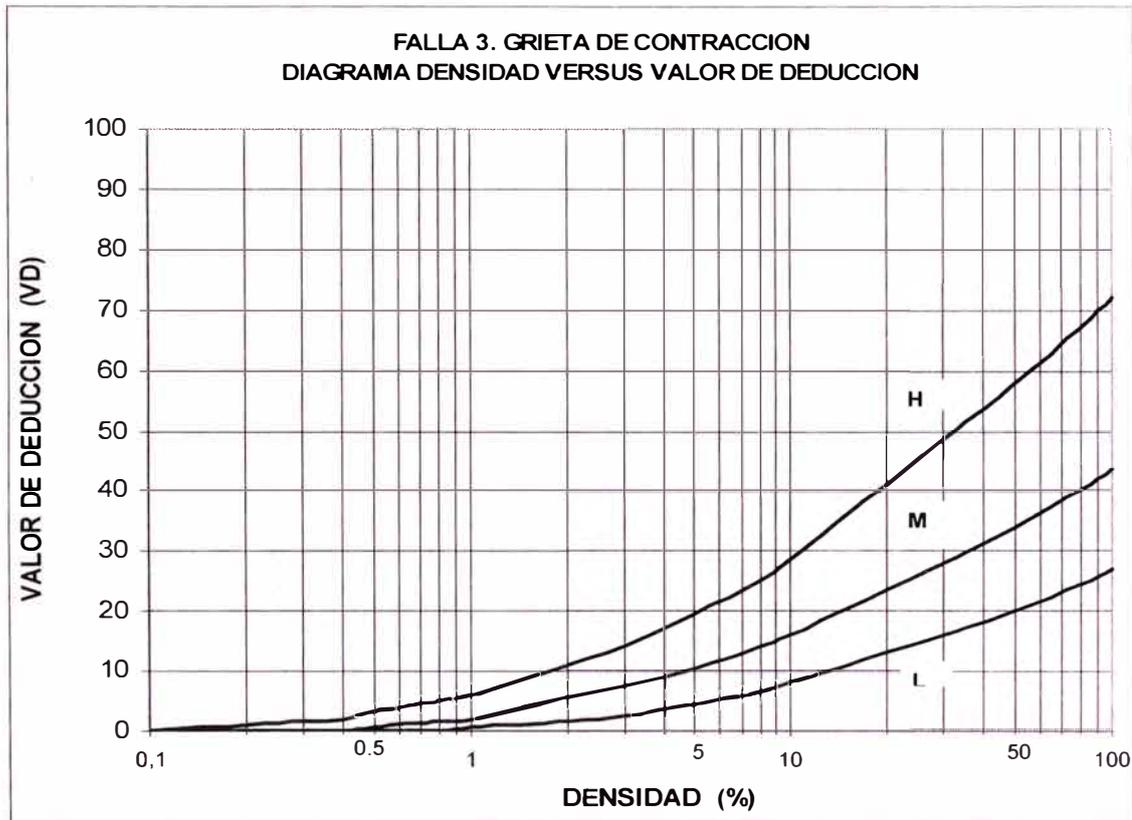
Se recomienda hacer obras de drenaje como cunetas en este tramo de carretera, ya que como se podrá observar en las fotos N° 25 y 26 carecen de cunetas y alcantarillas; tomando en cuenta que la época e lluvias en este tramo empiezan en diciembre, y esta carretera todavía aún no a sufrido su primera época de lluvias se debería tomar en cuenta soluciones de drenaje.

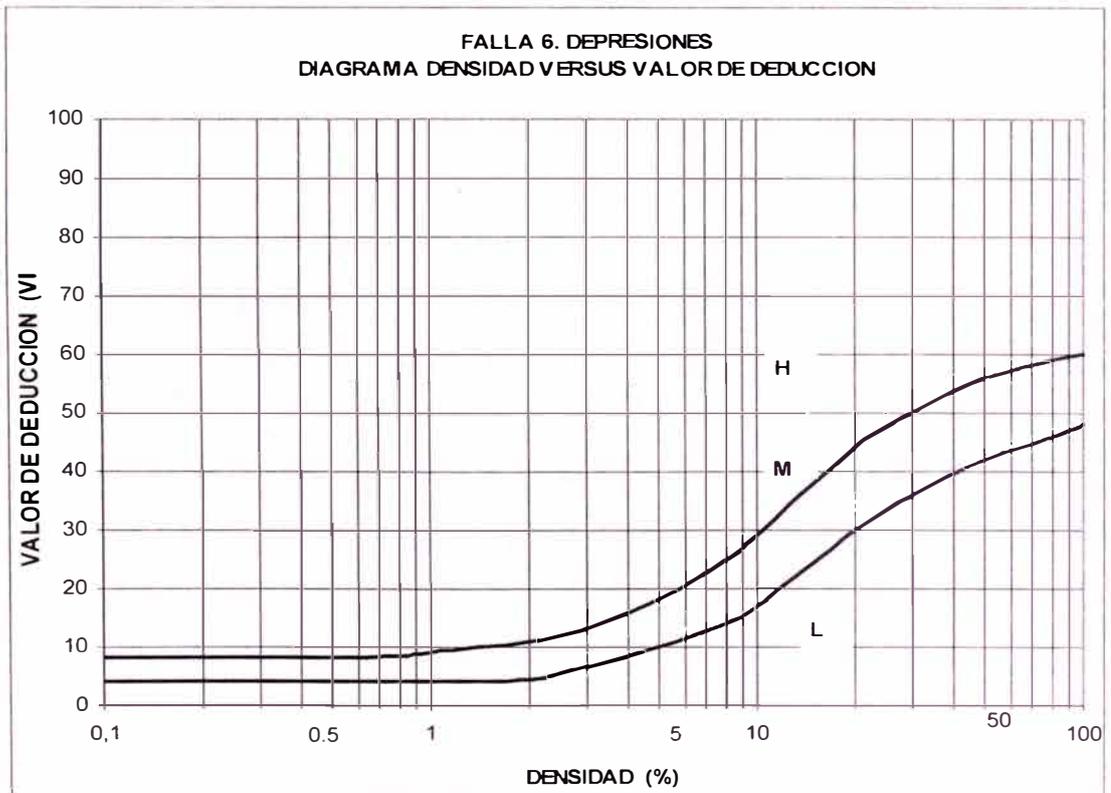
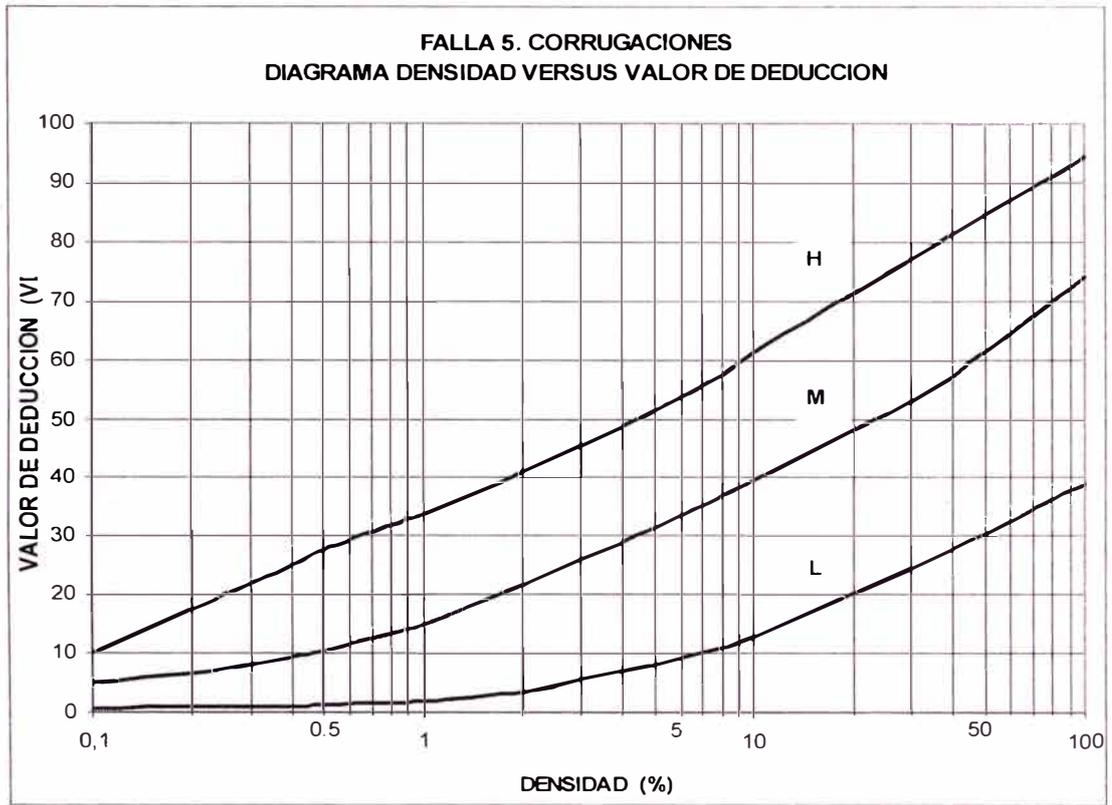
BIBLIOGRAFÍA

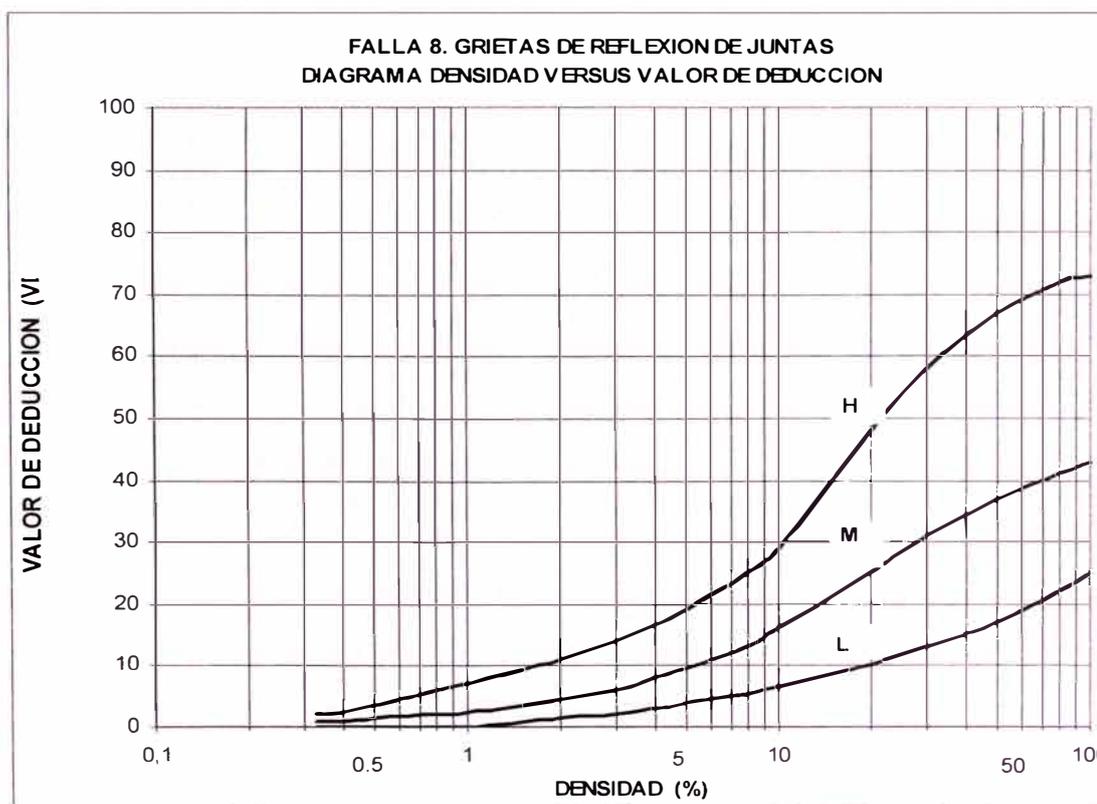
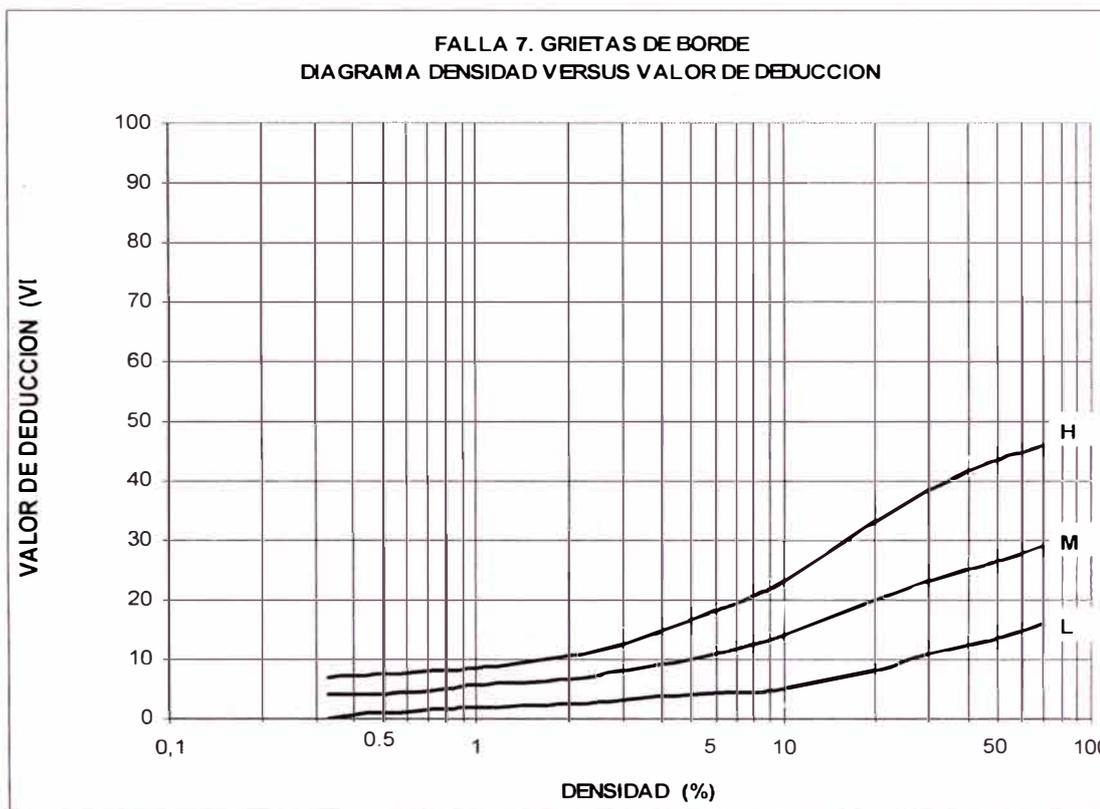
- 1 American Society for Testing and Materials (ASTM), Norma ASTM D6433-07, Standard Practice for Roads and Parking Lots Pavement Condition Index Surveys, Diciembre del 2007
- 2 American Society for Testing and Materials (ASTM), Norma ASTM D6433-03, Procedimiento Estándar para la Inspección del Índice de Condición del Pavimento en Caminos y Estacionamientos. Versión en español Publicada en Diciembre del 2003.
- 3 Cardoso, S.H. & Fernández, M.E.; "Aplicaciones Prácticas del Método PCI Para el Mantenimiento de Pavimentos de Aeropuertos", Proyecto PNUD/OACI PER/91/018, Lima, Perú, 1999.
- 4 Consejo de Directores de Carreteras de Iberia e Iberoamérica, Catálogo de Deterioro de Pavimentos Flexibles, Vol N° 11, México, 2002
- 5 Ccahuay Azurza, Martha; Evaluación del Fisuramiento Temprano en Carpeta Asfáltica Nueva Aplicación del Sector "Cuesta Toro", KM 850+000 al KM 800+000 Panamericana Sur, Informe de Suficiencia, UNI-FIC, Lima - Perú, 1998.
- 6 Gutiérrez Lazares, José Wilfredo; Modelación Geotécnica de Pavimentos Flexibles con fines de Análisis y Diseño en el Perú, Tesis de Maestría, UNI-FIC, Lima-Perú, 2007.
- 7 MTC, Provías Nacional; Mejoramiento y Rehabilitación de la Carretera Ruta 22, Tramo: Lunahuana - Yauyos - Chupaca, Estudio a nivel de Factibilidad, 2005.
- 8 Vásquez Valera, Luís Ricardo; Ingeniería de Pavimentos (INGEPAV), Manizales Colombia, 2002.

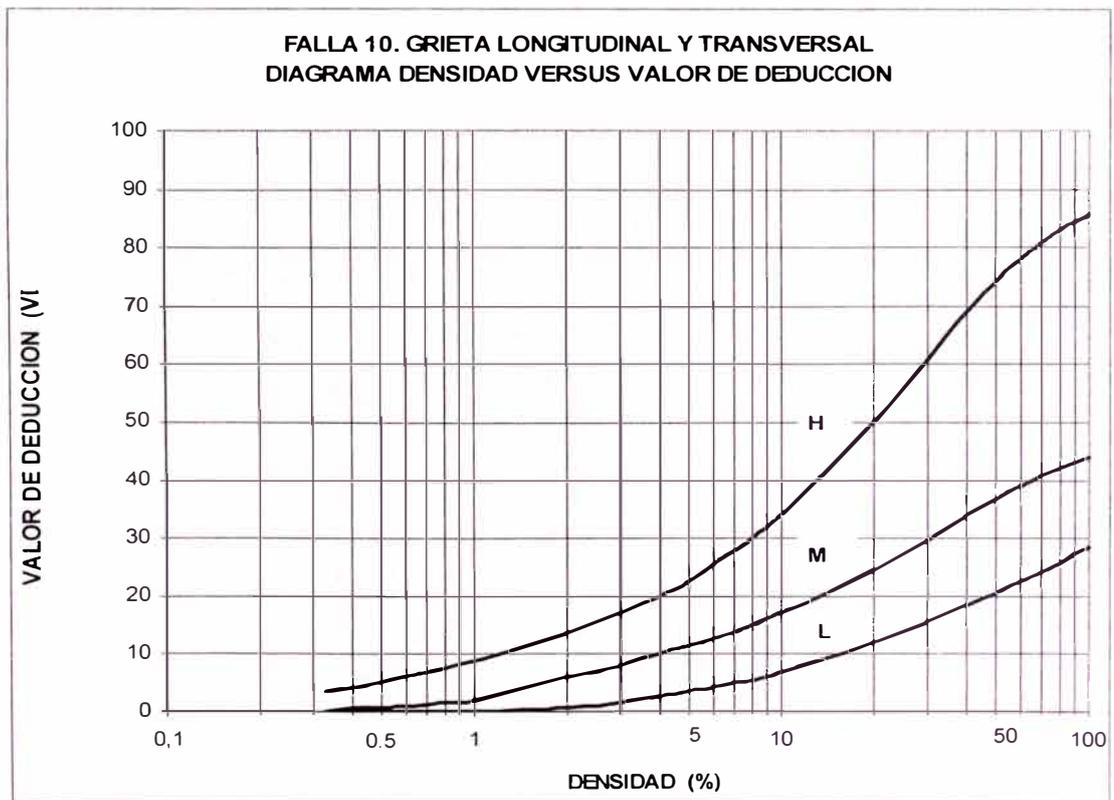
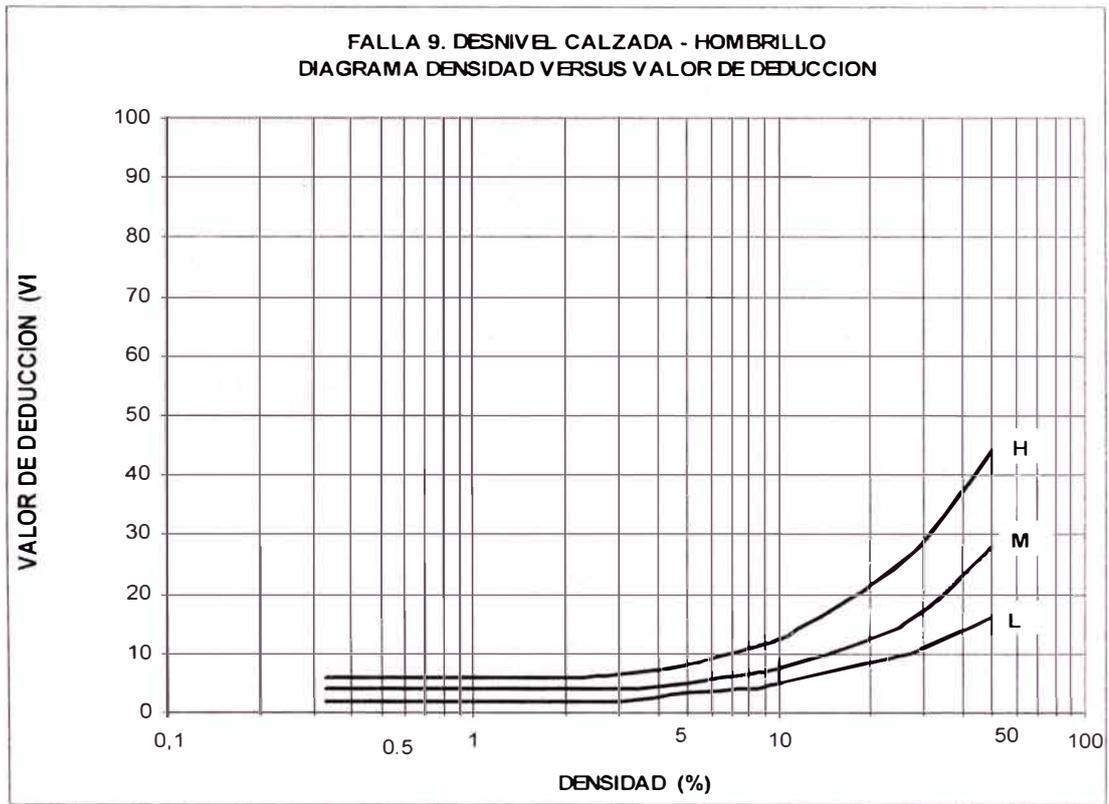
ANEXOS ABACOS

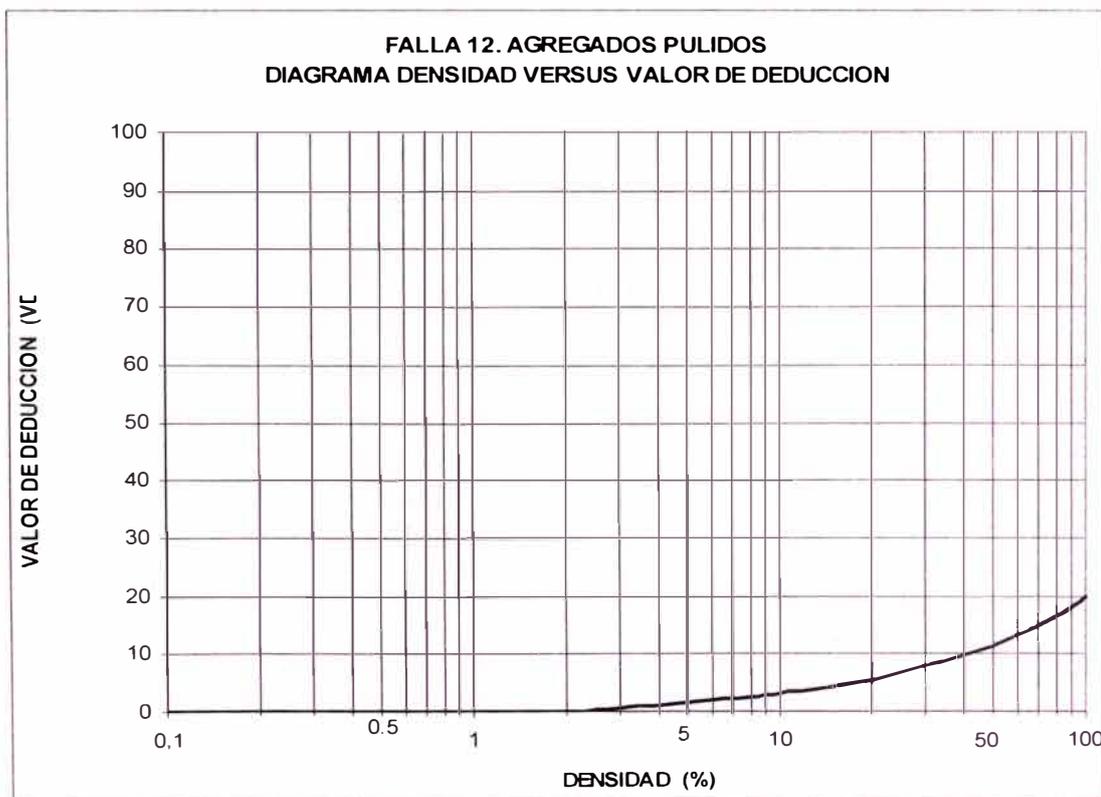
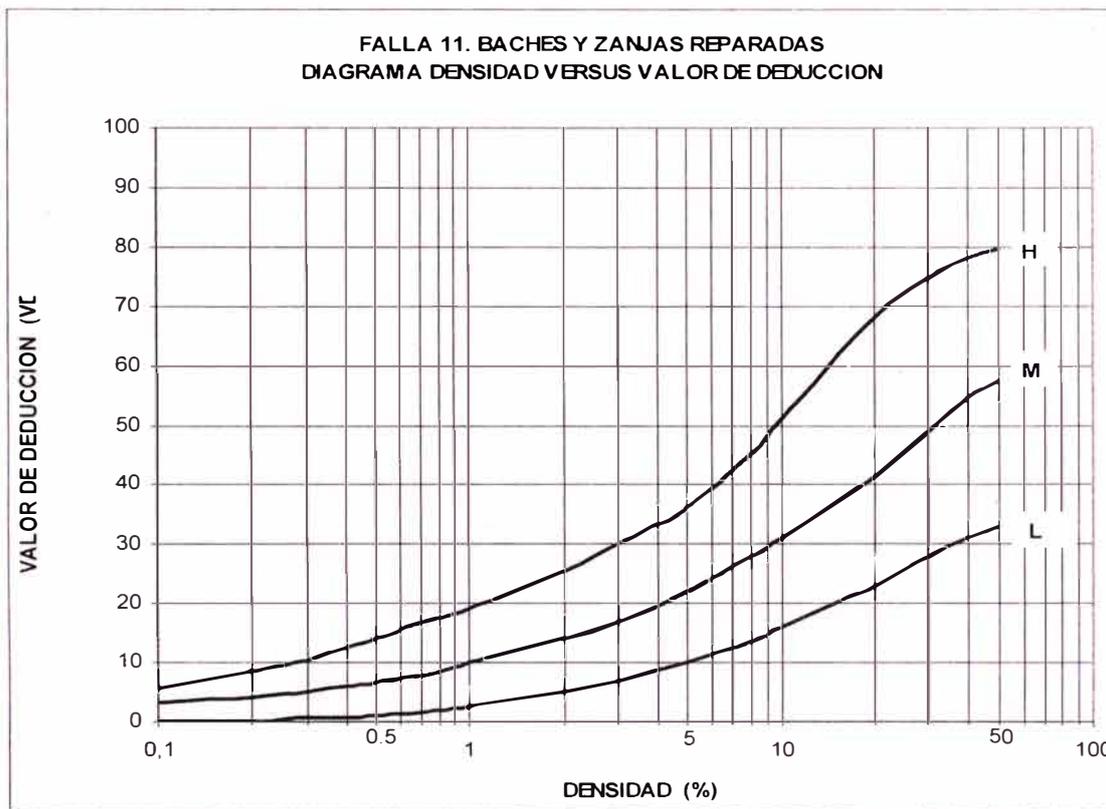


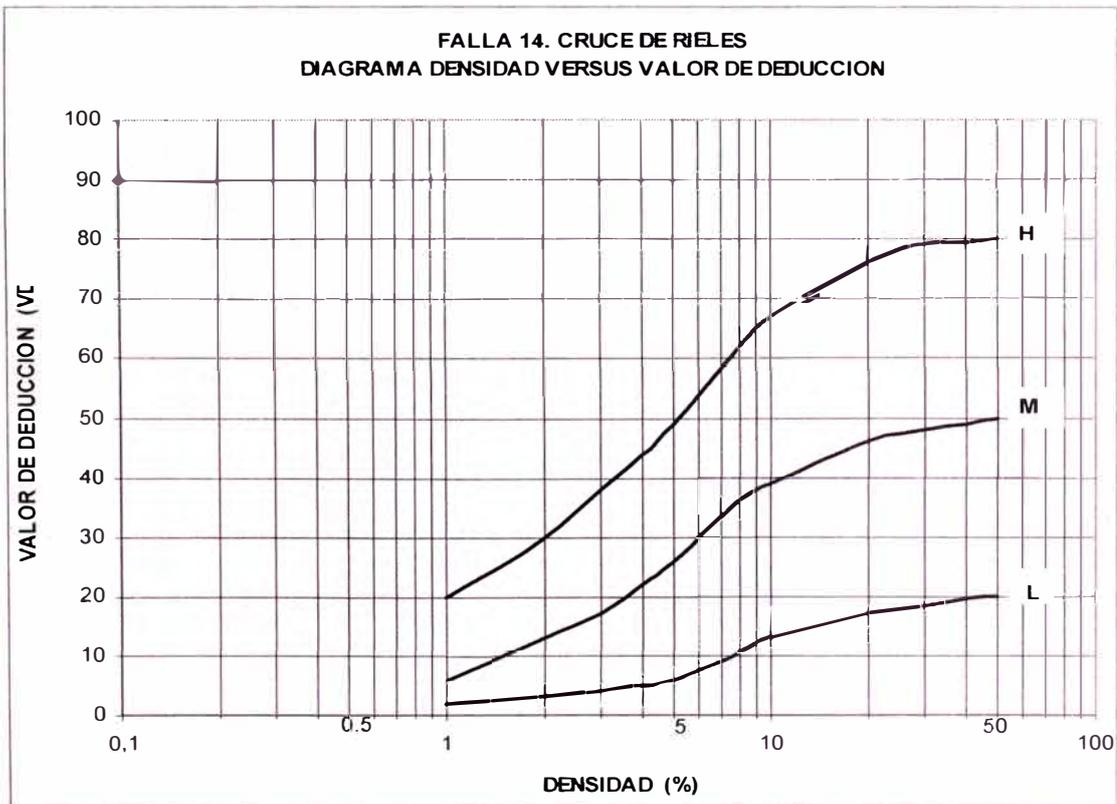
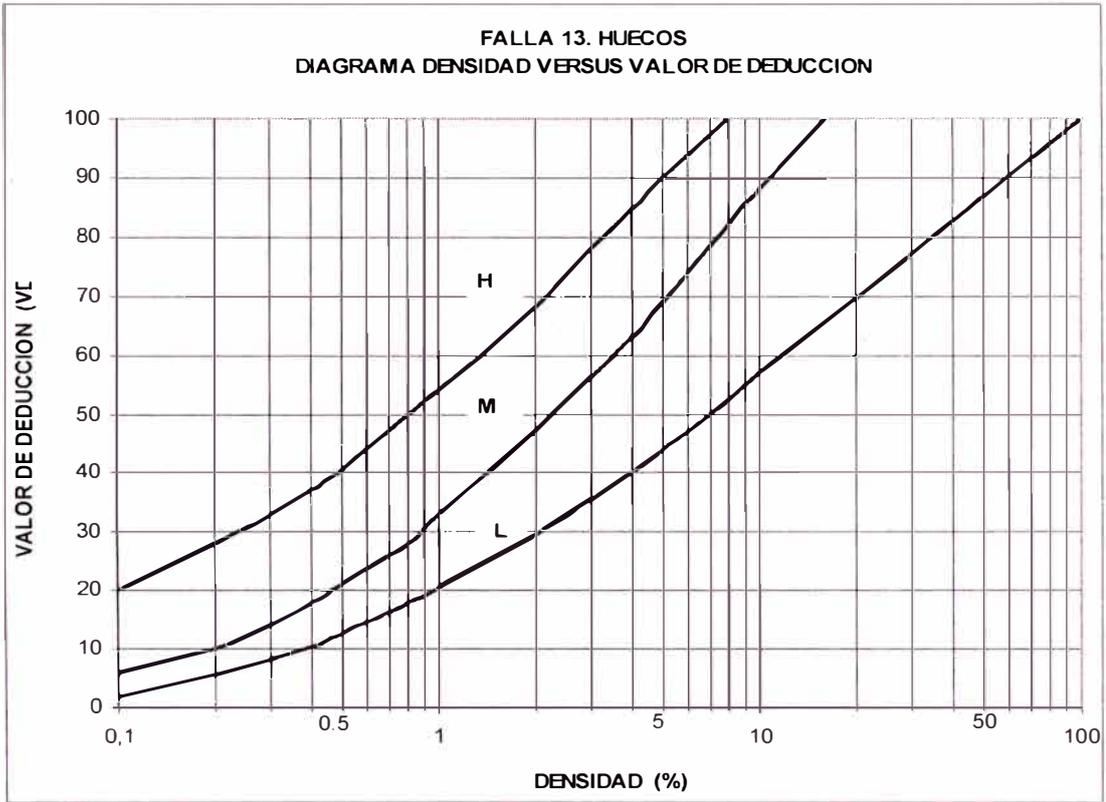


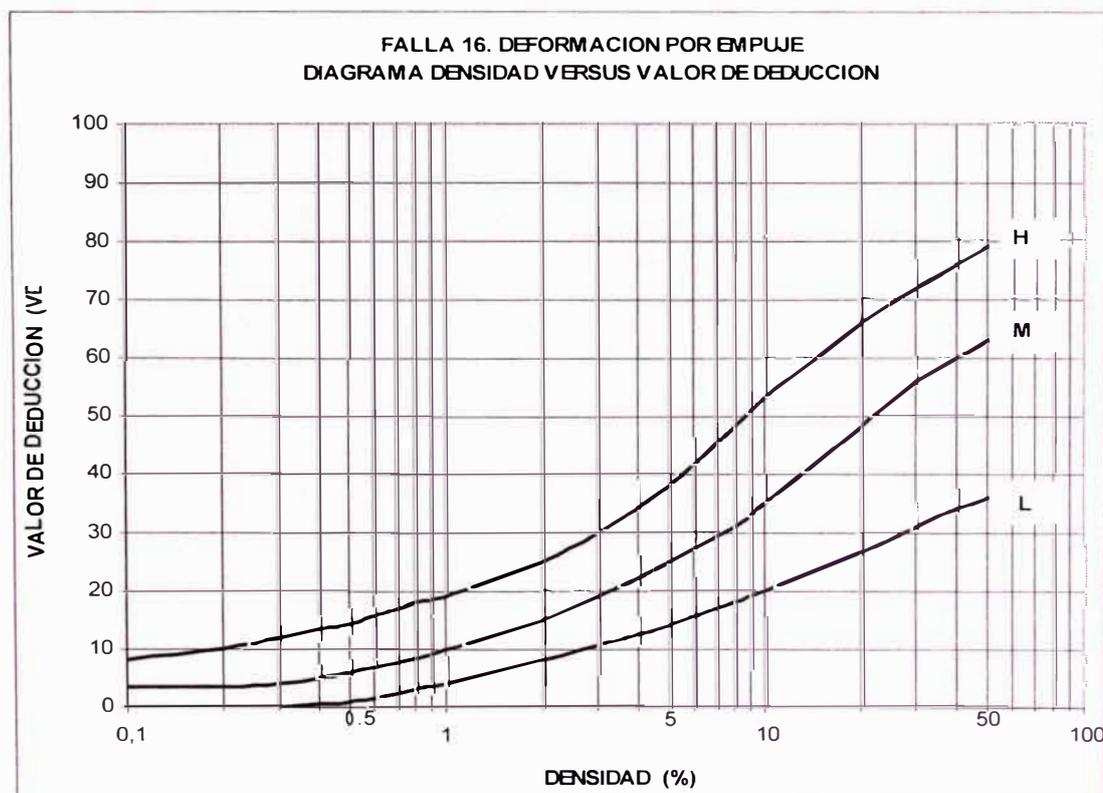
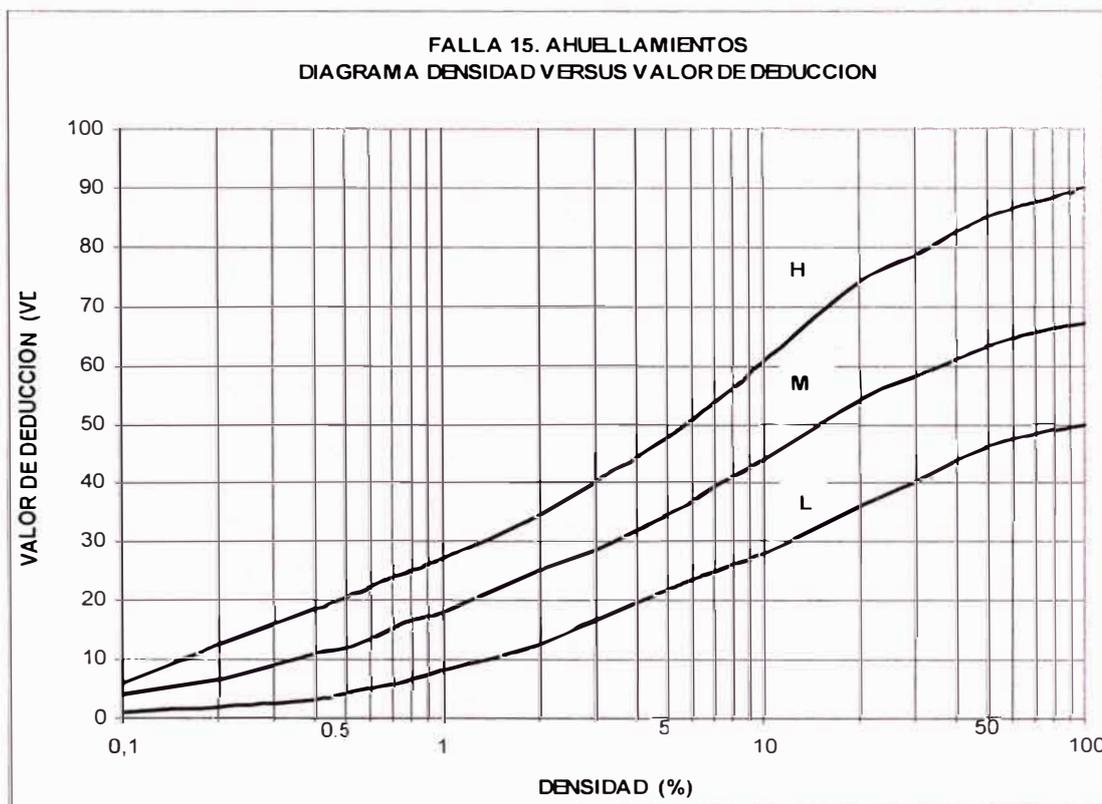


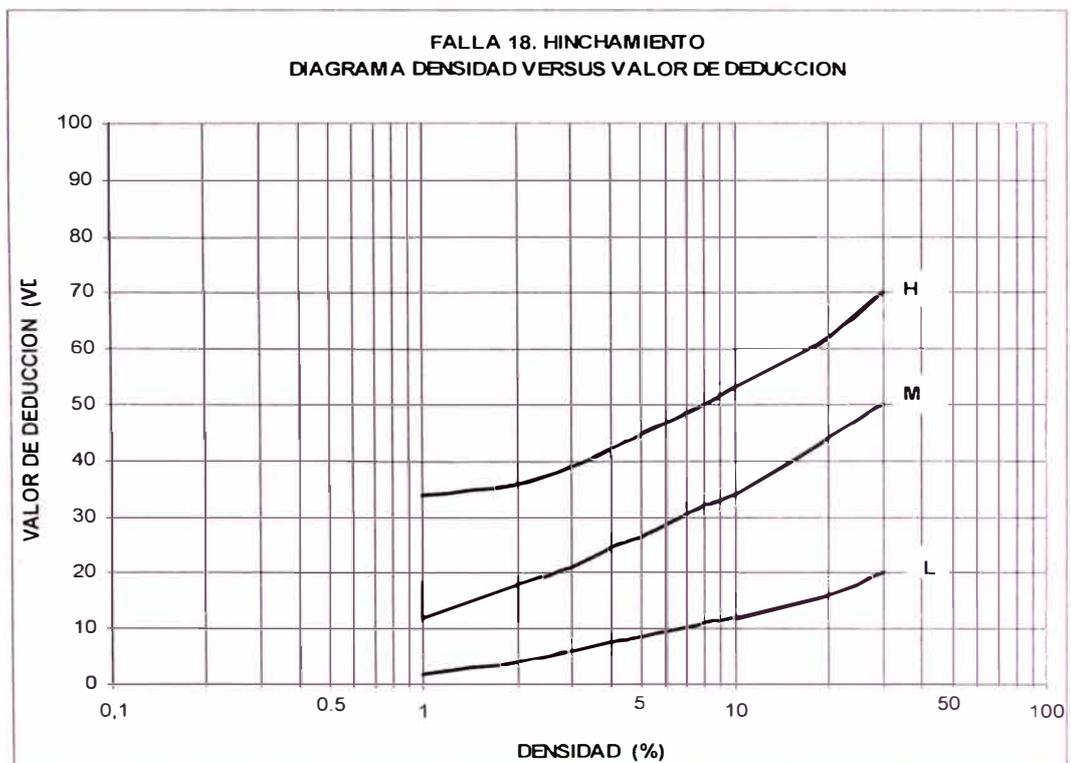
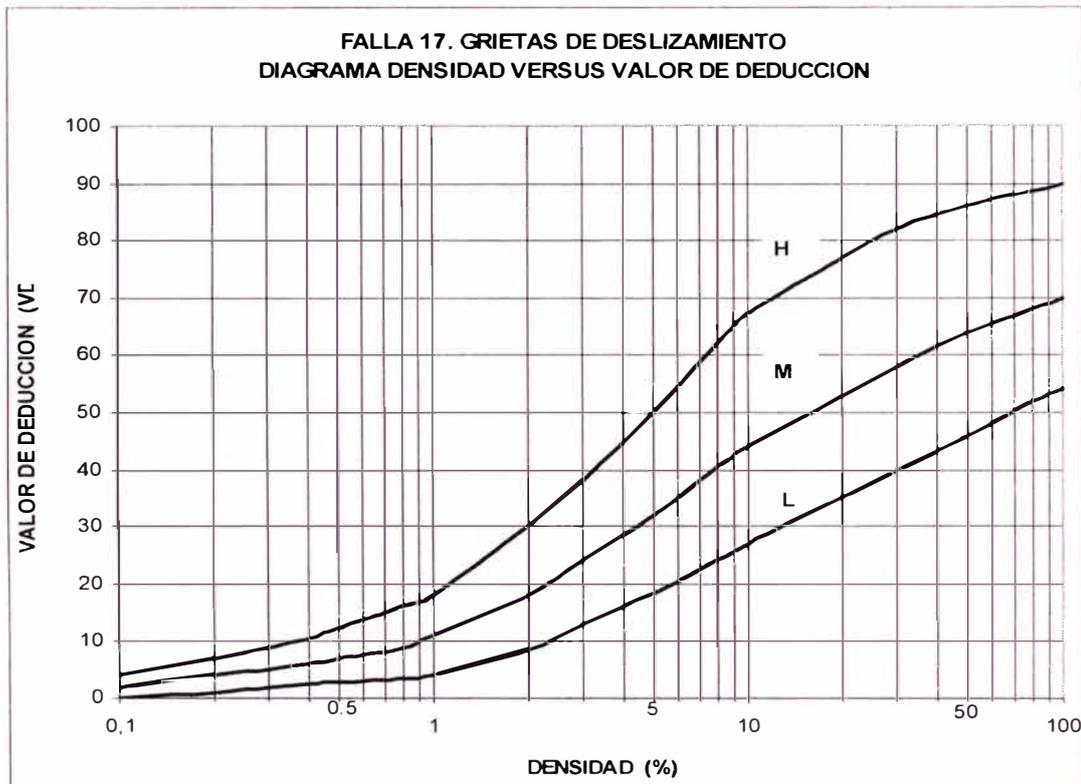


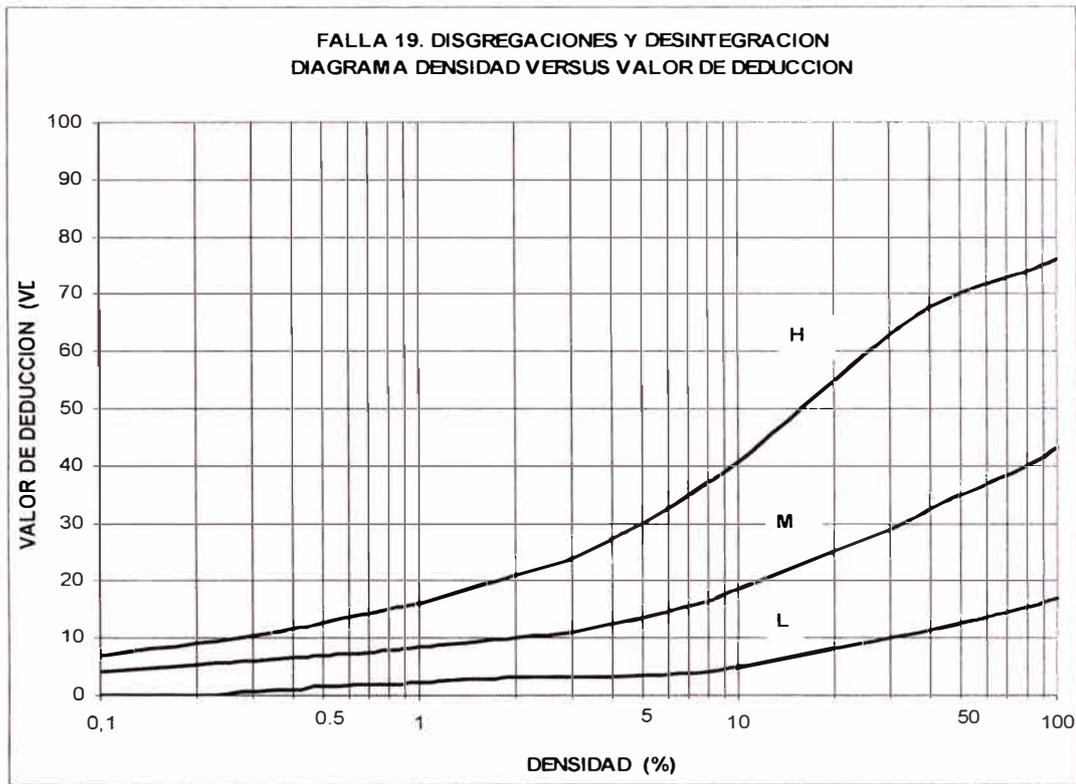












**GRAFICA: CURVA DE DEDUCCION PARA
 SUPERFICIE ASFALTICA**

