

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



**EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL POR EL  
MÉTODO DEL PCI, CARRETERA CAÑETE-CHUPACA.  
MODELO DEL DETERIORO Y CONTRASTACIÓN EN CAMPO**

**INFORME DE SUFICIENCIA**

**Para optar el Título Profesional de:**

**INGENIERO CIVIL**

**ENRIQUE VARA CÁRDENAS**

**Lima- Perú**

**2011**

**Dedicado a mis padres  
pues sin ellos no hubiese  
logrado mis metas**

	Pág.
<b>RESUMEN</b>	05
<b>LISTA DE CUADROS</b>	06
<b>LISTA DE FIGURAS</b>	07
<b>LISTA DE FOTOS</b>	08
<b>LISTA DE SÍMBOLOS</b>	09
<b>INTRODUCCIÓN</b>	10
<b>CAPITULO I: GENERALIDADES</b>	12
1.1 ANTECEDENTES	12
1.2 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	13
1.3 UBICACIÓN	15
1.3.1 Límites	15
1.3.2 Zona y Poblaciones Involucradas	16
1.4 CLIMA Y GEOGRAFÍA	16
1.4.1 Clima	16
1.4.2 Geografía	18
1.5 DATOS TÉCNICOS DE LA ZONA	19
1.5.1 Diseño Estructural	19
<b>CAPITULO II: ESTADO DEL ARTE DEL METODO PCI</b>	20
2.1 ANTECEDENTES Y EVOLUCIÓN DEL PCI	20
2.2 APLICACIÓN DEL MÉTODO EN EL PERÚ	21

<b>CAPITULO III: FUNDAMENTO TEÓRICO</b>	<b>24</b>
3.1 MARCO TEÓRICO	24
3.2 CARACTERÍSTICAS DEL MÉTODO	24
3.3 RANGOS DE CALIFICACIÓN	25
3.4 IDENTIFICACIÓN Y TIPOS DE FALLAS EN EL PAVIMENTO	26
3.4.1 Piel de Cocodrilo	27
3.4.2 Exudación	28
3.4.3 Agrietamiento en Bloque	29
3.4.4 Abultamientos y Hundimientos	31
3.4.5 Corrugación	32
3.4.6 Depresión	33
3.4.7 Grieta de borde	34
3.4.8 Grieta de Reflexión de Juntas	35
3.4.9 Desnivel Carril / Berma	37
3.4.10 Grietas Longitudinales y Transversales	38
3.4.11 Parcheo y Acometidas de Servicios Públicos	40
3.4.12 Pulimiento de agregados	41
3.4.13 Huecos	42
3.4.14 Cruce de vía férrea	44
3.4.15 Ahuellamiento	45
3.4.16 Desplazamiento	46
3.4.17 Grietas Parabólicas	47
3.4.18 Hinchamiento	48

3.4.19 Meteorización / Desprendimiento de Agregados	49
<b>CAPITULO IV: MODELO DE DETERIORO</b>	<b>51</b>
4.1 DEFINICIÓN DE FALLAS EN PAVIMENTO	51
4.2 AGENTES EXTERNOS E INTERNOS DE ORIGEN DE FALLAS	51
4.2.1 Agentes Externos	52
4.2.2 Agentes Internos	53
4.3 EVOLUCIÓN DE FALLAS EN EL TIEMPO	55
4.4 INCIDENCIA DE LOS TIPOS DE FALLA EN EL NIVEL DE SERVICIABILIDAD	55
<b>CAPITULO V: APLICACIÓN DEL MÉTODO</b>	<b>56</b>
5.1 INSPECCIÓN DE LA CARRETERA	56
5.1.1 Unidades de Muestreo	56
5.1.2 Determinación de las Unidades de Muestreo para Evaluación	56
5.1.3 Selección de las Unidades de Muestreo para Inspección	57
5.1.4 Selección de Unidades de Muestreo Adicionales	58
5.1.5 Evaluación de la Condición	58
5.2 METRADO DE FALLAS	59
5.3 PROCESAMIENTO DE DATOS Y CÁLCULO DEL PCI	62
5.3.1. Cálculo del PCI de las unidades de muestreo	62
<b>CAPITULO VI: ANÁLISIS DE RESULTADOS</b>	<b>65</b>
6.1 EVALUACIÓN DE LA INCIDENCIA DE LAS FALLAS	65
6.2 MEDIDAS CORRECTIVAS A CORTO PLAZO	66

<b>6.3 MEDIDAS CORRECTIVAS A LARGO PLAZO</b>	<b>67</b>
<b>CONCLUSIONES</b>	<b>68</b>
<b>RECOMENDACIONES</b>	<b>69</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>70</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>71</b>

## RESUMEN

Entre los diversos métodos para determinar la evolución en el tiempo del grado de serviciabilidad de una carretera evaluada, se pueden citar los siguientes métodos: la Viga Benkelman, Ensayos de densidad en Campo, Rugosímetro, Método Visual, etc., cada uno de estos válidos y con su propio método de cálculo de la serviciabilidad. Para el caso de carreteras de bajo volumen de tránsito, se ha optado por usar el método del Índice de condición del pavimento (PCI, Pavement Condition Index), el cual es un método completamente normado y el cual ha mostrado resultados bastante confiables en lo que se refiere a la evaluación del nivel de serviciabilidad en pavimentos rígidos y flexibles. Así se hará uso de este método para la evaluación de las carreteras de bajo volumen de tránsito pues las fallas que presentan son muy similares a las de los pavimentos flexibles, estos pavimentos de bajo volumen de tránsito en nuestro país son construidos mayoritariamente con una capa de Slurry Seal o se aplica el tratamiento superficial Monocapa. Se hará hincapié en el modelo de deterioro de este tipo de fallas comunes, qué causas la originan, cuál es el proceso de deterioro, cuanto afecta esto al pavimento y cuáles son las medidas correctivas de corto plazo, y cuales las de largo plazo.

El problema que se trata de resolver es la poca optimización de recursos en los contratos de mantenimiento y conservación de carreteras de bajo volumen de tránsito. Para solucionar esto se hace uso del método del PCI y a su vez a partir del modelo de deterioro obtenido con el método, se proponen las medidas correctivas a corto y largo plazo, para así tener un buen balance entre grado de serviciabilidad y costos de mantenimiento

El objetivo de este informe será brindar pautas, en base al modelo de deterioro obtenido, con las cuales optimizar los recursos disponibles en los contratos de conservación y mantenimiento de carreteras de bajo volumen de tránsito. Entre los objetivos específicos que persigue este informe están:

- Determinar los problemas característicos en este tipo de vías y determinar sus causas
- Obtener el modelo de deterioro del pavimento en este tipo de carreteras.
- Señalar las acciones a realizarse a largo plazo teniendo en cuenta los resultados obtenidos.

## LISTA DE CUADROS

Cuadro N° 1.01	Datos Generales del proyecto	14
Cuadro N° 1.02	Longitud de tramos del proyecto	15
Cuadro N° 1.03	Datos Geográficos del proyecto	16
Cuadro N° 3.01	Rangos de Calificación PCI	23
Cuadro N° 3.02	Relación de fallas PCI	24
Cuadro N° 3.03	Clasificación de Severidad en Huecos	41
Cuadro N° 5.01	Cuadro resumen de resultados de PCI	57
Cuadro N° 5.02	Modelo de ficha de cálculo del PCI	62



## LISTA DE FIGURAS

Figura N° 1.01	Vista general del proyecto	13
Figura N° 1.02	Mapa del proyecto	17
Figura N° 2.01	Factores que interfieren en el diseño, y desempeño, costo del proyecto y costo del mantenimiento de los pavimentos.	23
Figura N° 6.01	Curva PCI vs Tiempo	63

## LISTA DE FOTOS

Foto N° 3.01	Falla Piel de Cocodrilo	26
Foto N° 3.02	Falla Exudación	27
Foto N° 3.03	Falla Agrietamiento en Bloque	29
Foto N° 3.04	Falla Abultamientos y Hundimientos	30
Foto N° 3.05	Falla Corrugación	31
Foto N° 3.06	Falla Depresión	32
Foto N° 3.07	Falla Grieta de Borde	33
Foto N° 3.08	Falla Grieta de Reflexión de Juntas	35
Foto N° 3.09	Falla Desnivel Carril/Berma	36
Foto N° 3.10	Falla Grietas Longitudinales Transversales	37
Foto N° 3.11	Falla Parcheo y Acometida de Servicios Púb.	39
Foto N° 3.12	Falla Pulimiento de agregados	40
Foto N° 3.13	Falla Huecos	41
Foto N° 3.14	Falla Cruce de Vía Férrea	42
Foto N° 3.15	Falla Ahuellamiento	44
Foto N° 3.16	Falla Desplazamiento	45
Foto N° 3.17	Falla Grietas Parabólicas	46
Foto N° 3.18	Falla Hinchamiento	47
Foto N° 3.19	Falla Meteorización/Desprendimiento de agreg.	48

## LISTA DE SÍMBOLOS

- PCI : Índice de condición del pavimento (Pavement Condition Index)
- $m_i$  : 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
- $\sigma$  : Desviación estándar del PCI
- L : Condición baja del pavimento
- M : Condición media del pavimento
- H : Condición alta del pavimento

## INTRODUCCIÓN

El modelo de deterioro que se presenta en las carreteras de bajo volumen de tránsito, se puede representar de diversas maneras ya sea cualitativamente mediante observaciones repetidas en campo y tomando nota de el grado de daños observados a lo largo de la carretera, y también cuantitativamente mediante datos obtenido por diversos métodos, como el PCI, VIZIR, etc., y con los cuales se construyen curvas teóricas de serviciabilidad, las cuales al compararlas y proyectarlas, permiten obtener interesantes datos acerca de la duración de la vida útil de un pavimento.

En las carreteras de bajo volumen de tránsito no existe en el Perú aún una norma que indique que métodos se deban emplear para su respectivo mantenimiento, y menos aún que métodos se deban emplear para determinar la frecuencia de éstos y los tipos de trabajo a realizarse.

Teniendo estas dos premisas se desarrolla la evaluación de este tipo de vías, utilizando el método del PCI, el cual es un método bastante confiable y el cual esta normado en lo que se refiere a pavimentos rígidos y flexibles. Cabe señalar que estos pavimentos de bajo volumen de tránsito, normalmente tratamientos superficiales Monocapa o Slurry Seal, presentan un comportamiento estructural similar al de un pavimento flexible. Así en base a este método se determinará el grado de serviciabilidad de estas vías, y cuáles son los problemas que más afectan a estas. Para el correcto entendimiento y desarrollo del tema a tratar se cuenta con seis capítulos.

En el Capítulo I se tratan todos los aspectos relevantes a la carretera para tener una visión completa del área de estudio en la cual se efectuó el trabajo, asimismo se presentan antecedentes de la zona donde se indica el tipo de población que habita, que usos se le da actualmente a la carretera y cuáles son sus proyecciones a futuro.

El Capítulo II indica ya sobre el método del PCI, cómo fue ideado, cuáles son sus condiciones óptimas de aplicación y cuantas a su vez es su aplicación en el Perú, en qué tipos de vías es utilizado y qué calidad de resultados se han obtenido, además se hace una pequeña exposición de por qué se aplicó este método en las carreteras de bajo volumen de tránsito.

El Capítulo III muestra detalladamente el método del PCI, consideraciones para su aplicación, los tipos de fallas identificables, toma de datos en campo, calculo en gabinete, obtención de resultados e interpretación de estos.

El Capítulo IV es la aplicación del modelo de deterioro en la carretera evaluada, para esto se hace incidencia en la definición de falla, las causas que la originan, cómo evolucionan éstas, qué factores la producen y cuál es la incidencia de cada una de éstas en el grado de serviciabilidad de la vía.

En el Capítulo V se presenta la metodología empleada en campo, cuales son los factores a considerarse y cuáles fueron los resultados obtenidos, y en base a estos cual fue la evaluación final de la carretera, además de hacer un detalle sobre la confiabilidad de los resultados obtenidos.

El Capítulo VI representa el análisis de los datos obtenidos en campo pues se muestra cuales fueron los tipos de fallas encontrados, cual son las más severas, cuales las más comunes, etc. y cuales serian las medidas correctivas a tomarse en largo y corto plazo para así lograr una optimización en los recursos.

## **CAPITULO I: GENERALIDADES**

### **1.1 ANTECEDENTES**

La carretera Cañete – Yauyos – Huancayo fue proyectada y ejecutada por tramos durante el 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.

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 Lunahuaná – 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 Lunahuaná – 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 Lunahuaná - 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.

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 figura 1.01 muestra la vista general del trazo de la carretera..

Figura N° 1.01 Vista general del proyecto



Fuente: MTC

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”, los datos generales del proyecto se muestran en el cuadro 1.01, en este proyecto se 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.

Cuadro N° 1.01 Datos Generales del proyecto

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

Fuente: Elaboración Propia

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.



### 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. Se muestra en el cuadro N° 1.02 la longitud de sub tramos de carretera

Cuadro N° 1.02 Longitud de tramos del proyecto

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.
<b>Longitud total de carretera</b>		<b>271.73 Km.</b>

Fuente: Elaboración Propia

#### 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 Chíncha y por el Oeste con Mala. Se muestra en el cuadro N° 1.03 los datos geográficos del proyecto.

Políticamente el tramo une las provincias de Cañete, Yauyos (Departamento de Lima) y Chupaca, Concepción (Departamento de Junín).

Cuadro N° 1.03 Datos Geográficos del proyecto

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

Fuente: Elaboración Propia

### 1.3.2 Zona y Poblaciones Involucradas

Región : Lima y Junín.

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

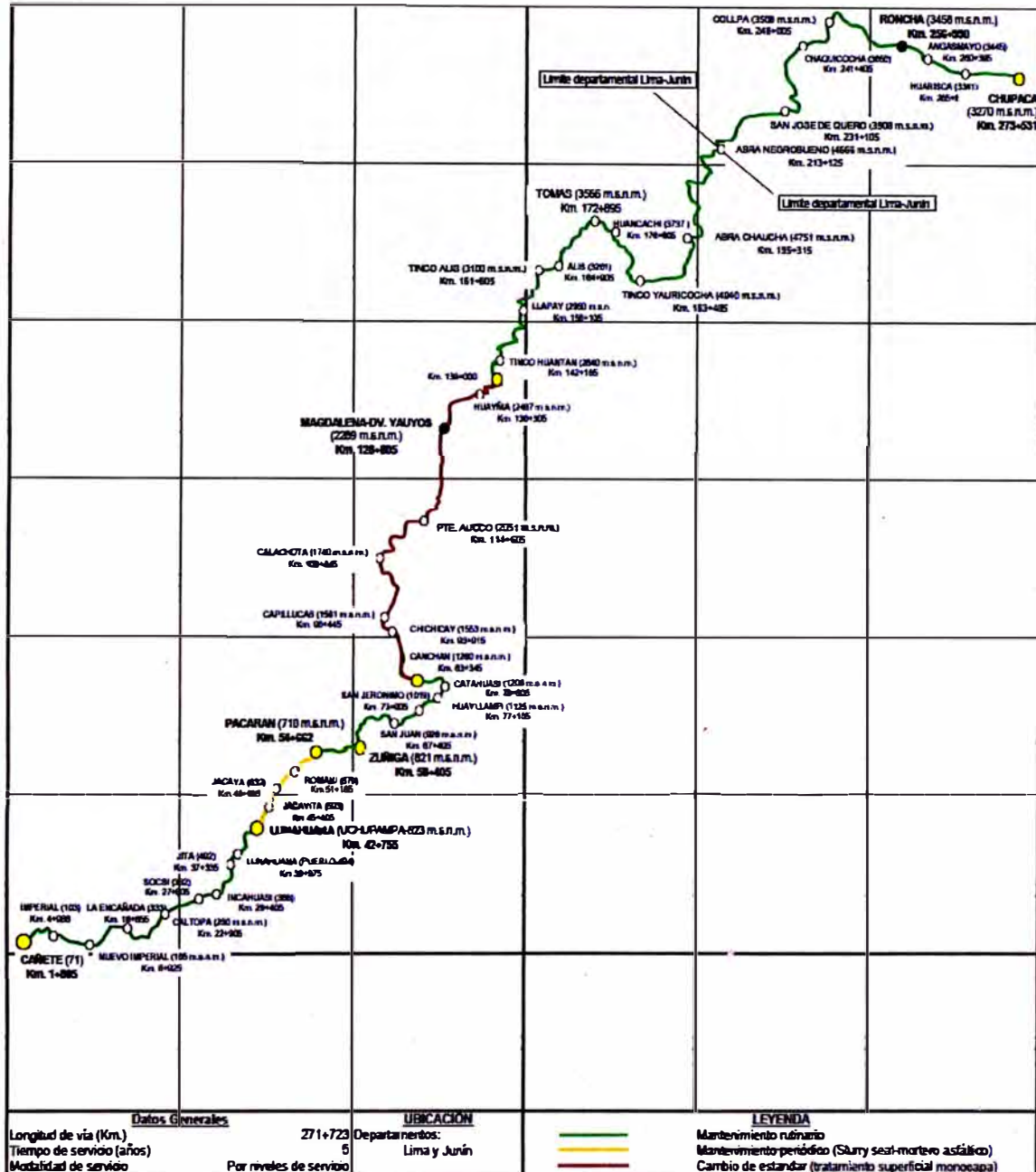
Distrito : San Vicente, San Luis, Imperial, Nuevo Imperial, Lunahuaná, Zúñiga, Chocos, Ayauca, Caca, Catahuasi, Putinza, Yauyos, Colonia, Carania, Huantan, Laraos, Miraflores, Alis, Vitis, Tomas, Yanacancha, Ahuac, Huachac, Chupaca, Huamancaca Chico, Chambaza, San José de Quero, Sincos, El Tambo, Huancayo,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

## 1.4 CLIMA Y GEOGRAFÍA

### 1.4.1. Clima

El área comprometida por el proyecto involucra, como se muestra en la figura 1.02, diferentes regiones naturales según la clasificación del Dr. Javier Pulgar Vidal (expuesta en su "Geografía del Perú"), y estas son:

Figura N° 1.02 Mapa del proyecto  
**CARRETERA CAÑETE-LUNAHUANA-PACARAN-ZUÑIGA-DV. YAUYOS-RONCHA-CHUPACA**



Fuente: Proyecto-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.

#### 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, resacas 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.

## 1.5 DATOS TÉCNICOS DE LA ZONA

### 1.5.1 Diseño Estructural

La carretera presenta tres tramos bien definidos en lo que se refiere a conformación de su estructura.

En un primer tramo, Cañete – Lunahuaná el pavimento es asfáltico, con una sub-base de 30cm, una base 25cm y una carpeta asfáltica de 7.5 cm (3").

En el tramo Cañete – Catahuasi, se cambia un una estructura conformada por una base estabilizada de 40 cm de espesor, la cual es protegida por una capa de Slurry Seal.

En el tramo Final Catahuasi – Chupaca, la carretera está conformada por una base afirmada de 40 a 50 cm que es tiene por superficie de rodadura un tratamiento superficial Monocapa.

Cabe destacar que la carretera luego del poblado de Lunahuaná presenta anchos variables que van desde los 3.30m. hasta los 7.00m. en ciertos sectores.

## **CAPITULO II: ESTADO DEL ARTE DEL METODO PCI**

### **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

## 2.3 OBJETIVOS DE LA APLICACIÓN DEL METODO

Una de las grandes preocupaciones de los administradores e ingenieros de infraestructura de carreteras es el mantenimiento. La preservación del valor del patrimonio de las áreas pavimentadas depende, fundamentalmente, del mantenimiento de rutina y/o correctivo. Pavimentos en buenas condiciones proporcionan además de menores costos, mayor seguridad a los usuarios, la conservación y restauración es un factor importante a ser considerado.

La falta de mantenimiento significa desperdiciar inversiones realizadas anteriormente. El mantenimiento de pavimentos equivale a un costo de conservación, el gasto realizado para el mantenimiento de los pavimentos a lo largo del tiempo será compensado, pues, la no conservación de ellos trae consigo costos mayores que muchas veces no pueden ser considerados en las inversiones anuales. Con un buen mantenimiento se llega a tener un ahorro considerable en las inversiones anuales, para que los pavimentos de un aeropuerto puedan funcionar de forma segura, suave y sin que ocurra fenómenos inadecuados en la interacción vehículo/pavimento.

Actualmente, hay una gran cantidad de métodos de evaluación de las fallas superficiales de los pavimentos. Por otro lado, hay limitaciones en como transformar los resultados de las evaluaciones, sea a través de los índices que puedan ser obtenidos, o sea a través de la extensión y severidad de cada tipo de falla, en estrategias de mantenimiento de forma racional y económica.

Se presenta un de árbol de decisión que permite al ingeniero tener un puente entre las fallas identificadas en el campo y la correcta indicación de las respectivas estrategias de mantenimiento. Además, el método propuesto permite llegar a la elaboración de los presupuestos correspondientes.

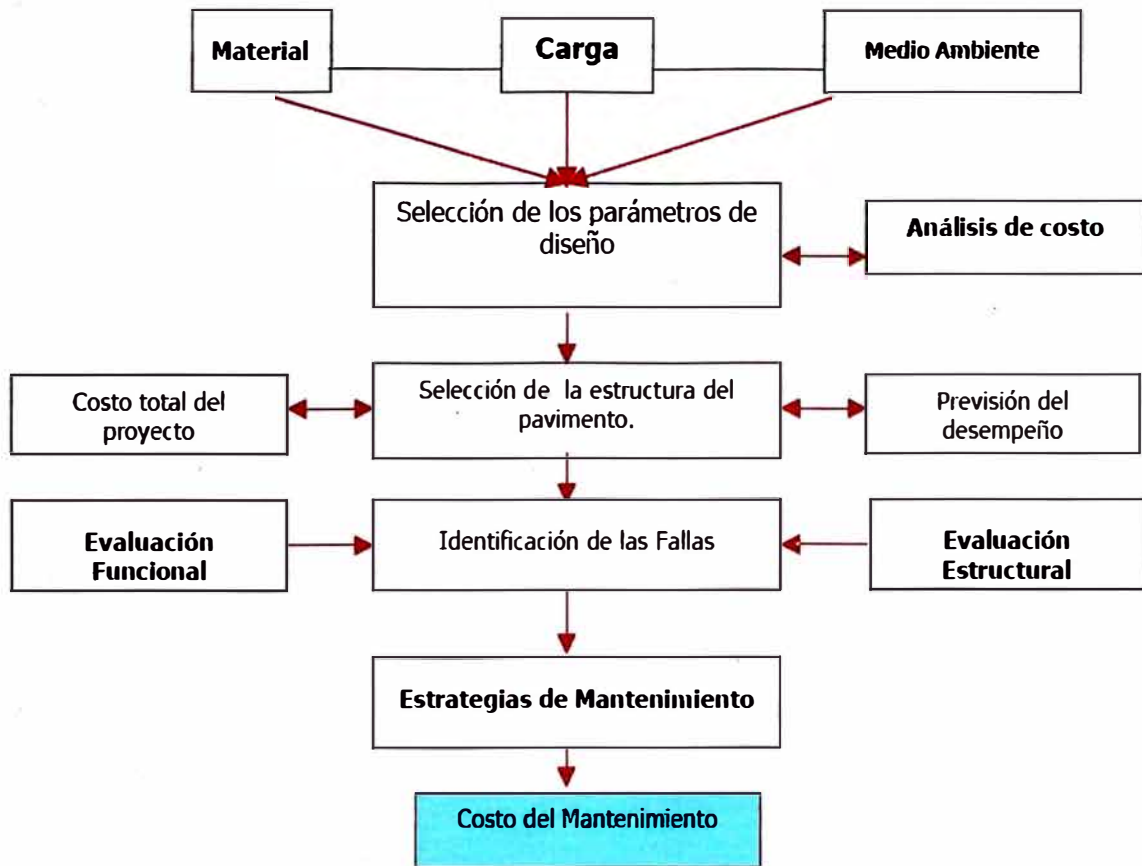
#### Objetivos para la evaluación de los pavimentos

1. Verificar si el desempeño o la función esperada está siendo alcanzada.
2. Obtener información para el planeamiento de mantenimiento y/o restauración.
3. Obtener información para mejorar la tecnología de proyecto de mantenimiento y/o construcción.
4. Determinar la capacidad estructural
5. Determinar el deterioro físico (fallas de los pavimentos: grietas, deformación, envejecimiento, etc.)
6. Evaluar la buena calidad de rodaje y seguridad operacional de las aeronaves, bajo cualquier condición metereológica.
7. Reducir los costos de mantenimiento
8. Formar programas de banco de datos de confiabilidad para llegar a costos de mantenimiento preventivo.



Teniendo en claro los objetivos de la evaluación de los pavimentos, debemos buscar los factores que puedan afectar al deterioro de ellos. Hay muchos factores que actúan individualmente o en conjunto, estos factores pueden agruparse en:

Figura 2.01 Factores que interfieren en el diseño, y desempeño, costo del proyecto y costo del mantenimiento de los pavimentos.



Fuente: Elaboración Propia

## 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 superioridad. 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:

- Fácil empleo
- 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 RANGOS DE CALIFICACIÓN

El deterioro de la estructura de 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 índice numérico que varía desde cero (0), para un pavimento fallado o en mal estado, hasta cien (100) para un pavimento en perfecto estado. En el Cuadro 3.01 se presentan los rangos de PCI con la correspondiente descripción cualitativa de la condición del pavimento.

Cuadro N° 3.01 Rangos de Calificación PCI  
**RANGOS DE CALIFICACIÓN DEL PCI**

<b>Rango</b>	<b>Clasificación</b>
100 – 85	Excelente
85 – 70	Muy Bueno
70 – 55	Bueno
55 – 40	Regular
40 – 25	Malo
25 – 10	Muy Malo
10 – 0	Fallado

Fuente: Manual INGEPAV

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 presenta. 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 obtenida como parte del inventario ofrece una percepción clara de las causas de los daños y su relación con las cargas o con el clima.

### 3.4 IDENTIFICACIÓN Y 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. La relación completa de fallas, las cuales están normalizadas en el INGEPAV, para pavimentos asfálticos, se muestra en el cuadro 3.02.

Cuadro N° 3.02 Relación de fallas PCI

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	Corugaciones (encalaminado)	m2
6	Depresiones	m2
7	Grieta de borde	m
8	Grietas de reflexión de juntas	m
9	Desnivel calzada-Hombriño	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

Fuente: Elaboración Propia

### 3.4.1 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*

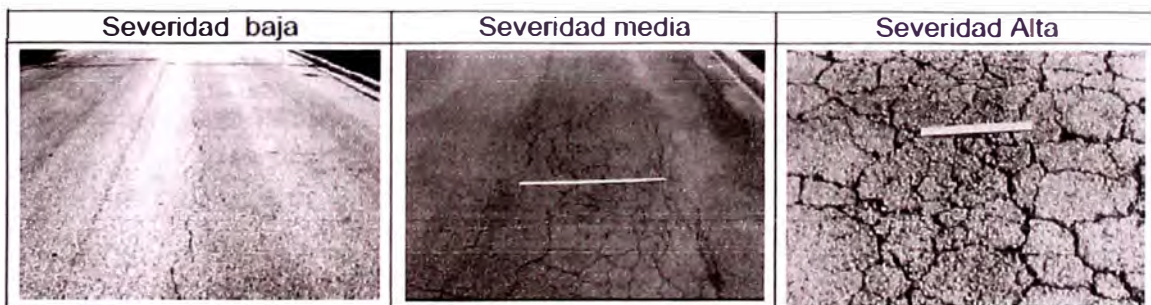
L: No se hace nada, sello superficial. Sobrecarpeta.

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

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

Se muestra en la foto 3.01, los grados de severidad de este tipo de falla en el pavimento.

Foto N° 3.01 Falla Piel de Cocodrilo



Fuente: Manual INGEPAV

### 3.4.2 Exudación

#### *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).

Se muestra en la foto 3.02, los grados de severidad de este tipo de falla en el pavimento.



Fuente: Manual INGEPAV

### 3.4.3 Agrietamiento 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 0.30 m a 3.0 m x 3.0 m. Las *grietas en bloque* se originan principalmente por la contracción del concreto asfáltico y los ciclos de temperatura diarios (lo cual origina ciclos diarios de esfuerzo / deformación unitaria). Las *grietas en bloque* no están asociadas a cargas e indican que el asfalto se ha endurecido significativamente.

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

#### *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 solo 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.

Se muestra en la foto 3.03, los grados de severidad de este tipo de falla en el pavimento.



Foto N° 3.03 Falla Agrietamiento en Bloque



Fuente: Manual INGEPAV

#### 3.4.4 Abultamientos 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 (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. Sobrecarpeta.

Se muestra en la foto 3.04, los grados de severidad de este tipo de falla en el pavimento.

Foto N° 3.04 Falla Abultamientos y Hundimientos



Fuente: Manual INGEPAV

### 3.4.5 Corrugación

#### 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.

Se muestra en la foto 3.05, los grados de severidad de este tipo de falla en el pavimento.



Fuente: Manual INGEPAV

### 3.4.6 Depresión

*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.

Se muestra en la foto 3.06, los grados de severidad de este tipo de falla en el pavimento.



Fuente: Manual INGEPAV

### 3.4.7 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 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.

Se muestra en la foto 3.07, los grados de severidad de este tipo de falla en el pavimento.



Fuente: Manual INGPAV

### 3.4.8 Grieta de Reflexión de Juntas

#### *Descripción*

Este daño ocurre solamente en pavimentos con superficie asfáltica construidos sobre una losa de concreto de cemento Portland. 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 Portland, 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.

Se muestra en la foto 3.08, los grados de severidad de este tipo de falla en el pavimento.

Foto N° 3.08 Falla Grieta de Reflexión de Juntas



Fuente: Manual INGEPAV

### 3.4.9 Desnivel Carril / Berma

#### 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.

Se muestra en la foto 3.09, los grados de severidad de este tipo de falla en el pavimento.

Foto N° 3.09 Falla Desnivel Carril/Berma



Fuente: Manual INGEPAV

### 3.4.10 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 Portland, 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.

Se muestra en la foto 3.10, los grados de severidad de este tipo de falla en el pavimento.



Fuente: Manual INGEPAV

### 3.4.11 Parcheo y Acometidas de Servicios Públicos

#### *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 solo parche tiene áreas de diferente severidad, estas deben medirse y registrarse de forma separada. Por ejemplo, un parche de 2.32 m<sup>2</sup> puede tener 0.9 m<sup>2</sup> de severidad media y 1.35 m<sup>2</sup> 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.

Se muestra en la foto 3.11, los grados de severidad de este tipo de falla en el pavimento.

Foto N° 3.11 Falla Parcheo y Acometida de Servicios Públicos



Fuente: Manual INGEPAV

### 3.4.12 Pulimiento de agregados

#### *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 *pulimiento 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 pulimiento deberá ser significativo antes de ser incluido en una evaluación de la condición y contabilizado como defecto.

#### *Medida*

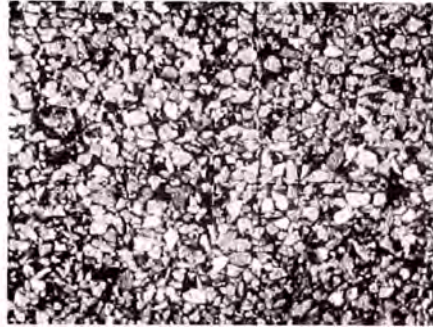
Se mide en pies cuadrados (ó metros cuadrados) de área afectada. Si se contabiliza *exudación*, no se tendrá en cuenta el *pulimiento de agregados*.

### Opciones de reparación

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

Se muestra en la foto 3.12, los grados de severidad de este tipo de falla en el pavimento.

Foto N° 3.12 Falla Pulimiento de agregados



Fuente: Manual INGEPAV

### 3.4.13 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 presenta 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 3.03

Cuadro N° 3.03 Clasificación de Severidad en Huecos

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

Fuente: Elaboración Propia

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

Se muestra en la foto 3.13, los grados de severidad de este tipo de falla en el pavimento.

Foto N° 3.13 Falla Huecos



Fuente: Manual INGEPAV

### 3.4.14 Cruce de vía férrea

#### *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.

Se muestra en la foto 3.14, los grados de severidad de este tipo de falla en el pavimento.



Fuente: Manual INGEPAV

### 3.4.15 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.

Se muestra en la foto 3.15, los grados de severidad de este tipo de falla en el pavimento.



Fuente: Manual INGEPAV

### 3.4.16 Desplazamiento

#### *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 Portland. La longitud de los pavimentos de concreto de cemento Portland 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.



Se muestra en la foto 3.16, los grados de severidad de este tipo de falla en el pavimento.

Foto N° 3.16 Falla Desplazamiento



Fuente: Manual INGEPAV

### 3.4.17 Grietas Parabólicas

#### *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.

Se muestra en la foto 3.17, los grados de severidad de este tipo de falla en el pavimento.



Fuente: Manual INGEPAV

### 3.4.18 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.

Se muestra en la foto 3.18, los grados de severidad de este tipo de falla en el pavimento.

Foto N° 3.18 Falla Hinchamiento



Fuente: Manual INGEPAV

### **3.4.19 Meteorización / Desprendimiento de Agregados**

#### **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.

Se muestra en la foto 3.19, los grados de severidad de este tipo de falla en el pavimento.

Foto N° 3.19 Falla Meteorización/Desprendimiento de agregados



Fuente: Manual INGEPAV

## **CAPITULO IV: MODELO DE DETERIORO**

### **4.1 DEFINICIÓN DE FALLAS EN PAVIMENTO**

Las mezclas asfálticas que se utilizan para los pavimentos están constituidas por gravas, parcialmente trituradas, arena, filler y asfalto como ligante. Los asfaltos pueden ser cementos asfálticos, emulsiones o asfaltos cortados.

A su vez los materiales que forman el paquete estructural del pavimento están conformados por un suelo con propiedades físicas definidas y son sometidos a procesos mecánicos (de compactación y riego de liga) que aseguran un buen funcionamiento en conjunto con la carpeta de rodadura.

Pero estas vías son diseñadas siempre para un tiempo de vida útil, tiempo durante el cual, con un mantenimiento rutinario oportuno, deben ofrecer una serviciabilidad optima. Pero debido a factores externos y/o internos o al término de su vida útil, se empiezan a mostrar ciertas deficiencias en la vía que disminuyen paulatinamente el grado de serviciabilidad de la carretera

Asi, como definición de falla se define a toda aquella discontinuidad en la estructura del pavimento, que puede tener sus orígenes en la misa carpeta de rodadura o en sus paquetes estructurales. Estas fallas incidirán siempre de manera negativa disminuyendo el índice de serviciabilidad del pavimento y a su vez tienen la característica de tender a degenerar cada vez más rápidamente.

Las fallas sean de cualquier clase pasan por un periodo de evolución, que va del grado leve hasta el severo, durante el periodo lee estas fallas son casi imperceptibles y no generan mayor dificultad en el tránsito, pero es el momento en el cual deben ser ya identificadas para su tratamiento posterior, y evitar a todas costa que llegue a ser una falla del tipo severo.

### **4.2 AGENTES EXTERNOS E INTERNOS DE ORIGEN DE FALLAS**

Los defectos que presenta un pavimento y que disminuyen la comodidad del usuario o la vida de servicio de esa estructura, frecuentemente corresponden a defectos constructivos y difícilmente pueden clasificarse como deterioros.

Sin embargo, atendiendo al hecho de que habrán de ser corregidos mediante labores de mantenimiento o conservación, como es el caso de juntas mal

acabadas, se han incluido como deterioros. Adicionalmente puede deducirse que tales defectos pueden sufrir un deterioro gradual con el paso de los vehículos y convertirse así en verdaderos deterioros del pavimento. En la literatura especializada de pavimentos, los fines didácticos perseguidos orientan el ordenamiento de los deterioros atendiendo a sus causas y origen, más que a las labores para su corrección. El interés del informe se orienta a las evaluaciones con miras a los trabajos de conservación, rehabilitación o reconstrucción.

Los deterioros de pavimentos incluidos se consideran los más relevantes. Podemos dividirlos en causas Internas y Externas y a su vez se han agrupado en tres categorías; los de superficie, los de estructura y los que encuentran su origen en la construcción. Se muestran las causas mas comunes:

#### 4.2.1 Agentes Externos

Son las fallas que tienen su origen como bien indica por medios externos, ya sea por algún evento extraordinario o por algún defecto en construcción, a su vez subdividimos estos agentes en las tres zonas y/o momentos cuando puedan haber afectado:

##### *De Superficie*

Derrame de solventes:

Los derrames de solventes sobre la superficie de la carretera trae como consecuencia la pérdida de la adherencia entre el ligante y el agregado grueso, lo cual hace, que estos agregados pierdan sostén y comiencen a actuar como cuerpos libres, con lo cual con el tráfico constante causara desprendimientos en la carretera que van desde pulimiento de agregados hasta su desprendimiento total.

Frenado brusco de vehículos pesados:

El frenado de estos vehículos se ya en pendientes fuertes y/o entradas a estructuras especiales, puentes, badenes etc, causa en la carpeta de rodadura deslizamientos que poco a poco hacen perder la adherencia que tiene con la base, lo cual puede llegar a causar ondulamientos y deslizamientos en la carpeta.

### *De Estructura*

Gradiente térmico superior a los 30° C.:

Cuando la temperatura local presenta tal variación, lo cual se da comúnmente en zonas de altura, es muy posible que el agua presente dentro del paquete estructural se solidifique, con lo cual aumentara su volumen y empezara a moler a los agregados que lo rodean por un proceso de fatiga constante. Así al reducirse el tamaño de los agregados, disminuye la capacidad de soporte los que ocasionara hundimientos y/o baches en la carretera.

Subdrenaje inadecuado:

Siendo el agua un factor bastante dañino para la estructura de la carretera, el no poseer un buen subdrenaje permitirá que ésta ingrese y comience a lavar los finos y arenas de las capas estructurales lo que traerá aun futuro fallas del tipo de baches y/o piel de cocodrilo.

### *De Construcción*

Lluvia durante el esparcido o antes del fraguado del ligante:

Al producirse una lluvia en esta etapa indicara que la ligazón carpeta – base estructural, no será la optima y traerá como consecuencias en el futuro ondulamientos, y deslizamientos, como producto del trafico

Rápida apertura al tránsito:

Al ser abierta rápidamente una vía al tráfico, sin haber sido bien compactada ni arenada, se producirán es esta ahuellamientos y deslizamientos, como producto de que el asfalto no posee la rigidez necesaria.

#### 4.2.2 Agentes Internos

Son las fallas que se originan dentro del mismo pavimento, este tipo de fallas son las más graves puesto que cuando se muestran, ya es inevitable hacer un trabajo de rehabilitación del pavimento, a su vez subdividimos estos agentes en las tres zonas y/o momentos cuando puedan haber afectado:

### *De Superficie*

#### **Envejecimiento del ligante**

El ligante se denomina envejecido cuando tiene las características de un ligante que ya tiene casi cumplido su tiempo de vida útil, causa del envejecimiento prematuro del ligante, es una mala mezcla de asfalto e las plantas, donde someten a el asfalto a temperaturas excesivas y acelerarán su proceso de envejecimiento, lo cual puede llegar hasta se vitrificación. Este asfalto envejecido será muy rígido y se empezara a quebrar en varios sectores, produciéndose así, grietas longitudinales, y transversales así como fallas en bloque.

#### **Dosificación árido (pétreo) – ligante (asfalto) inadecuada**

Una mala dosificación de estos dos componentes del cemento asfáltico trae como consecuencia las exudación, (si posee mucho asfalto), o los alisamientos y peladuras (si posee más material grueso), siendo ambos negativos para el transportista, pues si se produce la exudación, la carretera pierde fricción, y si se produce alisamiento y/o peladura, esto causara que los neumático de los vehículos se gasten rápidamente

### *De Estructura*

#### **Mal diseño estructural**

En las vías donde se proyectaron pavimentos con un numero estructural menor al número estructural que realmente soportan, el mismo paquete estructural interior tiene a deteriorarse mucho mas rápidamente puesto que la carga que soportan no es para la cual fueron diseñados, se mostrarán en este caso, las fisuras longitudinales y transversales.

#### **Compactación o calidad deficiente de la base.**

Al no tener el grado de compactación necesario o al tener materiales inadecuados, (gravas redondeadas, etc.), se disminuye la capacidad de soporte de estas vías, las cuales terminaran presentando fisuras prematuras con el tiempo.



### *De Construcción*

#### Esparcido irregular del ligante

Un esparcido irregular traerá como consecuencia que la carpeta se desprenda en las zonas donde no hubo mucha adherencia, y que se deslice en las zonas donde se utilizó demasiado.

#### Insuficiente penetración del riego de imprimación

Al no tener una suficiente penetración, la carpeta de rodadura actuara como una estructura independiente sobre la base y debido a la acción del tráfico tendera a deslizarse y ondularse.

## 4.3 EVOLUCIÓN DE FALLAS EN EL TIEMPO

Como se indico las fallas en el pavimento se muestran dependiendo de qué tipo son; si son fallas con origen externo se podrá definir la falla apenas aparezca y esta será en su grado más leve, mas no así con las fallas de origen interno, puesto que cuando estas se hagan presentes indicara que ya el proceso de la falla estará bastante avanzado.

Se observa además de las curvas PCI vs tiempo de servicio que las fallas tienden a hacerse más pronunciadas con el tiempo lo cual trae consigo un deterioro prematuro de la carretera, si estas no son tratadas a tiempo

## 4.4 INCIDENCIA DE LOS TIPOS DE FALLA EN EL NIVEL DE SERVICIABILIDAD

Dependiendo de los tipos de falla como los que distingue el método del PCI cierta fallas tendrán mucha más incidencia que otras en las carreteras de bajo volumen de tránsito. Esto es porque como características tenemos que estas vía presenta una base de al menos 40 cm de espesor que normalmente ha sido compactada previamente y durante mucho tiempo por el tráfico normal y a la cual se le añadió un tratamiento superficial Monocapa o Slurry Seal, el cual no tiene un espesor mayor a 2 cm, así con esta premisa, se intuye que los tipo de falla que afectan a la superficie del pavimento, son los mas notorios y los que más influyen.

## CAPITULO V: APLICACIÓN DEL MÉTODO

### 5.1 INSPECCIÓN DE LA CARRETERA

La primera etapa corresponde al trabajo de campo en el cual se identifican los daños teniendo en cuenta la clase, severidad y extensión de los mismos. Esta información se registra en formatos adecuados para tal fin.

#### 5.1.1 Unidades de Muestreo:

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

Para las carreteras con capa de rodadura asfáltica y ancho menor que 7.30 m: El área de la unidad de muestreo debe estar en el rango  $230.0 \pm 93.0 \text{ m}^2$ .

Se recomienda tomar el valor medio de los rangos y en ningún caso definir unidades por fuera de aquellos. Para cada pavimento inspeccionado se sugiere la elaboración de esquemas que muestren el tamaño y la localización de las unidades ya que servirá para referencia futura.

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

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

En la “Evaluación de un Proyecto” se deben inspeccionar todas las unidades; sin embargo, de no ser posible, el número mínimo de unidades de muestreo que deben evaluarse se obtiene mediante la Ecuación 5.01, la cual produce un estimado del PCI  $\pm 5$  del promedio verdadero con una confiabilidad del 95%.

$$n = \frac{N \times \sigma^2}{\frac{e^2}{4} \times (N - 1) + \sigma^2} \quad \text{Ecuación 5.01}$$

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%)

s: Desviación estándar del PCI entre las unidades.

Durante la inspección inicial se asume una desviación estándar (s) 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.

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

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

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

a. El intervalo de muestreo ( $i$ ) se expresa mediante la Ecuación 5.02:

$$i = \frac{N}{n} \quad \text{Ecuación 5.02}$$

Donde:

N: Número total de unidades de muestreo disponible.

n: Número mínimo de unidades para evaluar.

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

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

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

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

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

#### 5.1.4 Selección de Unidades de Muestreo Adicionales

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

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

#### 5.1.5 Evaluación de la Condición

El procedimiento varía de acuerdo con el tipo de superficie del pavimento que se inspecciona. Debe seguirse estrictamente la definición de los daños de este manual para obtener un valor del PCI confiable.

La evaluación de la condición incluye los siguientes aspectos:

a. Equipo.

- Odómetro manual para medir las longitudes y las áreas de los daños.
- Regla y una cinta métrica para establecer las profundidades de los ahuellamientos o depresiones.
- Manual de Daños del PCI con los formatos correspondientes y en cantidad suficiente para el desarrollo de la actividad.

b. Procedimiento. Se inspecciona una unidad de muestreo para medir el tipo, cantidad y severidad de los daños de acuerdo con el Manual de Daños, y se registra la información en el formato correspondiente. Se deben conocer y seguir estrictamente las definiciones y procedimientos de medida los daños. Se usa un formulario u “*hoja de información de exploración de la condición*” para cada unidad muestreo y en los formatos cada renglón se usa para registrar un daño, su extensión y su nivel de severidad.

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

## 5.2 METRADO DE FALLAS

De los datos obtenidos en campo se lograron identificar las siguientes fallas catalogadas por el PCI:

Baches: en severidad leve y moderada

Fallas de borde: en severidad leve

Fallas de bloque: en severidad leve

Fallas longitudinales: en severidad leve

Los resultados de la evaluación del tramo con el método del PCI se encuentra en el cuadro adjunto:

Cuadro N° 5.02 Cuadro resumen de resultados de PCI

Tramo	Progresivas		Ancho Promedio (m)	PCI
DEL KM 129+000 AL KM 130+000	129+000	129+050	4.3	70.00
	129+050	129+100	4.3	67.00
	129+100	129+150	4.8	68.00
	129+150	129+200	4.3	67.00
	129+200	129+250	4.8	70.00
	129+250	129+300	4.8	71.00
	129+300	129+350	4.8	66.00
	129+350	129+400	4.8	62.00
	129+400	129+450	4.8	68.00
	129+450	129+500	4.8	69.00
	129+500	129+550	4.3	67.00
	129+550	129+600	4.8	70.00
	129+600	129+650	4.8	66.00
	129+650	129+700	4.8	68.00
	129+700	129+750	4.8	69.00
	129+750	129+800	4.8	70.00
	129+800	129+850	4.3	67.00
	129+850	129+900	5.6	70.00
129+900	129+950	5.6	69.00	
129+950	130+000	4.8	68.00	
L KM 130+000 AL KM 131+000	130+000	130+050	5.0	76.00
	130+050	130+100	5.0	75.00
	130+100	130+150	5.0	70.00
	130+150	130+200	5.0	72.00
	130+200	130+250	5.0	71.00

	Progresivas		Ancho Promedio (m)	PCI
		130+250	130+300	5.0
	130+300	130+350	5.0	69.00
	130+350	130+400	5.0	73.00
	130+400	130+450	5.0	74.00
	130+450	130+500	5.0	73.00
	130+500	130+550	5.0	77.00
	130+550	130+600	5.0	74.00
	130+600	130+650	5.0	70.00
	130+650	130+700	5.0	72.00
	130+700	130+750	5.0	72.00
	130+750	130+800	5.0	63.00
	130+800	130+850	5.0	75.00
	130+850	130+900	5.0	75.00
	130+900	130+950	5.0	75.00
	130+950	131+000	5.0	74.00
DEL KM 131+000 AL KM 132+000	131+000	131+050	4.3	67.00
	131+050	131+100	4.3	70.00
	131+100	131+150	4.8	71.00
	131+150	131+200	4.8	66.00
	131+200	131+250	5	69.00
	131+250	131+300	5	73.00
	131+300	131+350	5	71.00
	131+350	131+400	5	70.00
	131+400	131+450	4.8	66.00
	131+450	131+500	4.8	70.00
	131+500	131+550	4.8	70.00
	131+550	131+600	5	73.00
	131+600	131+650	5	77.00
	131+650	131+700	5	69.00
	131+700	131+750	5.0	73.00
	131+750	131+800	4.0	68.00
	131+800	131+850	3.5	76.00
131+850	131+900	3.9	77.20	
131+900	131+950	5.6	70.00	
131+950	132+000	5.6	70.00	
DEL KM 132+000 AL KM 133+000	132+000	132+050	4.8	77.00
	132+050	132+100	4	69.00
	132+100	132+150	4.9	63.00
	132+150	132+200	5.0	65.00

	Progresivas		Ancho Promedio (m)	PCI
		132+200	132+250	5.1
	132+250	132+300	4.2	73.00
	132+300	132+350	4.2	72.00
	132+350	132+400	3.5	76.00
	132+400	132+450	3.9	77.20
	132+450	132+500	4.0	69.00
	132+500	132+550	4.2	65.00
	132+550	132+600	4.2	72.00
	132+600	132+650	4.1	76.00
	132+650	132+700	4	69.00
	132+700	132+750	4.8	71.00
	132+750	132+800	4.0	68.00
	132+800	132+850	3.95	68.60
	132+850	132+900	3.9	61.00
	132+900	132+950	3.7	68.00
	132+950	133+000	3.5	75.00
<b>DEL KM 133+000 AL KM 134+000</b>	133+000	133+050	4.8	69.00
	133+050	133+100	4.2	73.00
	133+100	133+150	4.3	67.00
	133+150	133+200	3.9	77.20
	133+200	133+250	4.0	69.00
	133+250	133+300	4.2	65.00
	133+300	133+350	5	71.00
	133+350	133+400	3.7	68.00
	133+400	133+450	4.8	66.00
	133+450	133+500	5	71.00
	133+500	133+550	5	70.00
	133+550	133+600	3.5	76.00
	133+600	133+650	3.9	77.20
	133+650	133+700	4.3	67.00
	133+700	133+750	4.2	73.00
	133+750	133+800	4.3	70.00
	133+800	133+850	3.9	77.20
133+850	133+900	3.7	68.00	
133+900	133+950	5	72.00	
133+950	134+000	5	71.00	

Fuente: Elaboración Propia

### 5.3 PROCESAMIENTO DE DATOS Y CÁLCULO DEL PCI

#### 5.3.1. Cálculo del PCI de las unidades de muestreo

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

#### Etapa 1. Cálculo de los Valores Deducidos:

1. a. Totalice cada tipo y nivel de severidad de daño y regístrelo en la columna TOTAL del formato PCI-01. El daño puede medirse en área, longitud ó por número según su tipo.
1. b. Divida 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. Esta es la DENSIDAD del daño, con el nivel de severidad especificado, dentro de la unidad en estudio.
1. c. Determine el VALOR DEDUCIDO para cada tipo de daño y su nivel de severidad mediante las curvas denominadas “Valor Deducido del Daño” que se adjuntan al final de este documento, de acuerdo con el tipo de pavimento inspeccionado.

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

2. a. Si ninguno ó tan sólo uno de los “Valores Deducidos” es mayor que 2, se usa el “Valor Deducido Total” en lugar del mayor “Valor Deducido Corregido”, 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.
2. c. Determine el “Número Máximo Admisible de Valores Deducidos” ( $m$ ), utilizando la Ecuación 5.03:

$$m_i = 1.00 + \frac{9}{98}(100 - HDV_i) \quad \text{Ecuación 5.03}$$

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  $i$ .



2. 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.

**Etapas 3.** Cálculo del “Máximo Valor Deducido Corregido”, CDV.

El máximo CDV se determina mediante el siguiente proceso iterativo:

3. a. Determine el número de valores deducidos,  $q$ , mayores que 2.0.
3. b. Determine el “Valor Deducido Total” sumando TODOS los valores deducidos individuales.
3. c. Determine el CDV con  $q$  y el “Valor Deducido Total” en la curva de corrección pertinente al tipo de pavimento.
3. d. Reduzca a 2.0 el menor de los “Valores Deducidos” individuales que sea mayor que 2.0 y repita las etapas 3.a. a 3.c. hasta que  $q$  sea igual a 1.
3. e. El máximo CDV es el mayor de los CDV obtenidos en este proceso.

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

Se muestra un ejemplo con el cuadro 5.01:

Del ejemplo mostrado, se aprecia que las fallas identificadas fueron:

11L: Bache de severidad leve

11M: Bache de severidad moderada

7L: Grieta de borde de severidad leve

Teniendo el metrado de cada una de las fallas, se procede al cálculo de su densidad (% de incidencia), y tras lo cual y con ayuda de los ábacos se obtiene el VD de cada tipo de falla. Al mismo tiempo se evalúa el valor de  $m$  para determinar cuantos datos como máximo se han de tomar, en el caso mostrado, el valor de  $m$  es mayor a número de datos así que se utilizan todos.

Luego se procede a ordenar de mayor a menor los valores VD, para iniciar el proceso de iteración en búsqueda de los valor VDC que se obtiene también con ayuda de ábacos, luego se toma el mayor valor de los VDC obtenidos, y como paso final se calcula el PCI de la vía, de la manera como se ha indicado.

En el Anexo A se presenta la hoja de toma de datos para uso corriente en campo

Cuadro N° 5.01 Modelo de ficha de cálculo del PCI

		UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA						
		CURSO DE TITULACION PROFESIONAL 2010-II						
		EVALUACION DE LA CONDICION SUPERFICIAL POR EL METODO DEL PCI						
<b>CONDICIÓN DE PAVIMENTO</b>								
<b>CARRETERA:</b>	Corredor Vial N° 13		<b>Pavimento:</b>					
<b>TRAMO</b>	130+100	130+150	T.S. Manocapa					
<b>EVALUADOR:</b>	Enrique Vara Cárdenas		<b>AREA (m2):</b>					
			250.00					
			<b>FECHA:</b>					
			27/11/2010					
<b>NUMERACION DE FALLAS</b>								
<b>1</b>	Piel de cocodrilo	<b>7</b>	Grietas de Borde	<b>13</b>	Huecos			
<b>2</b>	Exudacion	<b>8</b>	Gr. De R. Juntas	<b>14</b>	Acceso a Puentes			
<b>3</b>	Grietas en bloque	<b>9</b>	Desnivel Calzada Hombrillo	<b>15</b>	Ahuellamiento			
<b>4</b>	Elev. Y Hundimiento	<b>10</b>	Grietas Long. Y Trans.	<b>16</b>	Deformacion por Empuje			
<b>5</b>	Corrugaciones	<b>11</b>	Bacheo y zanjas Reparadas	<b>17</b>	Grietas de deslizamientos			
<b>6</b>	Depresiones	<b>12</b>	Agregado Pulido	<b>18</b>	Hinchamientos			
	Severidad: H=Alta	M= Media	L= Baja	<b>19</b>	Peladura			
<b>VALOR DEDUCIDO POR FALLAS</b>				<b>ITERACION PARA CALCULO DE VDC max</b>				
i	Codigo	Area (m2)	% Incidencia	VDi	Vdi	Densidad Total	q	VDC
1	11L	5.20	2.08	4.53	25.64	34.01	3	19.00
2	11M	16.20	6.48	25.64	4.53	32.17	2	23.00
3	7L	12.00	4.80	3.84	3.84	29.64	1	30.00
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
Calculo del PCI, de acuerdo a la norma ASTM-D6433-03				<b>VALOR MAXIMO ADMISIBLE DE VD</b>				
				$m=1+(9/98)(100-HDV) \leq 10$				
				HDV= 25.64		m= 7.83		
<b>RESULTADO</b>								
VDC max=				30.00				
PCI				70.00				
Condicion=				Bueno				
OBSERVACIONES:								
-----								
-----								
-----								

Fuente: Elaboración Propia

## CAPITULO VI: ANÁLISIS DE RESULTADOS

### 6.1 EVALUACIÓN DE LA INCIDENCIA DE LAS FALLAS

De la evaluación de las fallas obtenidas se toman valores referenciales sobre la incidencia de estas en el cálculo del PCI global

De los datos de campo, y haciendo una media aproximada en relaciona los VDi.

Fallas de bache leve: representación: 12%

Fallas de bache moderado representación: 81%

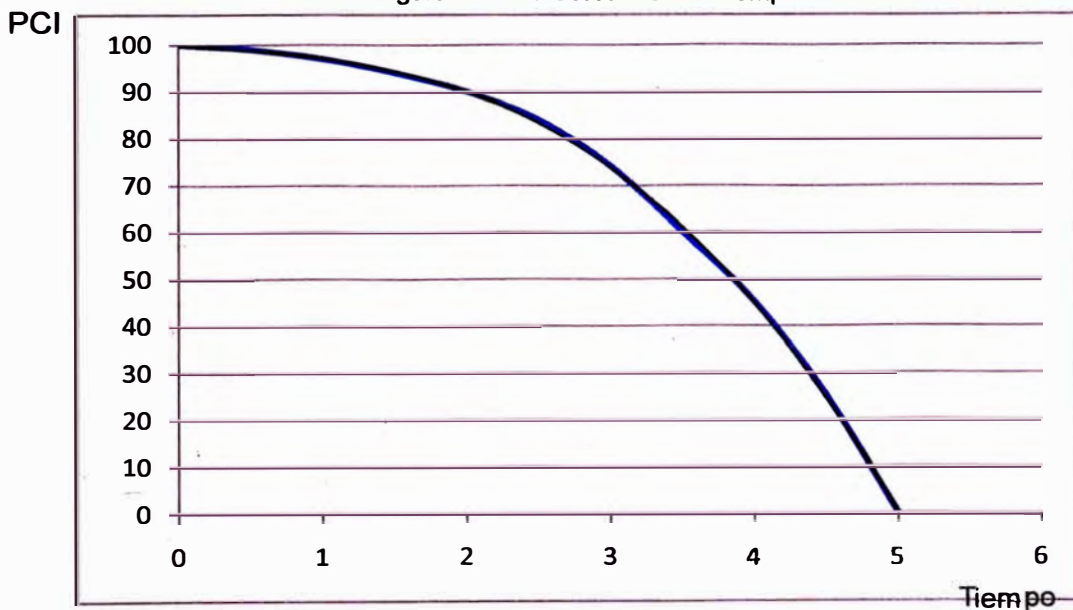
Fallas de borde representación: 5%

Fallas longitudinales y demás representación: 2%

Así de esto, solo la falla denominada bache ya representa de por si mas del 90% de las fallas totales en esta carretera, lo cual indica que se podrían idear planes sistematizados para llevar a cabo la reparación de este tipo de fallas.

Se podría separa en mantenimientos eventuales los demás tipos de fallas y las fallas de baches considerarlos como tratamiento periódico. De los datos obtenidos en campo se calcula la grafica 6.01.

Figura N° 6.01 Curva PCI vs Tiempo



Fuente: Elaboración Propia

Esta grafica representa la curva PCI vs T, en la cual se aprecia como el valor PCI, que está relacionado directamente con la serviciabilidad del pavimento decrece con el tiempo, y de manera cada vez mayor.

Se considera a su vez una curva aproximada obtenida tras ajustar de estos datos a una curva de cuarto grado, que es la que se ajusta lo suficiente a este tipo de datos.

Se comprobó que las aproximaciones ofrecidas por las curvas cuadráticas o cúbicas, no son suficientes para la agrupación de los datos obtenidos.

Que resulta:

$$PCI = -0.0466(t)^4 - 1.0971(t)^3 + 0.8834(t)^2 - 2.7887(t) + 100.00 \quad \text{Ecuación 6.01}$$

Donde t es el tiempo en años de servicio de la vía

Evaluando estos datos, se pronostica que la vía, sin mantenimiento alguno, estará por completo fallada en un periodo de 5 años.

Se señala también que esta curva de deterioro es de exclusividad completa para esta carretera, puesto que para cada vía evaluada, la ecuación de la curva de deterioro será diferente.

## 6.2 MEDIDAS CORRECTIVAS A CORTO PLAZO

Las medidas correctivas inmediatas para las fallas identificadas serán:

Fallas de bache: parcheo superficial o profundo, dependiendo de su severidad

Fallas de borde : parcheo parcial

Fallas longitudinales: sellado de grietas o parcheo superficial

Viendo las medidas correctivas a tomar se nota la constante de parcheo, la cual se constituiría en la de las partida más importantes para el ejecutor de estas obra de mantenimiento, y sería beneficioso, como fue mencionado, hacer planes de sistematización para esta partida puesto que representa cerca del 90% del trabajo a realizarse en este contrato

### 6.3 MEDIDAS CORRECTIVAS A LARGO PLAZO

Las medidas correctivas a largo plazo, están dictaminadas por la experiencia del profesional encargado a estos trabajos, y además se tendría que hacer un análisis beneficio – costo, en la implantación de estos trabajos. Por ejemplo:

- Determinar si es más rentable hacer un sardinel, en ciertos sectores de la carretera o seguir reparando fallas de borde
- Determinar si es más rentable seguir reparando bacheados periódicamente, o contrata cuadrillas de limpieza a lo largo de la vía.

Interrogantes como esta surgen una vez que se tiene definidas cuales son las fallas con más incidencia en la vía, y que soluciones se deben plantear para atenuarlas y a su vez optimizar recursos con ellas.

## CONCLUSIONES

- Las fallas en el pavimento pueden tener sus orígenes por factores externos e internos, siendo los más dañinos los internos, pues involucran errores de diseño y/o de ejecución.
- De acuerdo al modelo de deterioro obtenido, se puede tratar a las vías de bajo volumen de tránsito como si fuesen vías asfaltadas, en relación al cálculo del PCI
- El principal tipo de falla en este tipo de pavimentos es aquel que involucra la superficie del pavimento, ya que es un sistema bastante frágil, por tener poca resistencia a la abrasión y a su vez por su delgado espesor.
- Siempre será posible identificar un tipo de falla predominante y este será el principal factor atacado en la política de mantenimiento.
- El PCI en estos casos es una herramienta que ayuda a determinar en este tipo de pavimentos, los tipos de fallas presente, su incidencia, y la pérdida de serviciabilidad del pavimento. Como tal es necesaria su correcta interpretación para identificar y tomar las medidas necesarias.
- El modelo de deterioro obtenido en el pavimento de bajo volumen de tránsito tiene una fuerte semejanza a la un pavimento flexible, esto se deduce por que presentan casi el mismo comportamiento estructural
- A partir de este modelo se puede predecir cuándo ha de ser necesario un trabajo de rehabilitación o mantenimiento, para que la vía en cuestión tenga un nivel de serviciabilidad aceptable
- El modelo de deterioro si bien tendrá cierta tendencia, no será el mismo en todas las vías, pues depende de factores externos como el clima, e internos como la estructura del pavimento, por esta razón no se puede estimar curvas de deterioro de un pavimento, sin datos de la misma vía.

## RECOMENDACIONES

- Las carreteras de bajo volumen de tránsito deben ser sometidas a un mantenimiento periódico y rutinario, programado pues esto permite un mejor control de su serviciabilidad.
- Se deben proponer soluciones efectivas y económicas para la reparación de las fallas ocasionadas, y a su vez evaluar nuevos métodos de reparación de estas, para así evitar costos mayores a largo plazo.
- Para una correcta aplicación del método, los datos de campo de la evaluación deben ser del todo confiables y realizados por un entendido en el tema.
- La evaluación del método y su consiguiente aplicación deberá hacerse por tramos establecidos por la empresa que realizara el trabajo para así zonificar el tramo y tener un mejor control del trabajo.
- La obtención del modelo de deterioro de un pavimento será una aplicación del método del PCI, dado que los resultados obtenidos son bastante fiables.
- Para la obtención del modelo de deterioro de una vía determinada se tendrá al menos tres datos con los cuales se construirá la curva de deterioro
- Para la construcción de la curva de deterioro se tendrá en cuenta siempre, que esta curva cumpla con las características de que disminuye siempre con el tiempo, y que en el tiempo cero, su valor es el más alto.
- El cálculo de los valores de PCI deberá ser obtenido por programas de cómputo para así evitar errores en el manejo de resultados, pues estos influirán negativamente en la toma de decisiones posterior.

## BIBLIOGRAFÍA


- 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.
- 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
- 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.
- MTC, PROVIAS NACIONAL; Mejoramiento y Rehabilitación de la Carretera Ruta 22, Tramo: Lunahuaná - Yauyos - Chupaca, Estudio a nivel de Factibilidad, 2005.
- SÁEZ ALVÁN, LUCIA DEL PILAR; Seminario sobre mantenimiento de pavimentos de Aeropuertos y curso rápido sobre la interacción Aeronave pavimento. Santa cruz de la sierra – Bolivia, 2002
- VÁSQUEZ VARELA, LUIS RICARDO. Ingepav - Pavement Condition Index (PCI). Manual para pavimentos Asfálticos y de concreto en carreteras;. Manizales-Colombia, 2002



**ANEXOS**

**ANEXO A: Formato para la evaluación del PCI**

**ANEXO A**

	<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA</b> <b>CURSO DE TITULACION PROFESIONAL 2010-II</b> <b>EVALUACION DE LA CONDICION SUPERFICIAL POR EL METODO DEL PCI</b>							
<b>CONDICIÓN DE PAVIMENTO</b>								
<b>CARRETERA:</b> <b>TRAMO</b> <b>EVALUADOR:</b>		<b>Pavimento:</b> <b>AREA (m2):</b> <b>FECHA:</b>						
<b>NUMERACION DE FALLAS</b>								
1	Piel de cocodrilo	7	Grietas de Borde	13	Huecos			
2	Exudacion	8	Gr. De R. Juntas	14	Acceso a Puentes			
3	Grietas en bloque	9	Desnivel Calzada Hombrillc	15	Ahuellamiento			
4	Elev. Y Hundimiento	10	Grietas Long. Y Trans.	16	Deformacion por Empuje			
5	Corrugaciones	11	Bacheo y zanjas Reparadas	17	Grietas de deslizamientos			
6	Depresiones	12	Agregado Pulido	18	Hinchamientos			
	Severidad: H=Alta		M= Media L= Baja	19	Peladura			
<b>VALOR DEDUCIDO POR FALLAS</b>				<b>ITERACION PARA CALCULO DE VDC max</b>				
i	Codigo	Area (m2)	% Incidencia	VDi	Vdi	Densidad Total	q	VDC
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
Calculo del PCI, de acuerdo a la norma ASTM-D6433-03					<b>VALOR MAXIMO ADMISIBLE DE VD</b>			
					$m=1+(9/98)(100-HDV) \leq 10$			
					HDV=	m=		
<b>RESULTADO</b>								
VDC max= _____								
PCI _____								
Condicion= _____								
OBSERVACIONES:								
-----								
-----								
-----								