

UNIVERSIDAD ALAS PERUANAS
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
Escuela Profesional Ingeniería Civil



Tesis

**DIAGNÓSTICO DEL ESTADO SITUACIONAL DE LA VIA: AVENIDA PERU,
POR EL MÉTODO: ÍNDICE DE CONDICIÓN DE PAVIMENTOS.**

Para optar al Título de **Ingeniera Civil**, que presenta:

El bachiller **Gilber Georvany Sotomayor Morales.**

DEDICATORIA

Este trabajo en primer lugar se lo quiero dedicar a Dios, que durante todo este tiempo me estuvo acompañando, iluminando y guiándome para llegar a mi meta.

A mi madre por todo su amor y ternura que me ha brindado a lo largo de mi vida.

AGRADECIMIENTO

Le agradezco a Dios por haberme acompañado y guiado a lo largo de mi carrera, por ser mi fortaleza en los momentos de debilidad y por brindarme una vida llena de aprendizajes experiencias y sobre todo felicidad.

Le doy gracias a mis padres por apoyarme en todo momento, por los valores que me han inculcado, y por haberme dado la oportunidad de tener una excelente educación en el transcurso de mi vida. Sobre todo por ser un excelente ejemplo de vida a seguir, quienes a lo largo de mi vida han velado por mi bienestar siendo mi apoyo en todo momento. Depositando su entera confianza en cada reto que se me presentaba sin dudar ni un solo momento en mi inteligencia y capacidad.

RESUMEN

La presente tesis “**DIAGNÓSTICO DEL ESTADO SITUACIONAL DE LA VIA: AVENIDA PERU, POR EL MÉTODO: ÍNDICE DE CONDICIÓN DE PAVIMENTOS**” tiene como objetivo Identificar en qué estado situacional se encuentra la Avenida Perú por el método PCI (índice de condición de pavimentos) haciendo un diagnóstico definitivo.

Este trabajo de investigación, realiza un diagnostico visual para el tramo de la vía existente (Avenida Perú) situada en el distrito de Abancay del departamento de Apurímac, haciendo uso del método PCI, según el criterio y parámetros de la Norma ASTM 5340-98 Método de Evaluación del PCI, el cual pretende saber las condiciones actuales de la estructura y la superficie de rodadura, con un trabajo de campo, en el cual se realiza el recorrido de la vía anotando las fallas localizadas y determinando la severidad de las mismas, haciendo uso de instrumentos de medición y el catálogo de fallas para pavimentos asfálticos, después del levantamiento de fallas se realiza el trabajo en gabinete con el cálculo final de PCI, siendo este el primer paso para lograr una vía pavimentada de mejor calidad y que cumpla correctamente su tiempo de vida útil.

Se concluye que la Av. Perú tiene un pavimento en mal estado, con un PCI ponderado igual a 27. La mayoría de fallas fueron fallas de tipo funcional y estructural que afectan al tránsito normal de vehículos.

El 32% del total de unidades de muestra de inspección presenta un estado regular (PCI entre 55 y 40); después le siguen un 25 % de unidades fallados (PCI entre 10 y 0); un 21% en un mal estado (PCI entre 40 y 25); un 18% en un mal estado (PCI entre 25 y 10) y un 6% en buen estado (PCI entre 70 y 55) No se encontraron pavimentos fallados (PCI entre 0 y 10) ni excelentes (PCI entre 85 y 100).

Finalmente, aunque no es objetivo de la tesis, se han recomendado la sustitución del pavimento por las malas condiciones que presenta.

Summary

This thesis "DIAGNOSIS OF STATE SITUATION OF VIA: AVENUE PERU, BY THE METHOD: INDEX OF CONDITION OF PAVEMENT" aims to identify what situational state is Avenue Peru by the ICP method (condition index pavement) by a definitive diagnosis.

This research performs a visual diagnosis for the section of the existing road (Avenue Peru) located in the district of Abancay Apurimac department, using the PCI method, according to the criteria and parameters to ASTM Method 5340-98 evaluation of PCI, which seeks to determine the current condition of the structure and the tread, with a field in which the route of the track is done by scoring the localized failures and determining the severity of them, doing use of measuring instruments and the catalog of failures for asphalt pavements, after the lifting of failures work in cabinet with the final calculation of PCI is performed, this being the first step towards a paved road better quality and comply properly its Usefull lifetime.

We conclude that Av. Peru has a rough pavement with a PCI weighted equal to 27. Most failures were failures functional and structural affecting the normal traffic of vehicles.

32% of the total sample units has a regular state inspection (PCI between 55 and 40); followed after 25% of failed units (PCI 10 to 0); 21% in a bad state (PCI between 40 and 25); 18% in a bad state (PCI between 25 and 10) and 6% in good condition (PCI between 70 and 55) not failed pavements (PCI between 0 and 10) or excellent (PCI between 85 and 100) were found.

Finally, although not aim of the thesis, they have recommended replacing the pavement by poor conditions presented.

Síntesis.

La infraestructura vial es un componente de gran importancia dentro del patrimonio de una nación, considerando su vinculación directa con el desarrollo social y económico, pues permite la comunicación e interrelación entre centros poblados, así como el intercambio de bienes y Servicios.

En este orden de ideas, la estructura de pavimento como parte de la infraestructura vial juega un papel preponderante, ya que su objetivo es ofrecer a los usuarios un rodaje cómodo, seguro y económico.

El pavimento es una de las pocas estructuras civiles que tiene un período de diseño finito, por lo que su falla está prevista al término de ésta. Esto significa que durante el período de vida de una estructura de pavimento, la misma iniciará un proceso de deterioro tal que al final de su vida útil manifestará un conjunto de fallas que reducirán su calidad de rodaje y en definitiva incrementarán los costos de los usuarios y los costos de mantenimiento por parte de Entidad responsable.

Independientemente del proceso de deterioro “natural” en toda estructura de pavimento, se deben iniciar labores de mantenimiento y rehabilitación de las mismas, prácticamente desde el inicio de su período de diseño, con el objeto de reducir el impacto de las diferentes fallas que afectan a la estructura y de esta manera optimizar los recursos disponibles para una eventual rehabilitación, sin necesidad de ejecutar trabajos de reconstrucción de la estructura.

ÍNDICE

Contenido	pág.
Introducción.....	9
CAPITULO I.....	10
1.1. DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA.....	10
1.2. DELIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN.....	11
1.2.1. Espacial.....	11
1.2.2. Temporal.....	11
1.3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	11
1.3.1. Problema general.....	11
1.3.2. Problema específico.....	11
1.4. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	12
1.4.1. Objetivo general.....	12
1.4.2. Objetivo específico.....	12
1.5. FORMULACIÓN DE LA HIPÓTESIS.....	12
1.5.1. Hipótesis general.....	12
1.5.2. Hipótesis específica.....	13
1.6. VARIABLES DE LA INVESTIGACIÓN.....	13
1.6.1. Variable independiente.....	13
1.6.2. Variable dependiente.....	13
1.6.3. Operacionalización de las variables.....	13
1.7. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.....	15
1.7.1. Tipo de investigación.....	15
1.7.2. Nivel de investigación.....	15
1.7.3. Métodos de investigación.....	15
1.7.4. Diseño de investigación.....	15
1.8. POBLACIÓN Y MUESTRA DE LA INVESTIGACIÓN.....	16
1.8.1. Población.....	16
1.8.2. Muestra.....	16
1.9. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	17
1.9.1. Técnicas.....	17

1.9.2. Instrumentos	17
1.10. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA.....	17
1.10.1. Justificación	17
1.10.2. Importancia	18
CAPITULO II.....	19
1. PROCESO DE CALCULO DE PCI.....	45
CAPITULO III.....	51
3.1. CONFIABILIDAD Y VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO	51
3.2. ANÁLISIS CUANTITATIVO DE LAS VARIABLES	57
CAPITULO IV.....	62
4.1. PRUEBA DE HIPÓTESIS GENERAL	62
CAPÍTULO V.....	63
CONCLUSIONES.....	63
RECOMENDACIONES.....	65
ANEXOS	68
Matriz de consistencia.....	69

INTRODUCCIÓN.

El presente trabajo de investigación cuyo título es **DIAGNÓSTICO DEL ESTADO SITUACIONAL DE LA VIA: AVENIDA PERÚ, POR EL MÉTODO: ÍNDICE DE CONDICIÓN DE PAVIMENTOS**, ha sido elaborado con mucho entusiasmo con la finalidad de entender y aplicar los conceptos y la teoría sobre la evaluación de pavimentos el cual pongo a consideración de los jurados para su revisión y evaluación.

Las carreteras y vías urbanas son un factor muy importante en el desarrollo de las regiones y países, a su vez el transporte es un elemento de gran influencia en la economía de las zonas urbanas y rurales, y la serviciabilidad contribuye al desarrollo socio-económico de los sectores de la población por ello es necesario una adecuada planificación en los proyectos viales para que puedan garantizar y facilitar el mejoramiento de la calidad de vida de los habitantes, dicha serviciabilidad es función directa del estado superficial y la estructura del pavimento. Por ello es de gran importancia para la región, que se cuente con una red vial eficiente, que permita la comunicación entre sus diferentes núcleos urbanos y rurales.

El diseño y ejecución de un pavimento no es suficiente para garantizar la calidad de vida de este, siendo muchas veces olvidados por los gobiernos locales y regionales, el mantenimiento y rehabilitación de pavimento debe ser rutinario para la prolongación de su vida útil, para ello es necesario realizar un diagnóstico vial constante.

Es por ello que basado en la teoría de la evaluación de pavimentos, se realizó la investigación sobre el método PCI y su aplicación en el diagnóstico de la vía en estudio, el cual se basa en la inspección visual por unidades de muestreo del pavimento.

En la elaboración se ha hecho uso de recursos humanos y materiales como: cámara fotográfica de video, hojas de apunte, cintas métricas, tizas y otros, así como el uso de las fuentes bibliográficas que en la actualidad existen en gran cantidad.

CAPITULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA.

El distrito de Abancay está situada a 2377 msnm en la vertiente oriental de los andes, está ubicada geográficamente a 13° 38' 02 S y 72° 52' 52" tiene un clima templado, con una temperatura máxima de 11.7°C. La temporada de lluvias comienza en noviembre y concluye en marzo de modo que los procesos constructivos varían en función a dichas temperaturas y épocas, por ello se requiere de un nivel técnico apropiado para su ejecución.

En la zona del Distrito Abancay, existen diferentes tipos de pavimentos entre flexible y rígido siendo este último el que más predomina. Presentándose asentamientos o hundimientos notorios que perjudican al tránsito vial de la misma forma, observamos presencia de fallas transversales, longitudinales y diagonales.

Para ello es necesario determinar las patologías en la avenida pavimentada, las mismas que serán muestras de inspección visual, para tomar datos y determinar un Índice de Condición de Pavimento a partir de sus patologías.

La Avenida Perú posee un vía con pavimento flexible que se encuentra en proceso de colapso estructural a causas asociadas a su uso, diseño y proceso constructivo, llegando a afectar a la población beneficiaria de esta ruta, las fallas presentes en toda la vía y observadas a simple vista en la carpeta asfáltica son Piel de cocodrilo, Exudación, Fisuras en bloque, Fisuras longitudinales, Desprendimientos y peladuras, ahuellamiento, Fisuras Transversales.

Los pavimentos asfálticos o flexibles presentan una serie de fallas cuya prevención y/o corrección es abordada por operaciones de

mantenimiento, las que suelen agruparse en tres categorías: operaciones rutinarias; operaciones periódicas y operaciones de restauración. Desconociendo el estado actual de la vía por métodos que nos ayuden a determinar el grado de colapso de la estructura vial.

1.2. DELIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN

1.2.1. Espacial

Red de pavimentos del distrito de Abancay de la provincia de Abancay, Departamento de Apurímac

1.2.2. Temporal

El tiempo de la investigación tomo como punto de partida en el mes de septiembre del 2015 con un periodo de 03 meses para poder obtener resultados que puedan dar una mejor apreciación de la investigación hecha.

1.3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.3.1. Problema general

¿Cuál es el Diagnóstico del Estado Situacional de la Avenida Perú?

1.3.2. Problema específico

Con la pregunta ya planteada surgen otras interrogantes, que son las siguientes:

- ¿Cuál es la calidad de desempeño de la Avenida Perú?
- ¿Cuál es el deterioro físico de la Avenida Perú?
- ¿Cuáles son las alternativas de solución al estado situacional de la Avenida Perú?

- ¿Qué nivel de servicio nos da el estado situacional de la Avenida Perú?
- ¿El mantenimiento intensivo mejora la condición del pavimento de la Avenida Perú?

1.4. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.4.1. Objetivo general

Identificar en qué estado situacional se encuentra la Avenida Perú por el método PCI (índice de condición de pavimentos) haciendo un diagnóstico definitivo.

1.4.2. Objetivo específico

1. Verificar la calidad de desempeño de la Avenida Perú.
2. Determinar el deterioro físico (fallas de los pavimentos: grietas, deformación, envejecimiento, etc.), de la Avenida Perú.
3. Identificar las alternativas de solución del estado situacional de la Avenida Perú
4. Determinar el nivel de servicio del estado situacional de la Avenida Perú
5. Determinar si el mantenimiento intensivo mejorara la condición del pavimento de la Avenida Perú

1.5. FORMULACIÓN DE LA HIPÓTESIS

1.5.1. Hipótesis general

Hipótesis principal.

“La condición actual de la Avenida Perú se encuentra deteriorada mostrando fallas en todo el tramo a causa de un mal diseño estructural, o culminado el tiempo de vida útil”.

1.5.2. Hipótesis específica

1. La calidad de desempeño de la vía son las fallas localizadas en el recorrido que alteran la serviciabilidad de la vía. Se clasificará los tipos de fallas en función a los valores del método PCI.
2. El deterioro físico de las vía se deben a las fallas encontradas en el pavimento
3. La Alternativa de solución para el estado situacional de la vía es la realización de un mantenimiento intensivo.
4. El nivel de servicio que nos da el estado situacional de la vía es regular.
5. El mantenimiento mejorara la condición del pavimento de la vía, otorgando un buen nivel de servicio.

1.6. VARIABLES DE LA INVESTIGACIÓN

1.6.1. Variable independiente

ESTADO SITUACIONAL DEL PAVIMENTO, DESEMPEÑO DE LA VÍA, DETERIORO FÍSICO, NIVEL DE SERVICIABILIDAD y MANTENIMIENTO RUTINARIO.

1.6.2. Variable dependiente

MÉTODO DE ÍNDICE DE CONDICIÓN DE PAVIMENTOS, COMPORTAMIENTO DEL PAVIMENTO y FALLAS EN EL PAVIMENTO

1.6.3. Operacionalización de las variables

La Operacionalización de las variables será de la siguiente manera:

Tabla 01: Operación de variables.

Operacionalización de las variables				
VARIABLES	INDICADORES	ÍNDICE	UNIDAD	INSTRUMENTO
V. Independiente: - Estado Situacional Del Pavimento - Desempeño De La Vía - Deterioro Fisico - Nivel De Serviciabilidad - Mantenimiento Rutinario	-Condición de pavimento. -Serviciabilidad -Serviciabilidad -Índice de serviciabilidad Resultado de diagnostico	-0 la peor condición posible y 100 la mejor. -Deterioro -Deterioro -Fallas en el pavimento Fallas en el pavimento	-Adimensional -Adimensional -Adimensional -Adimensional -Adimensional	Norma ASTM 5340-98 -Observación -Observación -Formulas. -Cálculos matemáticos.
V. Dependiente: - Método de índice de condición de pavimentos - Comportamiento Del Pavimento - Fallas En El Pavimento	- En función al valor del PCI. - En función al valor del PCI. -Serviciabilidad	- Colapsado a Excelente. - Malo a bueno. - Deterioro del pavimento.	- Adimensional - Adimensional - Adimensional.	- Norma ASTM 5340-98 - Norma ASTM 5340-98 - Observación.

1.7. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

1.7.1. Tipo de investigación

La investigación es de **tipo** exploratoria es considerada como el primer acercamiento científico a un problema. Se utiliza cuando este aún no ha sido abordado o no ha sido suficientemente estudiado y las condiciones existentes no son aun determinantes

1.7.2. Nivel de investigación

El nivel de investigación se refiere al grado de profundidad con que se aborda un objeto o fenómeno.

El tipo de nivel de la investigación es: Exploratoria de nivel Descriptivo.

1.7.3. Métodos de investigación

OBSERVACIONAL. En la observación el investigador considera los fenómenos tal como se presentan, sin modificarlos ni actuar sobre ellos, mientras que la experimentación implica una variación provocada intencionalmente por el investigador sobre las condiciones en las que se desarrolla el fenómeno.

1.7.4. Diseño de investigación

Diseño: Diseño transversal correlacional (Hernández, Fernández y Baptista, 1998, p.185).



1.8. POBLACIÓN Y MUESTRA DE LA INVESTIGACIÓN

1.8.1. Población.

Es cualquier conjunto de unidades o elementos como personas, municipios, empresas, etc. claramente definido para el cual se calculan las estimaciones o se busca la información. Como es imposible obtener datos de toda la población es conveniente extraer una muestra, que sea representativa (Sampieri, pag.65).

Para esta investigación la población será Red de Pavimentos de La Provincia de Abancay.

1.8.2. Muestra.

Es el conjunto de operaciones que se realizan para estudiar la distribución de determinados caracteres en la totalidad de una población universo o colectivo partiendo de la observación de una fracción de la población considerada (Ander – Egg, Pág. 115).

La muestra en el estudio realizado es: Pavimento flexible de la Av. Perú

1.9. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

1.9.1. Técnicas

Para esta investigación se hecho del uso de técnicas como de recolección de datos.

- ✓ Hojas de datos, o cualquier sistema de almacenamiento de información en campo que permita registrar: fecha, ubicación, componente, sección, tamaño de la unidad de muestra, número y tamaño de losa, tipos de falla, grado de severidad, cantidades, y nombre del encargado de la inspección.
- ✓ Imágenes Fotográficas
- ✓ Planos

1.9.2. Instrumentos

- ✓ Cinta métrica de 50 metros.
- ✓ 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. La figura muestra la planilla típica de recolección de datos ofrecida por el Método PCI.

1.10. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA

1.10.1. Justificación

El estudio del estado situacional de la vía Avenida Perú de la Provincia Abancay por el método PCI indicara la acciones a tomar con respecto a los resultados obtenidos de dicho estudio como son el nivel de daño del pavimento su severidad y cantidad. Ya que dada a la gran cantidad de combinaciones de deterioros que se presentan en el estudio de esta vía el método soluciona esta dificultad introduciendo el *valor deducido* para indicar la condición del pavimento y con esto supone un mayor

conocimiento de las condiciones operativas y estructurales que permitan deducir el estado situacional de la vía en estudio. Que permitan llegar a un diagnóstico de la vía y así una solución efectiva que contenga los requisitos que exige este tipo de vía.

1.10.2. Importancia

Esta investigación es importante, pues permitirá conocer a tiempo los deterioros presentes en la superficie, y de esta manera realizar las correcciones, consiguiendo con ello brindar al usuario una serviciabilidad óptima.

Con la realización de una evaluación periódica del pavimento se podrá predecir el nivel de vida de una red o un proyecto.

La evaluación de pavimentos, también permitirá optimizar los costos de rehabilitación, pues si se trata un deterioro de forma temprana se prolonga su vida de servicio ahorrando de esta manera gastos mayores.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. DEFINICIÓN DE PAVIMENTO

De acuerdo a la Ingeniería, el pavimento es un elemento estructural que se encuentra apoyado en toda su superficie sobre el terreno de fundación llamado subrasante. Esta capa debe estar preparada para soportar un sistema de capas de espesores diferentes, denominado paquete estructural, diseñado para soportar cargas externas durante un determinado período de tiempo. (ASTM5340-98, Setiembre 2004.)

2.2. PAVIMENTOS

Se llama pavimento al conjunto de capas de material seleccionado que reciben en forma directa las cargas del tránsito y las transmiten a los estratos inferiores en forma disipada, proporcionando una superficie de rodamiento, la cual debe funcionar eficientemente. (ASTM5340-98, Setiembre 2004.)

Las condiciones necesarias para un adecuado funcionamiento son las siguientes: anchura, trazo horizontal y vertical, resistencia adecuada a las cargas para evitar las fallas y los agrietamientos, además de una adherencia adecuada entre el vehículo y el pavimento aun en condiciones húmedas. Deberá presentar una resistencia adecuada a los esfuerzos destructivos del tránsito, de la intemperie y del agua. Debe tener una adecuada visibilidad y contar con un paisaje agradable para no provocar fatigas. (ASTM5340-98, Setiembre 2004.)

Puesto que los esfuerzos en un pavimento decrecen con la profundidad, se deberán colocar los materiales de mayor capacidad de carga en las capas superiores, siendo de menor calidad los que se colocan en las terracerías además de que son los materiales que más comúnmente se encuentran en la naturaleza, y por consecuencia resultan los más económicos. (ASTM5340-98, Setiembre 2004.)

La división en capas que se hace en un pavimento obedece a un factor económico, ya que cuando determinamos el espesor de una capa el objetivo es darle el grosor mínimo que reduzca los esfuerzos sobre la capa inmediata

inferior. La resistencia de las diferentes capas no solo dependerá del material que la constituye, también resulta de gran influencia el procedimiento constructivo; siendo dos factores importantes la compactación y la humedad, ya que cuando un material no se acomoda adecuadamente, éste se consolida por efecto de las cargas y es cuando se producen deformaciones permanentes. (Fonseca, 2002)

2.3 CLASIFICACIÓN DE PAVIMENTOS

No siempre un pavimento se compone de las capas señaladas en la figura 1.1. La ausencia o reemplazo de una o varias de esas capas depende de diversos factores, como por ejemplo del soporte de la subrasante, de la clase de material a usarse, de la intensidad de tránsito, entre otros. (Fonseca, 2002)

Por esta razón, pueden identificarse 3 tipos de pavimentos, que se diferencian principalmente por el paquete estructural que presentan:

- a) Pavimento flexible
- b) Pavimento rígido
- c) Pavimento híbrido

a. El pavimento flexible

Resulta más económico en su construcción inicial, tiene un periodo de vida de entre 10 y 15 años, pero tienen la desventaja de requerir mantenimiento constante para cumplir con su vida útil. Este tipo de pavimento está compuesto principalmente de una carpeta asfáltica, de la base y de la sub-base. Fig.01

Sobre la capa subrasante se construye el pavimento flexible, que está compuesto por sub - base, base y carpeta asfáltica. El pavimento flexible debe proporcionar una superficie de rodamiento uniforme, resistente a la acción del tránsito, a la del intemperismo y otros agentes perjudiciales, así como transmitir a las terracerías (EDUARDO MBA LOZANO Y OTRO, 2005)

a.1 Terracería.

Se llama terracería al conjunto de obras compuestas de cortes y terraplenes, formadas principalmente por la sub-rasante y el cuerpo del terraplén, constituida generalmente por materiales no seleccionados y se dice que es la subestructura del pavimento. Cuando se va a construir un camino que presente un TPDA (Tránsito Promedio Diario Anual) mayor a 5000 vehículos, es necesario que se construya bajo la sub-rasante una capa conocida como sub-yacente; la cual deberá tener un espesor mínimo de 50 cm.

Fig. 01: Pavimento Flexible



b. El pavimento rígido

Se compone de losas de concreto hidráulico que en algunas ocasiones presenta un armado de acero, tiene un costo inicial más elevado que el flexible, su periodo de vida varía entre 20 y 40 años; el mantenimiento que requiere es mínimo y solo se efectúa (comúnmente) en las juntas de las losas. Fig.02 (Fonseca, 2002)

Estos pavimentos difieren mucho de los de tipo flexible. Los pavimentos de concreto reciben la carga de los vehículos y la reparten a un área de la sub-rasante. La losa por su alta rigidez y alto módulo elástico, tiene un comportamiento de elemento estructural de viga. Ella absorbe prácticamente toda la carga. Estos pavimentos han tenido un desarrollo bastante dinámico. (Fonseca, 2002)

El talón de Aquiles de los pavimentos de concreto, son las juntas que tienen que diseñar y construir para controlar los cambios de volumen, inevitables, que se producen en ellos por cambios temperatura. (Fonseca, 2002)

Fig.02: Pavimento rígido o hidráulico



Pavimento Rígido

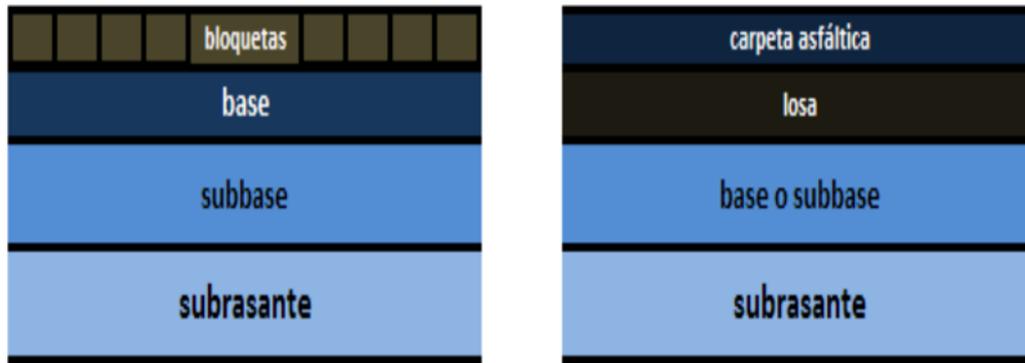


c. Pavimento híbrido

Al pavimento híbrido se le conoce también como pavimento mixto, y es una combinación de flexible y rígido. Por ejemplo, cuando se colocan bloquetas de concreto en lugar de la carpeta asfáltica, se tiene un tipo de pavimento híbrido. El objetivo de este tipo de pavimento es disminuir la velocidad límite de los vehículos, ya que las bloquetas producen una ligera vibración en los autos al circular sobre ellas, lo que obliga al conductor a mantener una velocidad máxima de 60 km/h. Es ideal para zonas urbanas, pues garantiza seguridad y comodidad para los usuarios. Fig. 03 (Fonseca, 2002)

Otro ejemplo de pavimento mixto, son aquellos pavimentos de superficie asfáltica contruidos sobre pavimento rígido. Este pavimento, trae consigo un tipo particular de falla, llamada fisura de reflexión de junta. (Fonseca, 2002)

Fig. 03: Pavimento híbrido o mixto.



Pavimento Híbrido

2.4. FALLAS EN PAVIMENTOS URBANOS FLEXIBLES

Las fallas son el resultado de interacciones complejas de diseño, materiales, construcción, tránsito vehicular y medio ambiente. Estos factores combinados, son la causa del deterioro progresivo del pavimento, situación que se agrava, al no darle un mantenimiento adecuado a la vía. (SMITH., ; Febrero 1999)

Existen dos tipos de fallas: estructurales y funcionales. Las primeras, son las que originan un deterioro en el paquete estructural del pavimento, disminuyendo la cohesión de las capas y afectando su comportamiento frente a cargas externas. Las fallas funcionales, en cambio, afectan la transpirabilidad, es decir, la calidad aceptable de la superficie de rodadura, la estética de la pista y la seguridad que brinda al usuario. (SMITH., ; Febrero 1999)

Para pavimentos flexibles los daños pueden ser agrupados en 4 categorías: 1) Fisuras y grietas; 2) Deformaciones superficiales; 3) Desintegración de pavimentos o desprendimientos; 4) Afloramientos y otras fallas.

A continuación se explican 18 de las fallas más comunes que afectan a los pavimentos urbanos flexibles, y que están también consideradas dentro del método PCI.

1. Piel de cocodrilo

La piel de cocodrilo es un conjunto de fisuras interconectadas que forman polígonos irregulares, de hasta 0.5 m de longitud en el lado más largo. El patrón es parecido a la piel de un cocodrilo, de ahí el nombre de esta falla. Fig.04

También llamada agrietamiento por fatiga, la piel de cocodrilo se produce en áreas sujetas a repeticiones de carga de tráfico, tales como las huellas de las llantas de los vehículos. (VARELA, Febrero 2002.)

El agrietamiento se origina en el fondo del paquete asfáltico, en la base, donde los esfuerzos y deformaciones unitarias de tensión son elevados. De ahí, las grietas se propagan hacia la superficie como una serie de fisuras longitudinales paralelas, que luego se conectan formando varias piezas. (VARELA, Febrero 2002.)

Otra causa que contribuye a que se produzca este tipo de falla, es el envejecimiento del ligante asfáltico, que trae consigo la pérdida de flexibilidad del pavimento.

La piel de cocodrilo indica la pérdida de la capacidad estructural del pavimento, pues disminuye su capacidad de resistencia frente a sollicitaciones externas. Es por ello que sin el mantenimiento adecuado, el comportamiento del pavimento podría empeorar y podría pasar de una fisura a un desprendimiento (como por ejemplo, un bache), dañando significativamente la superficie de la vía. (VARELA, Febrero 2002.)

Figura N°04 Piel de cocodrilo, las fisuras se conectan unas con otras formando polígonos irregulares.



2. Exudación

La exudación es una película de material bituminoso que se extiende sobre una determinada área del pavimento, creando una superficie brillante, resbaladiza y reflectante que generalmente llega a ser pegajosa (durante tiempo cálido). Fig. 05 (BETANZO QUEZADA, (México) 2008)

Esta falla puede ser causada por diversos factores, como: el exceso de ligante asfáltico en la dosificación (mezcla), el uso de un ligante asfáltico muy blando, la aplicación excesiva de un sello bituminoso, un deficiente porcentaje de vacíos, etc. (VARELA, Febrero 2002.).

La exudación ocurre durante tiempo cálido, cuando el asfalto llena los vacíos de la mezcla y luego 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.

Fig. 05: Exudación en el pavimento



3. Fisuras en bloque

Las fisuras en bloque son grietas interconectadas que forman piezas rectangulares de tamaño variable, desde aproximadamente 0.30 x 0.30 m hasta 3.00 x 3.00 m. Este tipo de falla puede ocurrir sobre porciones largas del área del pavimento o sobre aquellas áreas donde no hay tráfico; es por ello que las

fisuras en bloque no están asociadas a solicitudes externas de carga vehicular. Fig.06 (SMITH., ; Febrero 1999).

Las grietas en bloque son causadas principalmente por la contracción del concreto asfáltico y por la variación de temperatura, que origina ciclos diarios de esfuerzo / deformación unitaria. Esta falla indica que el asfalto se ha endurecido significativamente.

Fig.06: Fisura en bloque



4. Abultamientos y hundimientos

Los abultamientos y hundimientos son desplazamientos pequeños, bruscos, hacia arriba y hacia abajo de la superficie del pavimento, que distorsionan el perfil de la carretera. Fig.07 (SMITH., ; Febrero 1999)

No son causados por inestabilidad del pavimento, sino que pueden ser producto de varios factores, tales como:

- Levantamiento de las losas de concreto de un pavimento rígido que ha sido cubierto con una carpeta asfáltica.
- Expansión por congelación (crecimiento de lentes de hielo, es decir, suelo congelado).

- Infiltración y acumulación de material en una fisura en combinación con cargas de tráfico.
- Expansión del suelo de fundación.
- Deficiencias en el drenaje del paquete estructural del pavimento

Fig.07: Abultamiento y hundimientos



5. Corrugación

La corrugación es una serie de ondulaciones constituidas por cimas y depresiones muy cercanas entre sí y espaciadas a intervalos bastante regulares (generalmente menores a 3.00 m) a lo largo del pavimento. Las cimas son perpendiculares al sentido del tránsito. (SMITH., ; Febrero 1999)

Este tipo de falla es causada por la acción del tránsito vehicular combinada con la inestabilidad de las capas superficiales o de la base del pavimento. Fig.08

Depresión

Las depresiones son áreas localizadas en la superficie del pavimento que poseen niveles de elevación ligeramente menores a aquellos que se encuentran a su alrededor.

Las depresiones son visibles cuando el agua se empoza dentro de ellas después de la caída de lluvia, o, a través de las manchas causadas por el agua empozada, en caso de superficies secas. (SMITH., ; Febrero 1999)

Son producidas por asentamientos de la subrasante o debido a procedimientos constructivos defectuosos.

Fig. 08: Corrugaciones



Falla Tipo 6: Depresiones

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 empozamientos. En el pavimento seco las depresiones pueden ubicarse gracias a las manchas causadas por el agua almacenada. (SMITH., ; Febrero 1999)

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 hidropneumático.

7. Fisuras de borde

Las fisuras de borde son grietas paralelas al borde externo del pavimento, que se encuentran a una distancia de 0.30 a 0.50 m de éste. Fig.09

Ese tipo de falla se incrementa por la carga de tránsito y se origina debido al debilitamiento de la base o de la subrasante en áreas muy próximas al borde del pavimento, a causa de condiciones climáticas o por efecto abrasivo de arena suelta en el borde, que provoca peladuras que conducen a la desintegración. Fig.10

Fig. 09: Fisuras de borde



Fig. 10: Fisuras de reflexión de junta (de losas de concreto Longitudinales o transversales).



8. Fisuras de reflexión de junta

Ocurren solamente en pavimentos mixtos: pavimentos de superficie asfáltica (flexible) construidos sobre una losa de concreto (rígido). No se consideran fisuras de reflexión de otros tipos de base como bases estabilizadas con cemento o cal. Fig.11 (Fonseca, 2002)

Estas grietas son causadas por el movimiento de la losa de concreto, inducido por temperatura o humedad, bajo la superficie de pavimento flexible. No están relacionadas a efectos de carga; sin embargo, las cargas de tráfico pueden causar la rotura de la superficie de concreto asfáltico cerca a las fisuras.

Fig.11: Fisura de reflexión de junta



9. Desnivel carril – berma

El desnivel carril-berma es la diferencia de elevación (niveles) entre el borde del pavimento y la berma. (SMITH., ; Febrero 1999)

Esta falla es causada por la erosión de la berma; el asentamiento de la berma; o por la colocación de nuevas capas (sobrecarpetas) en la pista, sin el debido ajuste del nivel de la berma. Fig.12

Fig.12: Desnivel carril – berma



10. Fisuras longitudinales y transversales

Las fisuras longitudinales son grietas paralelas al eje de la vía o a la línea direccional en la que fue construida. Las grietas transversales, en cambio, son perpendiculares al eje del pavimento o a la dirección de construcción.

Fig.13: Fisuras longitudinales



11. Parches y parches de cortes utilitarios

Un parche es un área del pavimento, que por encontrarse en mal estado, ha sido reemplazada con material nuevo con el fin de reparar el pavimento existente. Los parches de cortes utilitarios hacen referencia a aquellos parches colocados cuando se efectúan cortes para la reparación de tuberías de agua o desagüe, instalación del cableado eléctrico, teléfonos, entre otros trabajos similares. (VÁSQUEZ V, 2002.)

Fig.14: Parches



12. Agregado pulido

El agregado pulido es la pérdida de resistencia al deslizamiento del pavimento, que ocurre cuando los agregados en la superficie se vuelven suaves al tacto.

Fig.15: Agregado pulido



13. Baches

Los baches son pequeños hoyos (depresiones) en la superficie del pavimento de diámetro menor a 750 mm. Presentan bordes agudos y lados verticales cerca de la zona superior de la falla.

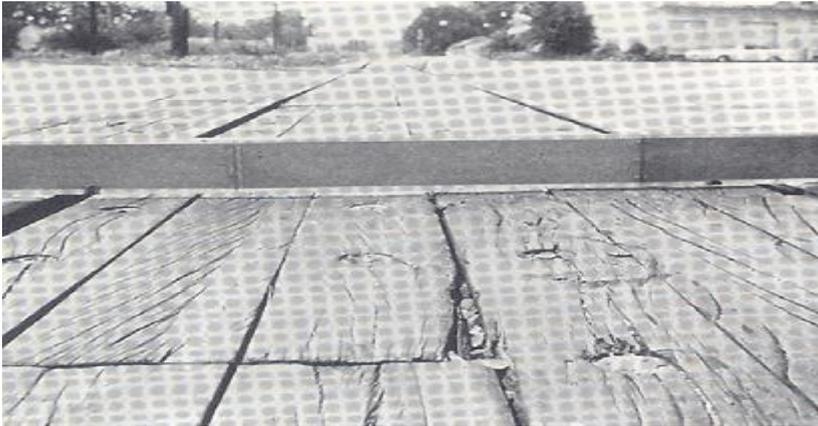
Fig.16: Baches



14. Ahuellamiento

El ahuellamiento es una depresión longitudinal continua a lo largo de la trayectoria del vehículo, que trae como consecuencia la deformación permanente en cualquiera de las capas del pavimento o subrasante.

Fig.17: Ahuellamiento



2.15. Desplazamientos

Los desplazamientos son distorsiones de la superficie originados por desplazamientos de mezcla. Son corrimientos longitudinales y permanentes de un área localizada del pavimento formando una especie de “cordones” laterales.

Fig.18: Desplazamientos



16. Fisura parabólica o por deslizamiento

Las fisuras parabólicas ó por deslizamiento son grietas en forma de media luna, que se presentan de manera transversal a la dirección del tránsito.

Estas fallas ocurren generalmente en mezclas asfálticas de baja estabilidad o en capas superpuestas, cuando existe una adherencia pobre (liga pobre) entre la capa superficial y la capa subyacente de la estructura del pavimento. (Fonseca, 2002)

Fig.19: Fisura parabólica o por deslizamiento



17. Hinchamiento

El hinchamiento es el abultamiento o levantamiento localizado en la superficie del pavimento, en forma de una onda larga y gradual de longitud mayor a 3.00 m, que distorsiona el perfil de la carretera. (EDUARDO MBA LOZANO Y OTRO, 2005)

Fig.20: Hinchamiento



18. Hinchamientos

El hinchamiento se caracteriza por un pandeo hacia arriba de la superficie del pavimento con una onda larga y gradual de longitud mayor de 3,0 m.

El hinchamiento puede estar acompañado de agrietamiento superficial. Usualmente, este daño es causado por suelos potencialmente expansivos.

Fig.21: Hinchamiento con onda larga



19. Peladura por intemperismo y desprendimiento de agregados

La peladura por intemperismo es la desintegración superficial del pavimento por pérdida de ligante asfáltico; mientras que el desprendimiento del agregado pétreo, hace referencia a partículas de agregado sueltas o removidas. (SMITH., ; Febrero 1999)

Fig.22: Peladura por intemperismo



2.5. DISEÑO DE PAVIMENTOS

En el proceso de modelación y diseño de pavimentos flexibles existen criterios subjetivos sobre algunos de los parámetros. Se observa una tendencia a la aplicación de fórmulas empíricas por parte de los diseñadores, derivadas de algunas experiencias particulares, sin tener en cuenta patrones establecidos por entidades como por ejemplo la SHELL, AASTHO y otras que desarrollaron métodos de cálculo de uso común en el medio.

El diseño de un pavimento consiste en establecer una estructura para una duración dada, bajo las sollicitaciones del tránsito y las características de la subrasante.

Para determinar los espesores de las capas de la estructura del pavimento se utilizan tres clases de metodologías las cuales se enuncian a continuación:

Métodos empíricos

Reglas prácticas

CBR, Kansas

Esfuerzo cortante límite

Deflexión límite

Método MOPT 75

Método semi-empírico o mecanístico-empírico

Instituto del Asfalto

El método Shell. Fundamentos teóricos

AASHTO 2002

Mecanístico

Soluciones analíticas Westergcard.

Soluciones numéricas (elementos finitos, probabilístico)

Programas mediante metodología racional

- Programa de cómputo Depav. – Weslea

Determinación de parámetros elásticos admisibles.

Cálculo de parámetros elásticos.

Análisis de resultados.

Programa UNALCAPA.

2.6. FACTORES DE DISEÑO

Transito

Interesan para el dimensionamiento de los pavimentos las cargas más pesadas por eje (simple, tándem), esperadas en el carril de diseño el más solicitado, que determinara la estructura del pavimento de la carretera) durante el periodo de diseño adoptado. La repetición de las cargas de tránsito y la consecuente acumulación de deformaciones sobre el pavimento (fatiga) son fundamentales para el cálculo. Además, se deben tener en cuenta las máximas presiones de contacto, las solicitaciones tangenciales en tramos especiales (curvas, zona de frenado y aceleración, etc.), las velocidades de operación de los vehículos (en especial las lentas en zonas de estacionamiento de vehículos pesados), la canalización del tránsito, etc. (COMUNICACIONES.Lima, 2001.)

Subrasante

De la calidad de esta capa depende, en gran parte, el espesor que debe tener un pavimento, sea este flexible o rígido. Como parámetro de evaluación de esta capa se emplea la capacidad de soporte o resistencia a la deformación por esfuerzo cortante bajo las cargas de tránsito. Es necesario tener en cuenta la sensibilidad del suelo a la humedad, tanto en lo que se refiere a la resistencia como a las eventuales variaciones de volumen (hinchamiento-retracción). Los cambios de volumen de un suelo de subrasante de tipo expansivo pueden ocasionar grandes daños en las estructuras que se apoyen sobre éste, por esta razón cuando se construya un pavimento sobre este tipo de suelos deberá tomarse la precaución de impedir las variaciones de humedad del suelo para lo cual habrá que pensar en la impermeabilización de la estructura. Otra forma de enfrentar este problema es mediante la estabilización de este tipo de suelo con algún aditivo, en nuestro medios los mejores resultados se han logrado mediante la estabilización de suelos con cal.

Clima

Los factores que en nuestro medio más afectan a un pavimento son las lluvias y los cambios de temperatura.

Las lluvias por su acción directa en la elevación del nivel freático influyen en la resistencia, la compresibilidad y los cambios volumétricos de los suelos de subrasante especialmente. Este parámetro también influye en algunas

actividades de construcción tales como el movimiento de tierras y la colocación y compactación de capas granulares y asfálticas.

(DEL AGUILA, Octubre 1993.)

Los cambios de temperatura en las losas de pavimentos rígidos ocasionan en estos esfuerzos muy elevados, que en algunos casos pueden ser superiores a los generados por las cargas de los vehículos que circulan sobre ellas.

En los pavimentos flexibles y dado que el asfalto tiene una alta susceptibilidad térmica, el aumento o la disminución de temperatura puede ocasionar una modificación sustancial en el módulo de elasticidad de las capas asfálticas, ocasionando en ellas y bajo condiciones especiales, deformaciones o agrietamientos que influirían en el nivel de servicio de la vía.

Materiales

Los materiales disponibles son determinantes para la selección de la estructura de pavimento más adecuada técnica y económicamente. Por una parte, se consideran los agregados disponibles en canteras y depósitos aluviales del área. Además de la calidad requerida, en la que se incluye la deseada homogeneidad, hay que atender al volumen disponible aprovechable, a las facilidades de explotación y al precio, condicionado en buena medida por la distancia de acarreo. Por otra parte, se deberá considerar los materiales básicos de mayor costo: ligantes y conglomerantes especialmente.

El análisis de los costos de construcción debe complementarse con una prevención del comportamiento del pavimento durante el periodo de diseño, la conservación necesaria y su costo actualizado y, finalmente, una estimación de futuros refuerzos estructurales, renovaciones superficiales o reconstrucciones.

Deberá tenerse en cuenta, además, los costos del usuario relacionados con su seguridad y con las demoras que se originan en carreteras relativamente congestionadas por los trabajos de conservación y repavimentación.

2. 7. EVALUACION DE PAVIMENTOS

La incidencia de factores de diversos orígenes determina alteraciones de la superficie de rodamiento de los pavimentos que afectan la seguridad, comodidad y velocidad con que debe circular el tránsito vehicular presente y futuro.

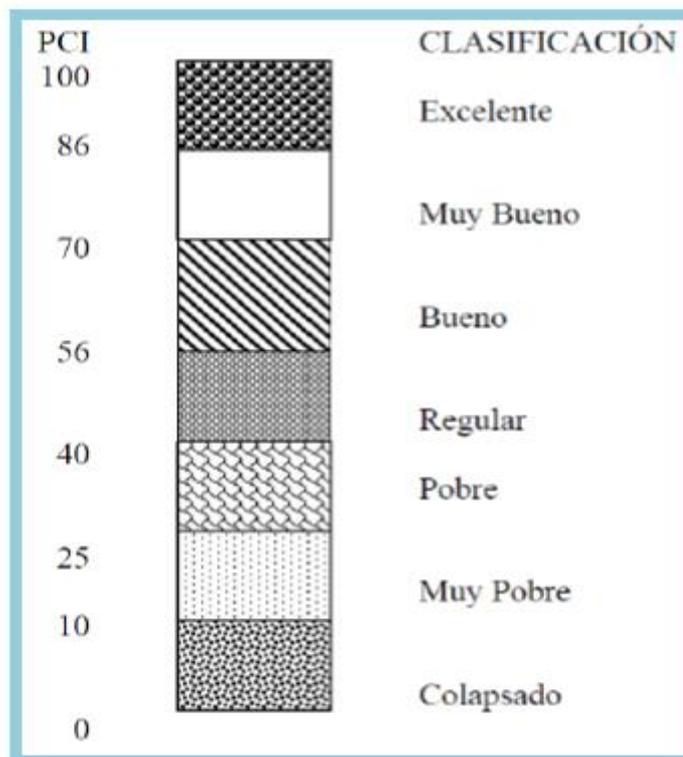
La finalidad fundamental de todo proceso de mantenimiento o refuerzo de los pavimentos en servicio, es corregir los defectos mencionados para alcanzar un grado de transitabilidad adecuado durante un periodo de tiempo suficientemente prolongado que justifique la inversión necesaria. (DEL AGUILA, Octubre 1993.)

2.8. METODO PCI

DEFINICION

El pavimento se divide en componentes que a su vez son divididos en secciones. Cada sección es dividida en unidades de muestra. El tipo y grado de severidad de las fallas en el pavimento son establecidos mediante la inspección visual de las unidades de muestra. La cantidad de las fallas se mide según las tablas de muestreo tomadas en campo. La información sobre las fallas es utilizada para calcular el PCI de cada unidad de muestra. El PCI de la sección de pavimento se determina en base a los valores del PCI determinados para cada una de las unidades de muestra. (ASTM5340-98, Setiembre 2004.)

Figura N°3



RESEÑA HISTORICA

Fue desarrollado entre los años 1974 a 1976 por encargo del Centro de Ingeniería de la Fuerza Aérea de los EE UU y ejecutado por los Ingenieros Srs. 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 Pavement Condition Index P.C.I. (ASTM5340-98, Setiembre 2004.)

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 12Federal Aviation Administration (FAA 1982), el 13U.S. Department of Defence (U.S. Air Force 1981 y U.S Army 1982), la 14American Public Work Association (APWA 1984), etc. Además, el PCI para aeropuertos ha sido publicado por la ASTM como método de análisis (ASTM 1983).

En 1982 la Federal Aviation Administration FAA, a través de su Circular AC 150/5380-6 de 03/12/1982, denominada "Guidelines and Procedures for Maintenance for Airport Pavement", recomendó este método, teniendo amplio uso en los aeropuertos de EE UU.

SIGNIFICADO Y USO

El PCI es un indicador numérico que le da una calificación a las condiciones superficiales del pavimento. El PCI proporciona una medición de las condiciones actuales del pavimento basada en las fallas observadas en su superficie, indicando también su integridad estructural y condiciones operacionales (rugosidad localizada y seguridad). El PCI no puede medir la capacidad estructural del pavimento, y tampoco proporciona determinación directa sobre el coeficiente de resistencia a la fricción (resistencia al resbalamiento) o la rugosidad general. Proporciona una base objetiva y racional para determinar las necesidades y prioridades de reparación y mantenimiento. Un monitoreo continuo del PCI es utilizado para establecer el ritmo de deterioro del pavimento, a partir del cual se identifican con la debida anticipación las necesidades de rehabilitación mayores. El PCI proporciona información sobre el rendimiento del pavimento para su validación o para incorporar mejoras en su diseño y procedimientos de mantenimiento. (ASTM5340-98, Setiembre 2004.)

HERRAMIENTAS

Hojas de datos, o cualquier sistema de almacenamiento de información en campo que permita registrar: fecha, ubicación, componente, sección, tamaño de la unidad de muestra, número y tamaño de losa, tipos de falla, grado de severidad, cantidades, y nombre del encargado de la inspección. Un ejemplo de hoja de datos para pavimentos asfálticos.

METODO PCI		ESQUEMA		
INDICE DE CONDICION DE PAVIMENTOS EN VIAS DE PAVIMENTO FLEXIBLE				
HOJA DE REGISTRO				
NOMBRE DE LA VIA: _____		Seccion: _____	Unidad de muestra _____	
EJECUTOR: _____		Fecha: _____	Area: _____	
1.- Piel de cocodrilo		11.- Baches y zanjas reparadas		
2.- Exudacion de asfalto		12.- Agrados pulidos		
3.- Grietas de contraccion (bloque)		13.- Huecos		
4.- Elevaciones - hundimientos		14.- Cruce de rieles		
5.- Corrugaciones		15.- Ahuellamiento		
6.- Depresiones		16.- Deformacion por empuje		
7.- Grietas de borde		17.- Grietas de desplazamiento		
8.- Grietas de deflexion de juntas		18.- Hinchamiento		
9.- Desnivel calzada - hombrillo		19.- Disgregacion y desintegracion		
10.- Grietas longitudinales y transversales				
FALLA	CANTIDAD	TOTAL	DENSIDAD	VALOR REDUCIDO

Hoja para registro de información en inspecciones de Condición de pavimento flexible.

1. PROCESO DE CALCULO DE PCI.

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

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 63 deben evaluarse se obtiene mediante la Ecuación 1, la cual produce un estimado del PCI ± 5 del promedio verdadero con una confiabilidad del 95%. (HECTOR LUIS AVILA BARAY, 2006)

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

Dónde:

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.

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:

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

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

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

Dónde:

N: Número total de unidades de muestreo disponible.

n: Número mínimo de unidades para evaluar.

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

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

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

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

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

Selección de Unidades de Muestreo Adicionales:

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

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.

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.

- Odometro Manual para medir las longitudes y las áreas de los daños o Wincha.
- 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.

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 3:

$$m_i = 1.00 + \frac{9}{98}(100 - HDV_i) \text{ Ecuación 3. Carreteras pavimentadas.}$$

Dónde:

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.

Etap 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.

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

CÁLCULO DEL PCI DE UNA SECCIÓN DE PAVIMENTO

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

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

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

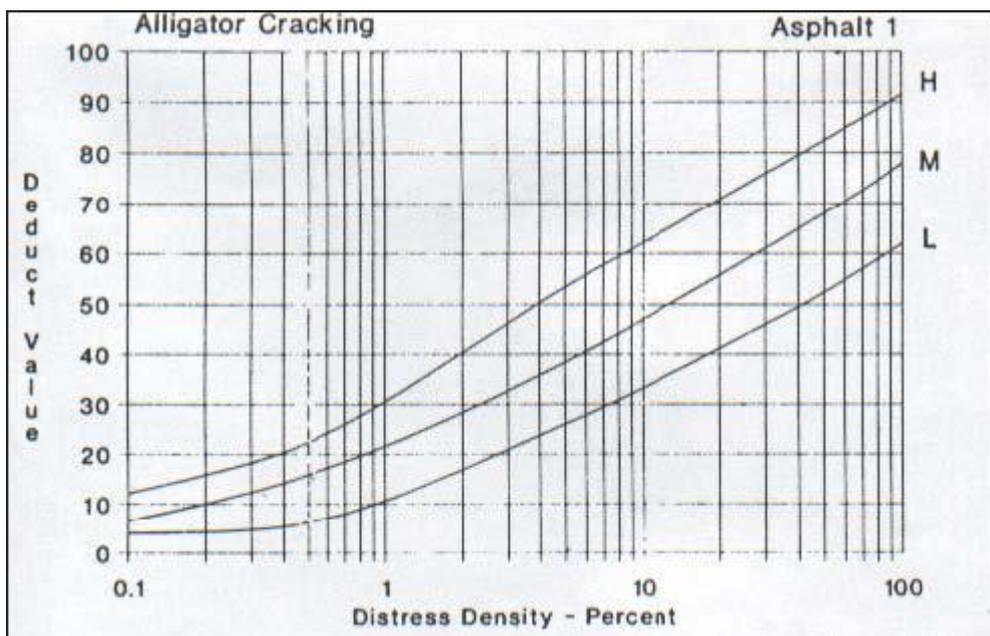
PCIS: PCI de la sección del pavimento.

PCIR: PCI promedio de las unidades de muestreo aleatorias o representativas.

PCIA: PCI promedio de las unidades de muestreo adicionales.

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

A: Número adicional de unidades de muestreo inspeccionadas.



CAPITULO III
PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

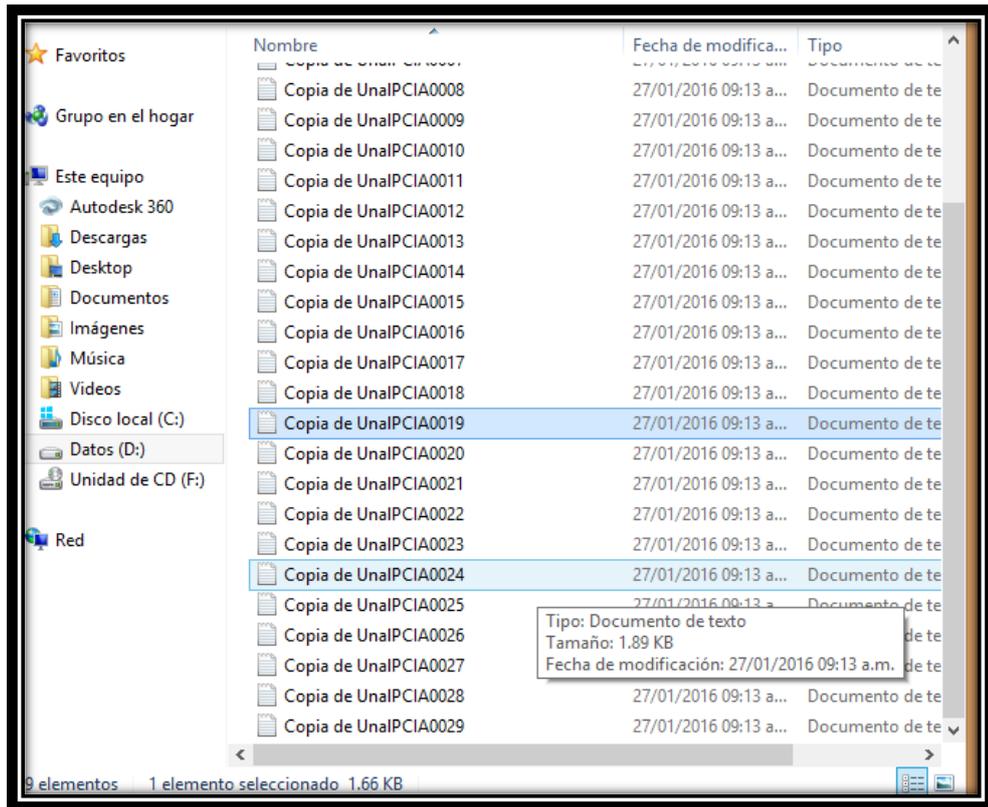
3.1. CONFIABILIDAD Y VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO
CUADRO DE RESULTADOS DE PCI
RESULTADO DE LA MUESTRA N°1(UnaIPCI)

PROCESADOR AUTOMÁTICO DE DATOS PARA EL CÁLCULO DEL PAVEMENT CONDITION INDEX				
Por: Luis Ricardo Vásquez Varela				
Pavimentos asfálticos				
=====				
Archivo :	C:\Users\2016\Desktop\Copia de UnalPCIA.csv			
Código vía :	1			
Fecha inspección :	01/08/2012			
Abscisa inicial :	K0+120.00			
Abscisa final :	K0+150.00			
Unidad :	005			
Área unidad -m ² :	216.18			
=====				
Daño (severidad) - unidad	Cantidad	Densidad(%)	Valor deducido	
=====				
01.Piel de cocodrilo (H) - m ² :	004.33	002.00	0040.2	
04.Abult. y hund. (M) - m :	006.93	003.21	0022.6	
07.Grieta de borde (H) - m :	010.75	004.97	0016.2	
11.Parqueo-acometida (H) - m ² :	024.25	011.22	0053.7	
Número de deducidos: 4				
=====				
Daño	Valor deducido			
=====				
11.Parqueo-acometida (H)	053.7			
01.Piel de cocodrilo (H)	040.2			
04.Abult. y hund. (M)	022.6			
07.Grieta de borde (H)	016.2			
Valor deducido más alto :053.7				
Número admisible de deducidos (asfalto - carreteras): 05.26				
=====				
PCI Sección	: 025 Muy malo			

RESULTADO DE LA MUESTRA N°2(UnalPCI)

PROCESADOR AUTOMÁTICO DE DATOS PARA EL CÁLCULO DEL PAVEMENT CONDITION INDEX			
Por:	Luis Ricardo Vásquez Varela		
Pavimentos asfálticos			
=====			
Archivo :	C:\Users\2016\Desktop\Copia de UnalPCIA.csv		
Código vía :	1		
Fecha inspección :	01/08/2012		
Abscisa inicial :	K0+810.00		
Abscisa final :	K0+829.09		
Unidad :	028		
Área unidad -m ² :	169.69		
=====			
Daño (severidad) - unidad	Cantidad	Densidad(%)	Valor deducido
=====			
01.Piel de cocodrilo (M) -m ² :	009.19	005.41	0038.8
04.Abult. y hund. (H) -m:	020.08	011.83	0076.0
07.Grieta de borde (H) -m:	006.46	003.81	0014.3
11.Parqueo-acometida (M) -m ² :	002.27	001.34	0011.7
11.Parqueo-acometida (H) -m ² :	007.63	004.50	0036.5
13.Huecos (H) -un:	005.66	003.34	0078.4
Número de deducidos: 6			
=====			
Daño	Valor deducido		
=====			
13.Huecos (H)	078.4		
04.Abult. y hund. (H)	076.0		
01.Piel de cocodrilo (M)	038.8		
11.Parqueo-acometida (H)	036.5		
07.Grieta de borde (H)	014.3		
11.Parqueo-acometida (M)	011.7		
Valor deducido más alto	: 078.4		
Número admisible de deducidos (asfalto - carreteras): 02.99			
=====			
PCI Sección	: 000 Fallado		

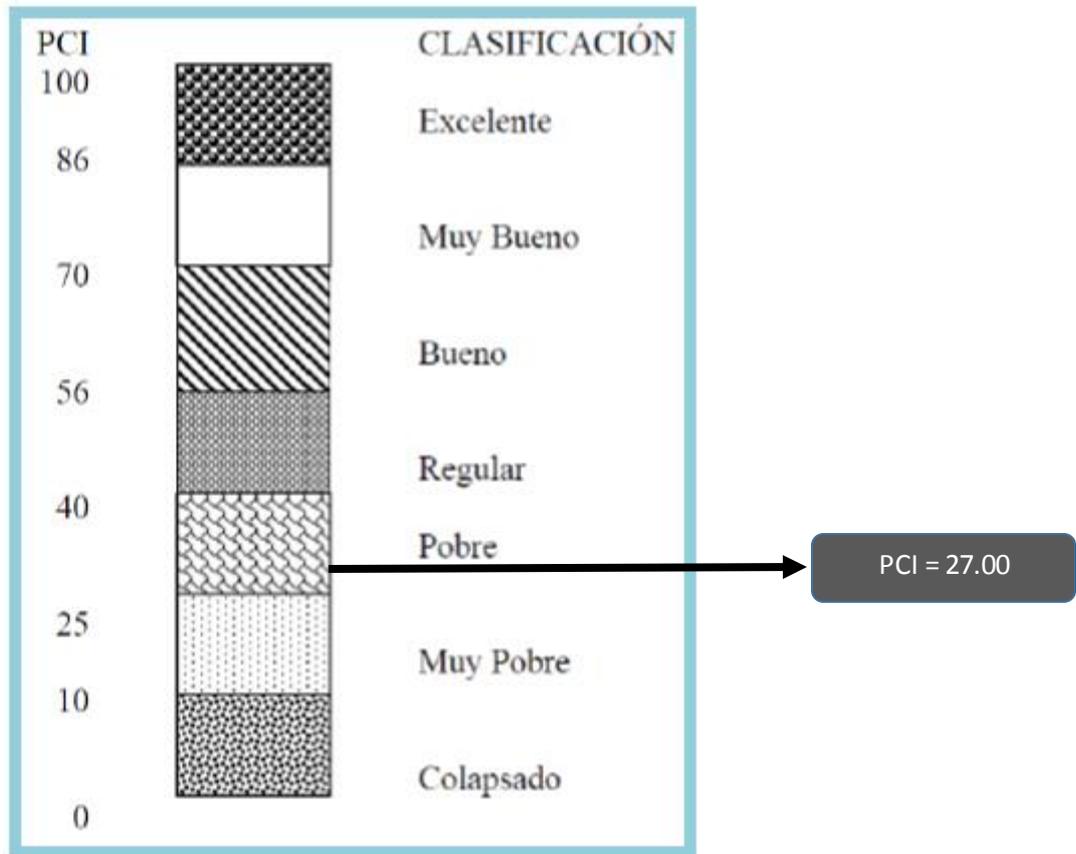
De la misma manera se obtuvieron los resultados para las 28 muestras de la avenida Perú con el software UnalPCI.



En la imagen anterior observamos los archivos obtenidos del procesamiento con el software UnalPCI

	LONGITUD	AREA	PCI	
MUESTRA N°1	30	333.25	69	
MUESTRA N°2	30	301.09	53	
MUESTRA N°3	30	332.00	55	
MUESTRA N°4	30	285.80	42	
MUESTRA N°5	30	216.18	25	
MUESTRA N°6	30	213.81	42	
MUESTRA N°7	30	237.53	33	
MUESTRA N°8	30	258.67	12	
MUESTRA N°9	30	266.54	0	
MUESTRA N°10	30	270.12	12	
MUESTRA N°11	30	278.51	14	
MUESTRA N°12	30	276.42	41	
MUESTRA N°13	30	282.59	43	
MUESTRA N°14	30	287.71	4	
MUESTRA N°15	30	286.91	39	
MUESTRA N°16	30	297.27	30	
MUESTRA N°17	30	294.45	51	
MUESTRA N°18	30	290.77	37	
MUESTRA N°19	30	287.09	49	
MUESTRA N°20	30	287.55	29	
MUESTRA N°21	30	292.95	0	
MUESTRA N°22	30	298.37	41	
MUESTRA N°23	30	301.13	15	
MUESTRA N°24	30	300.80	38	
MUESTRA N°25	30	282.01	0	
MUESTRA N°26	30	274.77	0	
MUESTRA N°27	30	269.27	0	
MUESTRA N°28	19.09	169.69	0	
TOTAL	829.09	7773.26	27.64	PROMEDIO

En la tabla anterior podemos observar la cantidad de muestras con sus respectivas longitudes, áreas y el resultado cuantitativo del PCI (PCI = 27), obteniendo un promedio general que contempla toda la estructura del pavimento de la avenida Perú.



El PCI obtenido revela un pavimento en condición deficiente (pobre) lo que significa que la circulación es apenas aceptable dada esta condición será necesario efectuar mantenimiento de rehabilitación con reconstrucción a fin de preservar la seguridad, comodidad y los niveles de serviciabilidad lo más inmediato posible.

Tipo	Descripción	Cantidad	Und
FALLA 1	1.- Piel de cocodrilo	147.61	m2
FALLA 3	3.- Grietas de contracción (bloque)	68.78	m2
FALLA 4	4.- Elevaciones - hundimientos	36.32	ml
FALLA 5	5.- Corrugaciones	9.43	m2
FALLA 6	6.- Depresiones	18.36	m2
FALLA 7	7.-Grietas de borde	94.16	ml
FALLA 11	11.- Baches y zanjas reparadas	746.49	m2
FALLA 12	12.- Agrados pulidos	167.32	m2
FALLA 13	13.- Huecos	218.67	m2
FALLA 16	16.- Deformación por empuje	2.46	m2
FALLA 17	17.- Grietas de desplazamiento	3.23	m2

La tabla anterior muestra las cantidades efectivas del total de muestras utilizadas para la investigación con un total de con un total de 1382.34m² de fallas y 130.48ml respectivamente.

En la tabla siguiente se observa el número de fallas obtenidas para cada falla con un total de 292 fallas.

68	1.- Piel de cocodrilo
8	3.- Grietas de contraccion (bloque)
7	4.- Elevaciones - hundimientos
4	5.- Corrugaciones
7	6.- Depresiones
28	7.-Grietas de borde
91	11.- Baches y zanjas reparadas
15	12.- Agrados pulidos
40	13.- Huecos
8	16.- Deformacion por empuje
16	17.- Grietas de desplazamiento
292	

3.2. ANÁLISIS CUANTITATIVO DE LAS VARIABLES

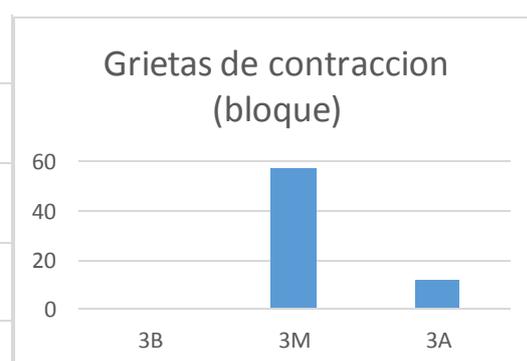
El tramo en estudio se clasifico en 28 unidades de muestra cada una de 30 m., siendo cada una inspeccionada se obtuvieron un número total de fallas existentes, los cuales se especifican en los anexos.

Podemos obtener que según la severidad de la falla, el grado de severidad que existe se muestra en las siguientes figuras.

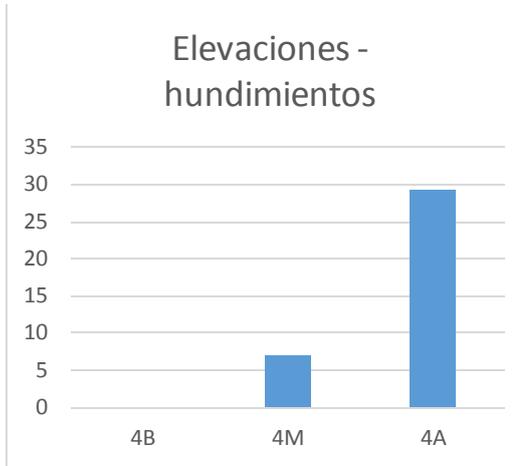
FALLA 01:



FALLA 03:



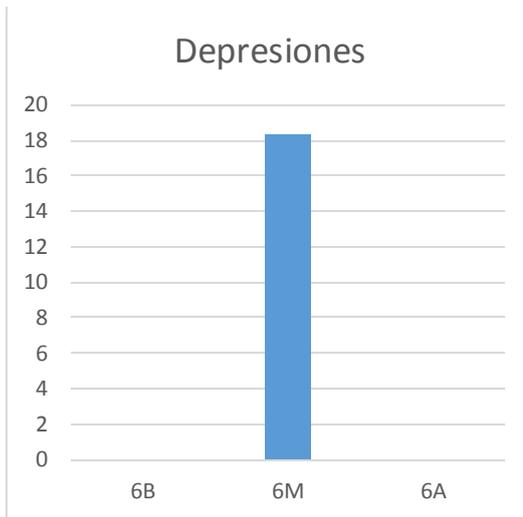
FALLA 04:



FALLA 05:



FALLA 06:



FALLA 07:



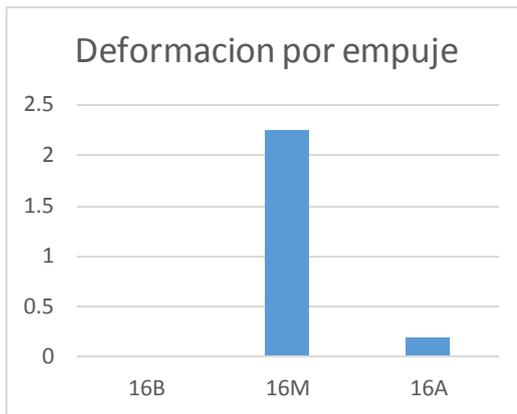
FALLA 11:



FALLA 12:



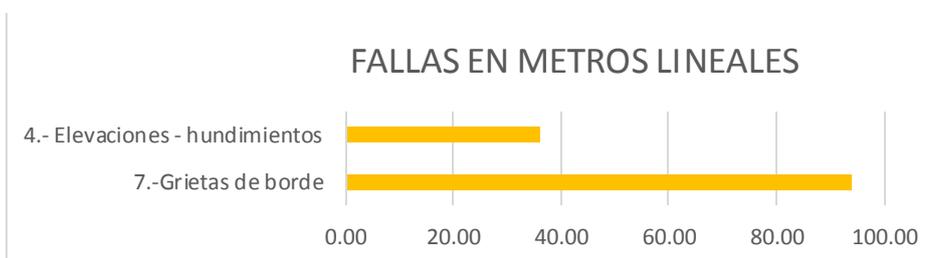
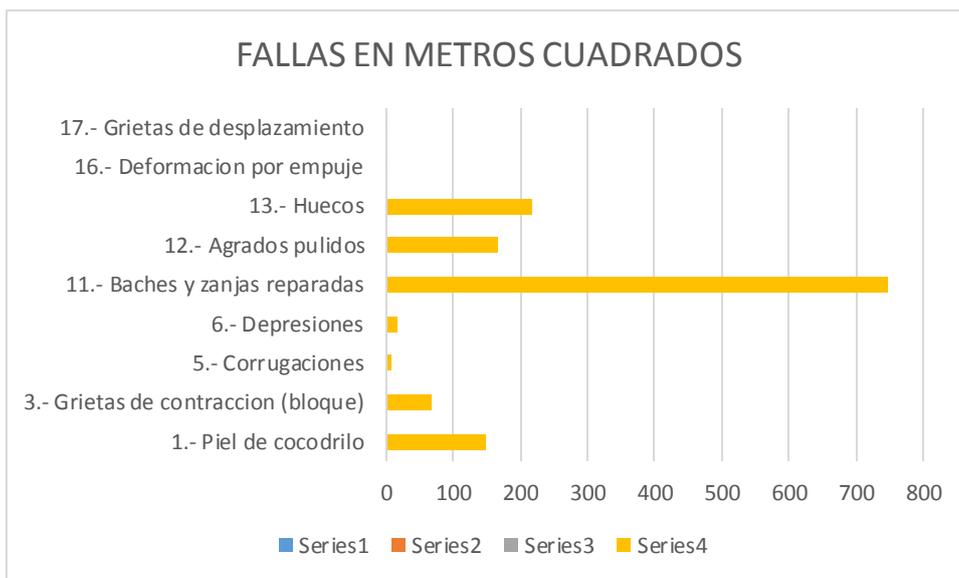
FALLA 16:



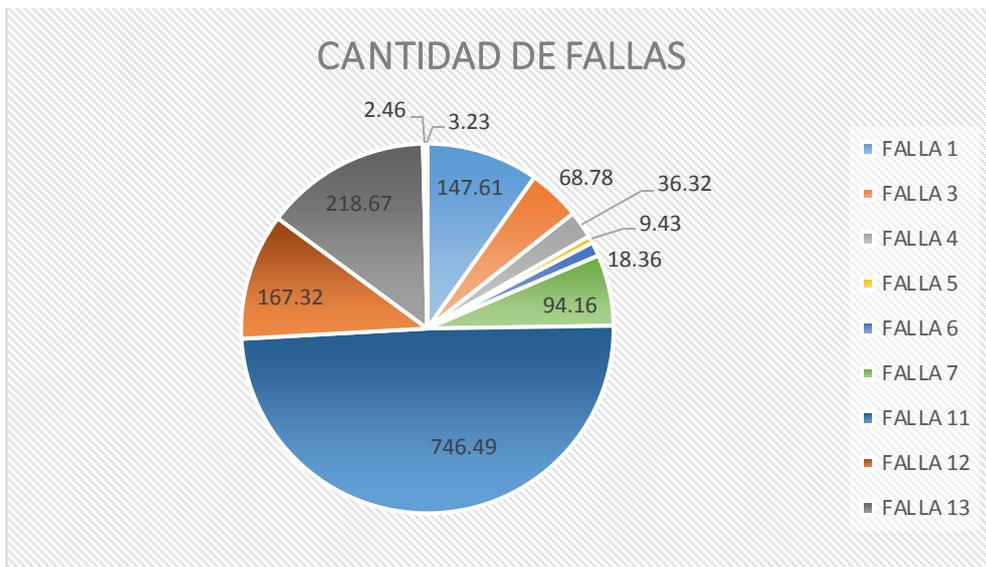
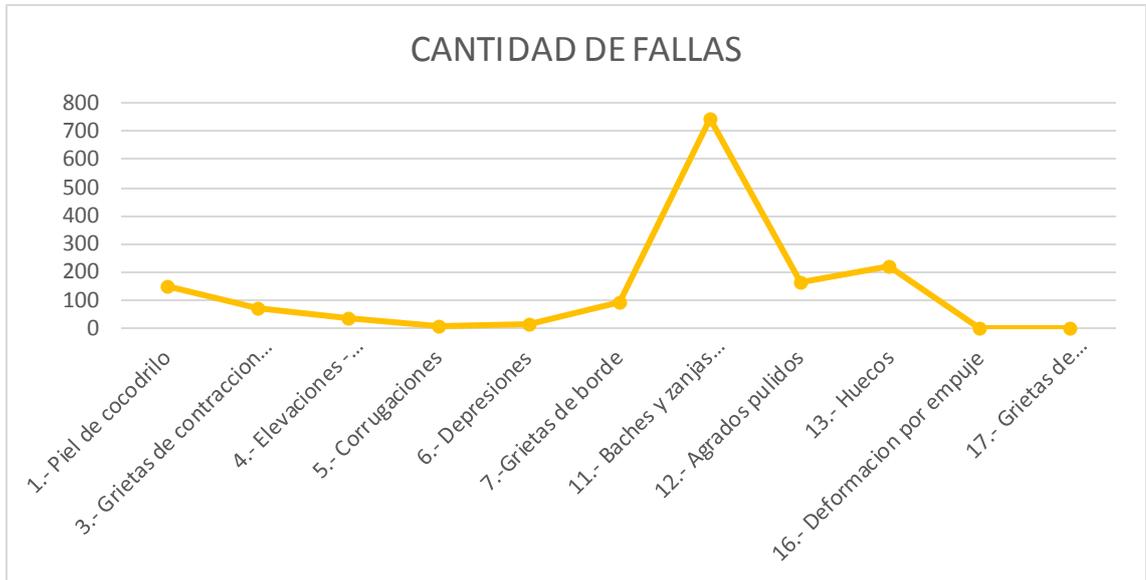
FALLA 17:



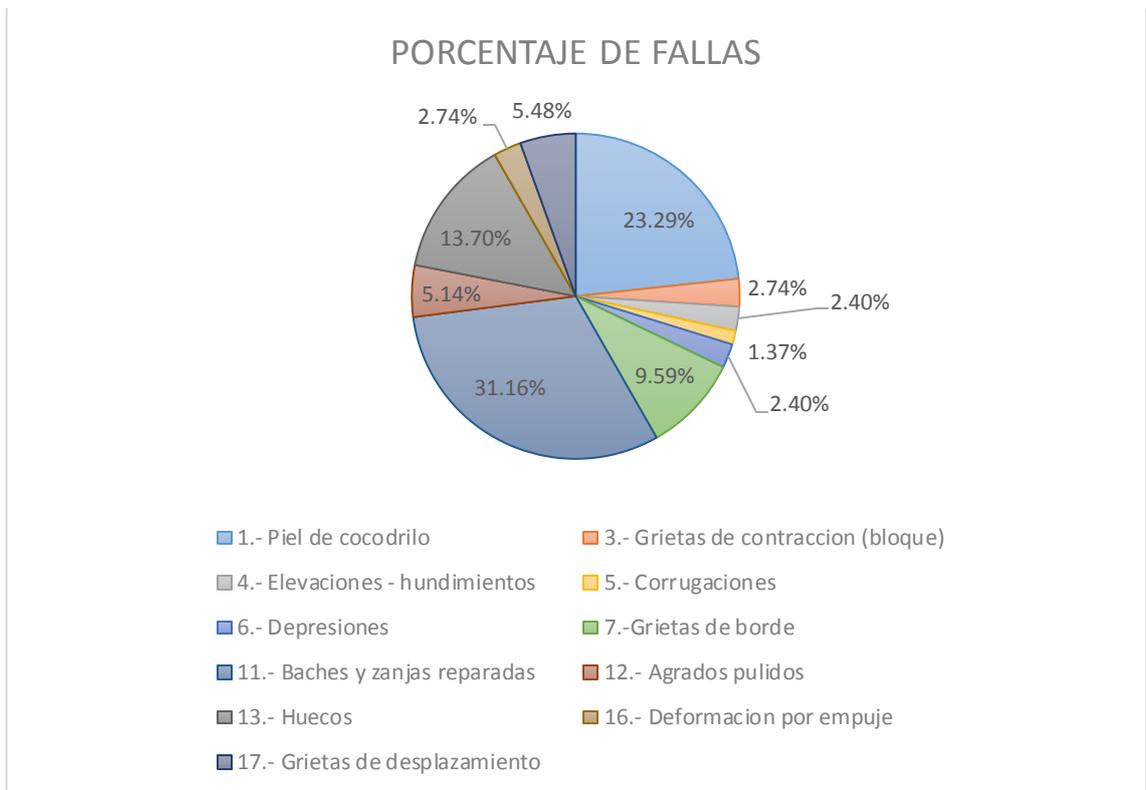
Las siguientes figuras detallan la cantidad de fallas de acuerdo a sus unidades de medición, en metros cuadrados y metros lineales respectivamente.



La figuras que se observan a continuación relaciona las cantidades de fallas con estas mismas apreciando que la falla más usual en la vía es la de “baches y zanjas reparadas”.



A continuación se muestran los porcentajes de fallas en la vía en función a cantidad total de estas fallas.



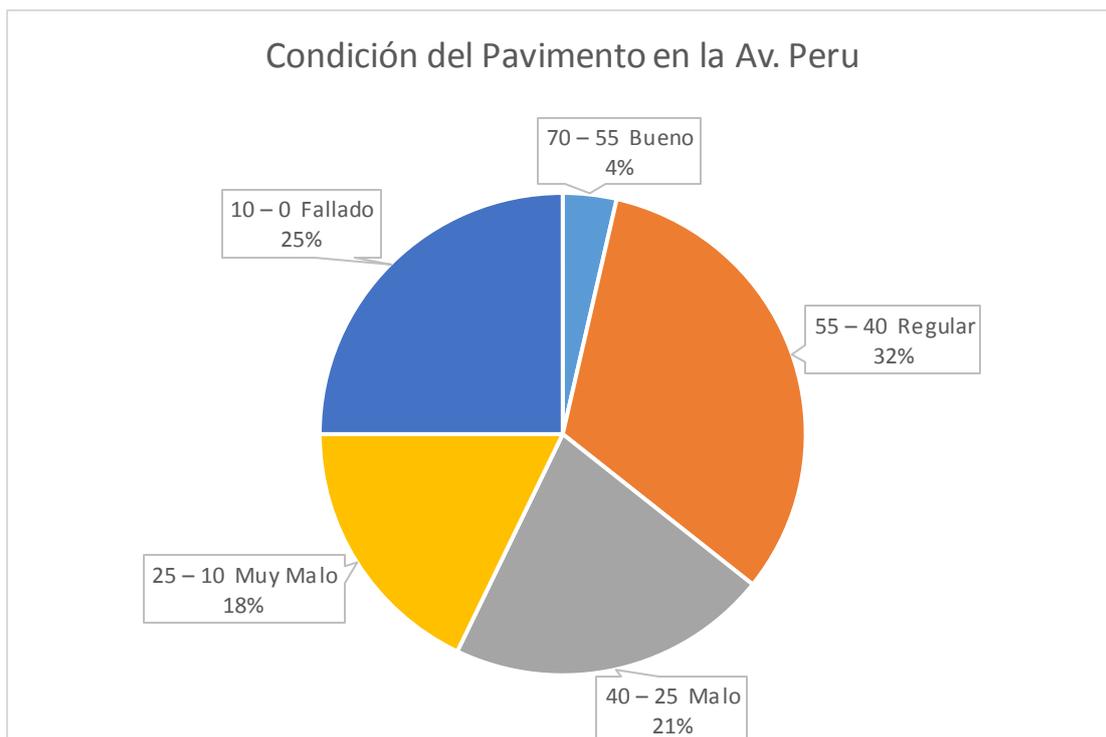
En la siguiente figura de columnas agrupadas podemos apreciar el número total de fallas.



CAPITULO IV PROCESO DE CONTRASTE DE HIPÓTESIS

4.1. PRUEBA DE HIPÓTESIS GENERAL

El resultado final del método adoptado para esta investigación revela que un pavimento con un PCI es igual a 27, en consecuencia podemos ubicar índice numérico en los rangos de calificación del PCI obteniendo los Porcentajes de unidades de muestra con un estado de pavimento fallado muy malo, malo, regular, bueno.



Viendo esta figura circular podemos afirmar que el deterioro del pavimento es en gran parte es causado por las fallas que contempla manual de daños de PCI.

CAPÍTULO V

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

CONCLUSIONES

- Se ha determinado el estado en que se encuentra la red de pavimento flexible de la Avenida Perú, que consta de un tramo de 829.09 metros lineales con pavimento flexible de doble sentido. Se inspeccionaron un total de 28 unidades de muestra (30 por tramo) obteniendo resultados: Según el PCI obtenido (27) revela un pavimento en condición deficiente (pobre), las fallas que se obtuvieron fueron: Baches y zanjas reparadas(31.16%), piel de cocodrilo(23.29%), huecos(13.70%), grietas de borde(9.59%), grietas de desplazamiento(5.48%), agrado pulidos(5.14%), deformación por empuje(2.74%), grietas de contracción (2.74%), depresiones (2.40%), elevaciones hundimientos (2.40%), corrugaciones (1.37%).

- El 32% del total de unidades de muestra de inspección presenta un estado regular (PCI entre 55 y 40); después le siguen un 25 % de unidades fallados (PCI entre 10 y 0); un 21% en un mal estado (PCI entre 40 y 25); un 18% en un mal estado (PCI entre 25 y 10) y un 6% en buen estado (PCI entre 70 y 55) No se encontraron pavimentos fallados (PCI entre 0 y 10) ni excelentes (PCI entre 85 y 100).

- En aquellas unidades de muestra donde se encontraron fallas estructurales (tales como baches, todo tipo de fisuras, depresiones y parches) con densidades mayores a 0.1% como mínimo, el valor del PCI obtenido fue bajo, es decir, el estado del pavimento era malo. No importa el nivel de severidad que tenga, incluso un nivel bajo causa un daño significativo a la pista. Este tipo de fallas afectan tanto a la estructura del

pavimento (capas del paquete estructural) como a la serviciabilidad del mismo, pues el usuario no se siente cómodo ni seguro, al transitar sobre el pavimento deteriorado.

- En las unidades de muestra donde se encontraron fallas funcionales (Depresiones), es necesario que las densidades sean elevadas y las fallas de alta intensidad, para que influyan en el deterioro del pavimento. Por el mismo hecho de ser fallas funcionales, es decir, de afectar sólo la serviciabilidad de la vía, no producen daño importante en las capas del paquete estructural. Si una falla funcional de baja severidad afecta a toda una unidad de muestra, el usuario puede transitar sobre el pavimento, sin mucha incomodidad.
- Para mejorar el PCI promedio de una sección, de un tramo o de la avenida en general, es necesario incrementar el PCI individual de las unidades de muestra en peor estado a través de determinadas técnicas de reparación.
- Las causas principales de las fallas localizadas en el diagnóstico de la vía son principalmente: la condición climática de la zona, las cargas de tránsito, materiales de baja calidad y una base inestable.
- Según la categoría de mantenimiento sugerido según condición actual de las vías, para un INDICE DE CONDICION DE PAVIMENTOS REGULAR, se debe de realizar un MANTENIMIENTO INTENSIVO.
- El método PCI, se realiza para poder determinar las vías que requieren mantenimiento, rehabilitación, o cambio total de la vía, y así poder plantear los estudios siguientes con un buen análisis de costos y tiempo.

RECOMENDACIONES

- Al obtener como resultado un Índice de Condición de Pavimento malo, se recomienda realizar una Rehabilitación Integral de la Vía en estudio, ya que se necesita hacer que nuestra vía vuelva a tener las mismas o mejores condiciones de servicio que las que tenía cuando comenzó su vida útil.
- Realizar un buen proceso constructivo en la rehabilitación de la vía, para así evitar las fallas longitudinales y transversales.
- Se recomienda un monitoreo continuo del PCI, que sirve para establecer el ritmo de deterioro del pavimento, a partir del cual se identifica con la debida anticipación las necesidades de rehabilitación y mantenimiento de la vía.
- Es necesario utilizar equipo de seguridad en el trabajo de campo como son chalecos reflectantes, cascos, mascarillas, cintas de seguridad, ya que la inspección visual es un trabajo con peligro de tránsito constante y polvo.
- El tráfico es un peligro para los inspectores ya que deben caminar por el pavimento para realizar la inspección de sus condiciones. Las inspecciones deben ser aprobadas por y coordinadas con el personal de operación de la empresa o de los gobiernos locales a cargo del estudio.

FUENTES DE INFORMACIÓN

BIBLIOGRAFÍA

- ASTM5340-98, N. (Setiembre 2004.)., *Método de Evaluación del PCI*.
- BETANZO QUEZADA, E. Y. ((México) 2008). *El Mantenimiento de Pavimentos en Vialidades Urbanas: El caso de la Zona Metropolitana de Querétaro (México)*. Ingeniería, revista Académica de la FI-UADY.
- COMUNICACIONES.Lima, M. D. (2001.). *Manual de Diseño Geométrico para Carreteras DG-2001. Segunda Edición.* .
- DEL AGUILA, P. (Octubre 1993.). *Proyecto de Rehabilitación de la Carretera Central, Sector Huayre-Huánuco, Estudio de Evaluación de la Rugosidad*. Lima: Asociación EICA-HOB Ingenieros Consultores.
- EDUARDO MBA LOZANO Y OTRO. (2005). *DIAGNOSTICO DE VÍA EXISTENTE Y DISEÑO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE*. COLOMBIA.
- Fonseca, A. M. (2002). *Ingeniería de Pavimentos* (Segunda Edición ed.). Bogotá: Universidad Católica de Colombia Ediciones y Publicaciones.
- HECTOR LUIS AVILA BARAY. (2006). *Introducción a la Metodología de la Investigación*. Edición Electrónica. México;
- JUGO B., A. (1989.). *Sistema de Gerencia de Inversiones en Pavimentos (GIP)*. Manual del Usuario. Ministerio de Transporte y Comunicaciones. Dirección General Sectorial de Vialidad terrestre.
- LOAIZA., V. C. (2005.). *Manual de Diseño Geométrico de Vías Urbanas-2005-VCHI*. Cuarta Edición. Lima: Instituto de la Construcción y Gerencia.
- ROBERTO HERNANDEZ SAMPIERI, C. F.–C. (2006.). *Metodología de la Investigación*. Cuarta Edición. México: Mc Graw Hill.
- S.A.C., P.-V. I. (2011.). *Informe Técnico de Mecánica de Suelos Tratamiento Paisajístico y Drenaje Pluvial del ingreso a la Ciudad Chupaca, Av. Argentina-Av. 24 de Junio, Provincia de Chupaca-Junín*. Chupaca.
- SAÉZ ALVÁN, L. D. (2002.). *Mantenimientos de Pavimentos flexibles de Aeropuertos Mediante Arboles de decisión para la Indagación de Estrategias de Mantenimiento*. Santa Cruz de la Sierra – Bolivia: MANPAV.
- SMITH., B.-A. D. (; Febrero 1999). *Manual de Identificación, Clasificación y Tratamientos de Fallas en pavimentos Urbanos*. Distritos de Lima y Callao: Estudios de Transporte Urbano de la Municipalidad Metropolitana de Lima.

VARELA, L. R. (Febrero 2002.). *Pavement Condition Index (PCI) Para Pavimentos Asfálticos y de Concreto en Carreteras.*

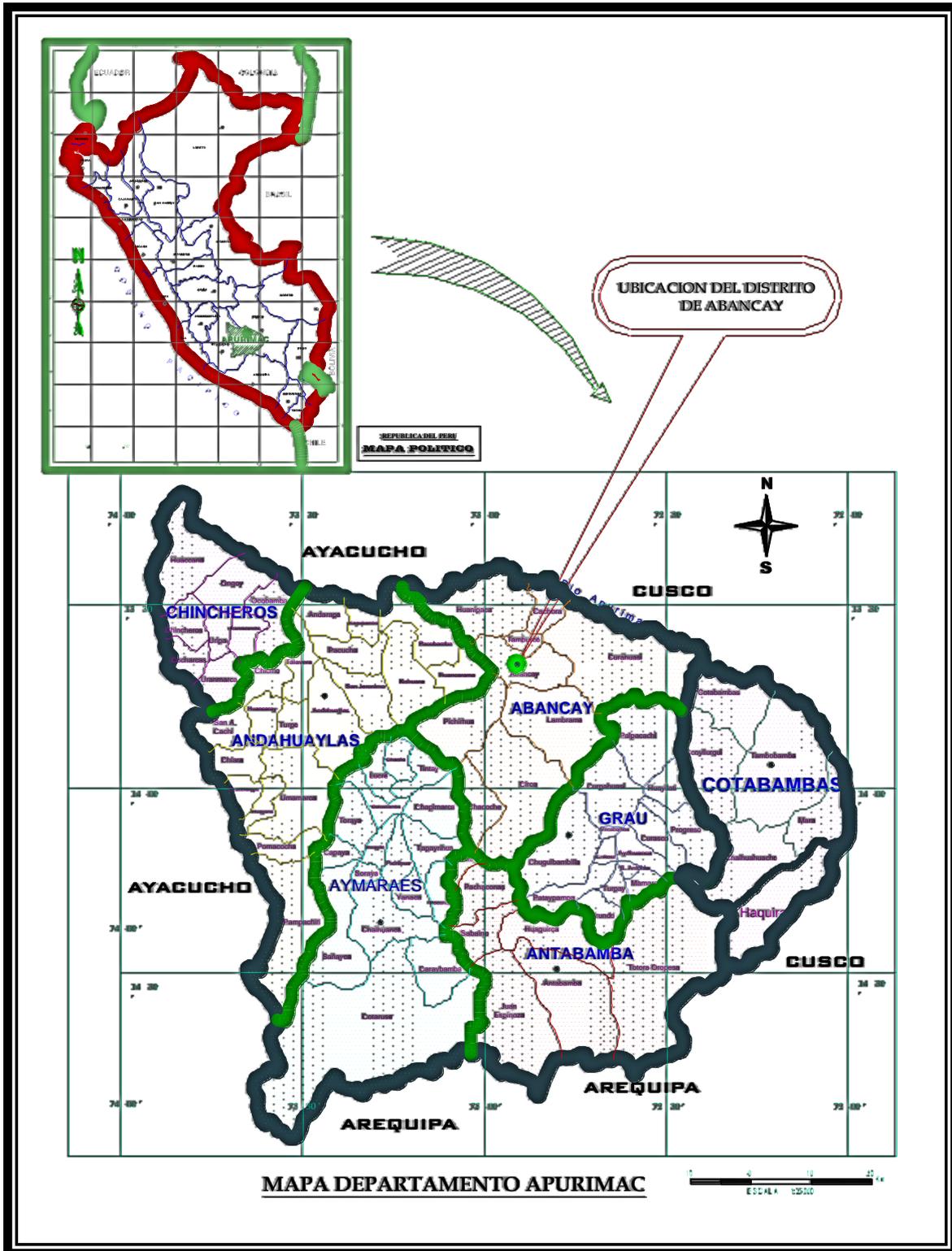
VÁSQUEZ V, L. (2002.). *Pavement Condition Index (PCI) para Pavimentos Asfálticos y de concreto en carreteras. Ingepav, Manizales, Colombia,.*

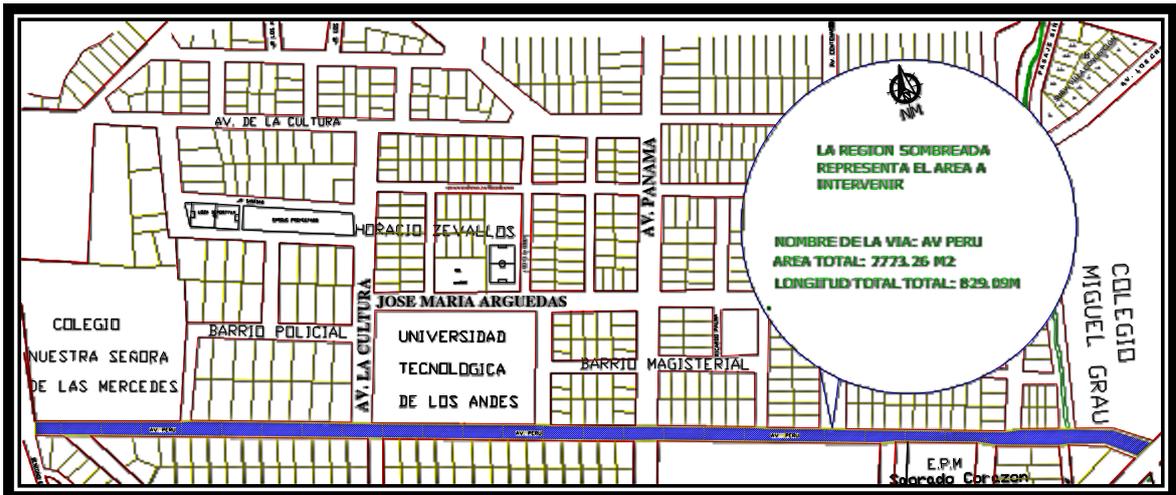
ANEXOS

1.- Matriz de consistencia.

Matriz de consistencia						
Problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Indicadores	Unidad	Instrumento
<p>Problema general.</p> <p>¿Cuál es el Diagnóstico del Estado Situacional de la Av. Perú?</p> <p>Problema específico.</p> <ul style="list-style-type: none"> - ¿Cuál es la calidad de desempeño de la Av. Perú? - ¿Cuál es el deterioro físico de la Av. Perú? - ¿Cuáles son las alternativas de solución al estado situacional de la Av. Perú? - ¿Qué nivel de servicio nos da el estado situacional de la Av. Perú? - ¿El mantenimiento intensivo mejora la condición del pavimento de la Av. Perú? 	<p>Objetivo general.</p> <p>Identificar en qué estado situacional se encuentra la Av. Perú por el método PCI (índice de condición de pavimentos) haciendo un diagnóstico definitivo.</p> <p>Objetivo específico.</p> <p>Verificar la calidad de desempeño de la Av. Perú.</p> <p>Determinar el deterioro físico (fallas de los pavimentos: grietas, deformación, envejecimiento, etc.), de la Av. Perú.</p> <p>Identificar las alternativas de solución del estado situacional de la Av. Perú</p> <p>Determinar el nivel de servicio del estado situacional de la Av. Perú</p> <p>Determinar si el mantenimiento intensivo mejorara la condición del pavimento de la Av. Perú</p>	<p>Hipótesis general.</p> <p>“La condición actual de la Av. Perú se encuentra deteriorada mostrando fallas en todo el tramo a causa de un mal diseño estructural, o culminado el tiempo de vida útil”.</p> <p>Hipótesis alternas.</p> <p>La calidad de desempeño de la vía son las fallas localizadas en el recorrido que alteran la serviciabilidad de la vía. Se clasificará los tipos de fallas en función a los valores del método PCI.</p> <p>El deterioro físico de las vía se deben a las fallas encontradas en el pavimento</p> <p>La Alternativa de solución para el estado situacional de la vía es la realización de un mantenimiento intensivo.</p> <p>El nivel de servicio que nos da el estado situacional de la vía es regular.</p> <p>El mantenimiento mejorara la condición del pavimento de la vía, otorgando un buen nivel de servicio.</p>	<p>V. Independiente:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Estado Situacional Del Pavimento - Desempeño De La vía - Deterioro Físico - Nivel De Serviciabilidad - Mantenimiento Rutinario <p>V. Dependiente:</p> <p>Método de índice de condición de pavimentos</p> <p>- Comportamiento Del Pavimento</p> <p>- Fallas En El Pavimento</p>	<ul style="list-style-type: none"> -Condición de pavimento. -Serviciabilidad -Serviciabilidad -Índice de serviciabilidad -Resultado de diagnostico -En función al valor del PCI. - En función al valor del PCI. -Serviciabilidad 	<ul style="list-style-type: none"> -Adimensional -Adimensional -Adimensional -Adimensional -Adimensional -Adimensional -Adimensional -Adimensional 	<p>Tipo de investigación</p> <p>Norma ASTM 5340-98</p> <p>-Observación</p> <p>-Observación</p> <p>-Formulas.</p> <p>-Cálculos matemáticos.</p>

2.- Ubicación de la avenida Perú y datos extras.





El área de color azul demarca el sector evaluado por el método del PCI correspondiente a la avenida Perú.

KM 0+0.00	
LONGITUD (M): 30	1 AREA (M2): 333.2491
LONGITUD (M): 30	2 AREA (M2): 301.0939
LONGITUD (M): 30	3 AREA (M2): 331.9987
LONGITUD (M): 30	4 AREA (M2): 285.7985
LONGITUD (M): 30	5 AREA (M2): 216.1834
LONGITUD (M): 30	6 AREA (M2): 213.809
LONGITUD (M): 30	7 AREA (M2): 237.5345
LONGITUD (M): 30	8 AREA (M2): 258.6739
LONGITUD (M): 30	9 AREA (M2): 266.5445
LONGITUD (M): 30	10 AREA (M2): 270.1164
LONGITUD (M): 30	11 AREA (M2): 278.5141
LONGITUD (M): 30	12 AREA (M2): 276.4221
LONGITUD (M): 30	13 AREA (M2): 282.5865
LONGITUD (M): 30	14 AREA (M2): 287.7118
LONGITUD (M): 30	15 AREA (M2): 286.905
LONGITUD (M): 30	16 AREA (M2): 297.2736
LONGITUD (M): 30	17 AREA (M2): 294.4476
LONGITUD (M): 30	18 AREA (M2): 290.7678
LONGITUD (M): 30	19 AREA (M2): 287.0884
LONGITUD (M): 30	20 AREA (M2): 287.5531
LONGITUD (M): 30	21 AREA (M2): 292.9531
LONGITUD (M): 30	22 AREA (M2): 298.3682
LONGITUD (M): 30	23 AREA (M2): 301.1295
LONGITUD (M): 30	24 AREA (M2): 300.7995
LONGITUD (M): 30	25 AREA (M2): 282.0126
LONGITUD (M): 30	26 AREA (M2): 274.7689
LONGITUD (M): 30	27 AREA (M2): 269.2737
LONGITUD (M): 19.09	28 AREA (M2): 169.6852
KM 0+0.809.09	

En esta grafica se observa las muestras al igual que sus datos principales (ares y longitudes).

3.- Panel fotográfico.

Fig. 01: Primera cuadra de la avenida Perú, se observa



Fig. 02: Segunda cuadra de la avenida Perú, se observa



Fig. 03: Tercera cuadra de la avenida Perú, se observa



Fig.04: Cuarta cuadra de la avenida Perú, se observa



Fig. 05: Quinta cuadra de la avenida Perú ,se observa



Fig. 06: Medición de las longitud de la muestra n°1



Fig. 07: Corrugación en la segunda cuadra de la avenida Perú.



Fig. 08: Deformaciones por empuje en la segunda cuadra de la avenida Perú.



Fig.09: Grietas de borde entre la segunda y tercera cuadra correspondientes a la avenida intervenida.



fig.10: Huecos de severidad en la tercera cuadra de la avenida Perú.



Fig.11: Piel de cocodrilo muy demarcado (severidad alta) en el pavimento correspondiente a la cuarta cuadra de la avenida Perú.



Fig.12: Bacheado en la 4 cuadra de la avenida Perú.

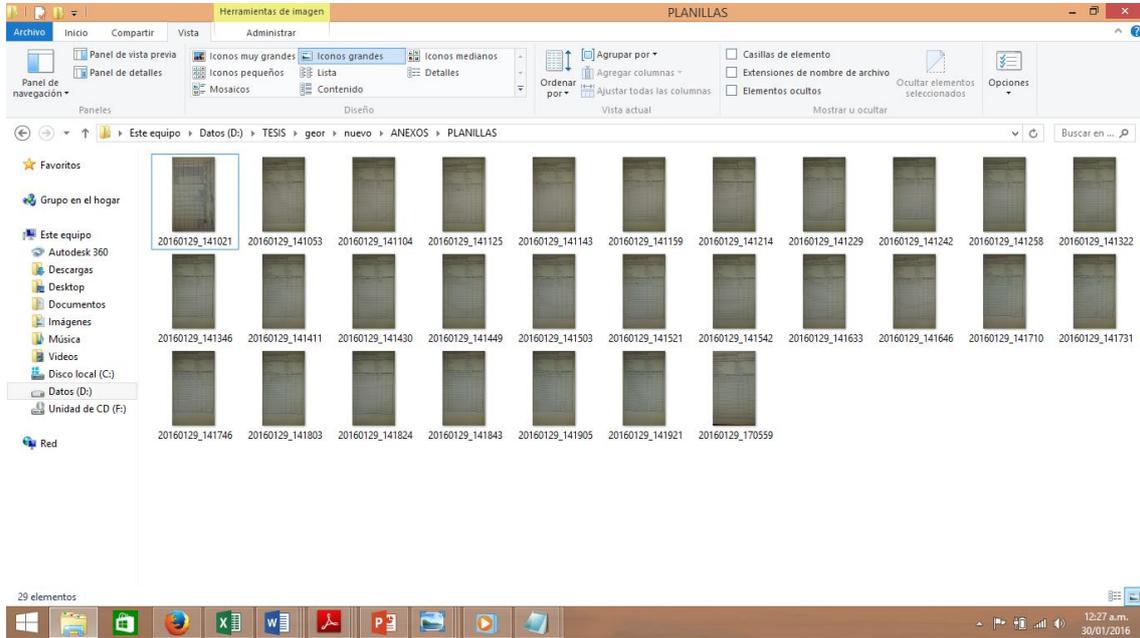


4- Planilla de recolección de datos para el aforo vehicular de la avenida Perú

AVENIDA PERU		AFOROS VEHICULARES										REVISION 0
Fecha (D.M.A): 06/01/05		Estación de Aforo: Dazadero UTEA		Hoja 1 de 1		Esquema						
Condición Climática: Templado		Movimientos Aforados:		Hora de Inicio: 3.36		Hora Final: 4.36						
Aforador: Calber Coronado Sotomayor		Vialidad: Vialidad										
PER	MOV	TAXIS	AUTOS	BUS INTERN	BUSSETA	C-2P	C-2G	C-3-4	C-5	≥C6	Motos	OBSERVACIONES
		XXXXXX 54	XXXXXX 54		XXXXXX	XXXXXX 16	XXXXXX	XXXXXX	XXXXXX		XXXXXX 54	
		XXXXXX 54	XXXXXX 54			XXXXXX 16						
		XXXXXX 54	XXXXXX 54									
		XXXXXX 54	XXXXXX 54									
		XXXXXX 54	XXXXXX 54									
		XXXXXX 54	XXXXXX 54									
		XXXXXX 54	XXXXXX 54									

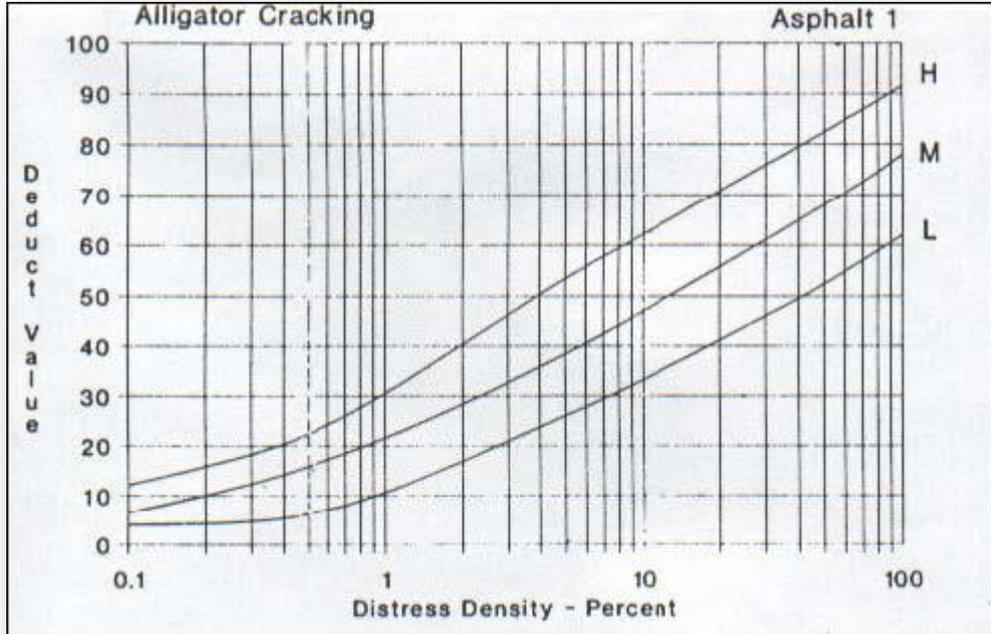
5.- Planillas de recolección de datos en campo según manual de PCI.

Se anexan tres muestras aleatorias de las 28 que conforman el total.

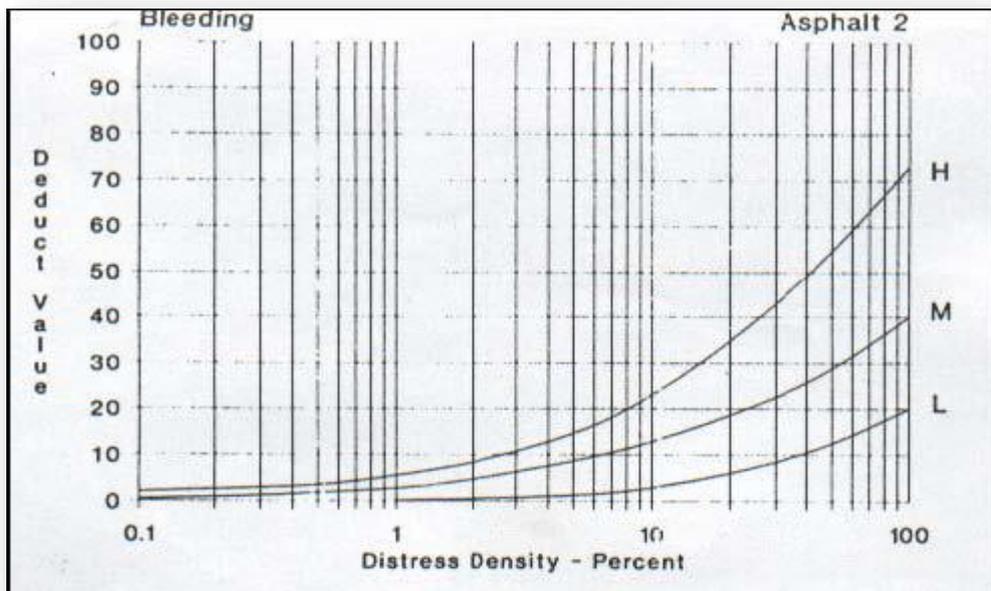


6.- Curvas valor deducido del daño según manual del PCI.

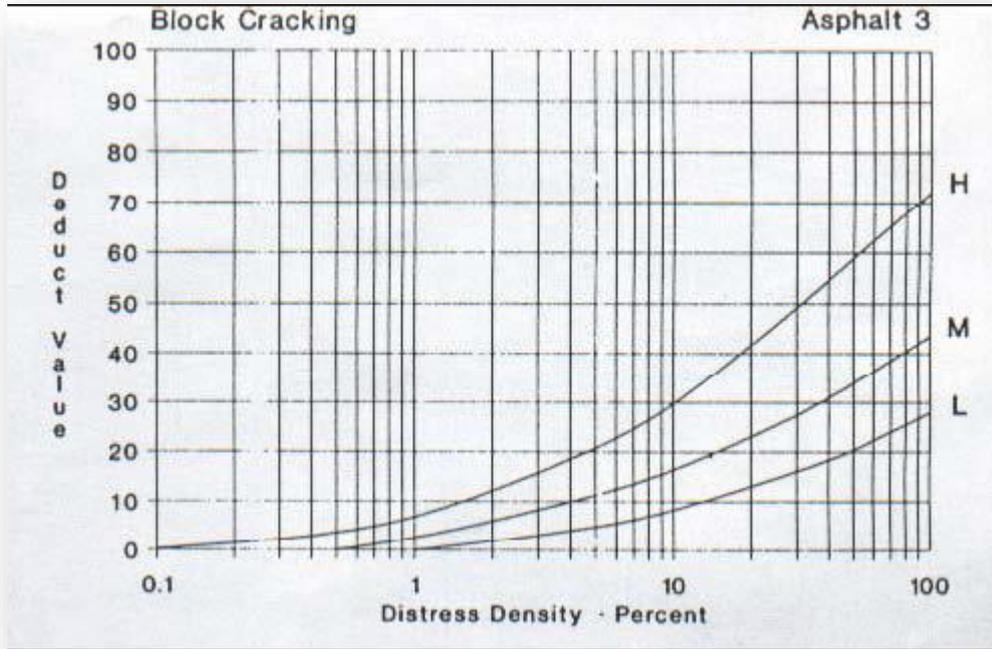
Falla 1: Piel de cocodrilo.



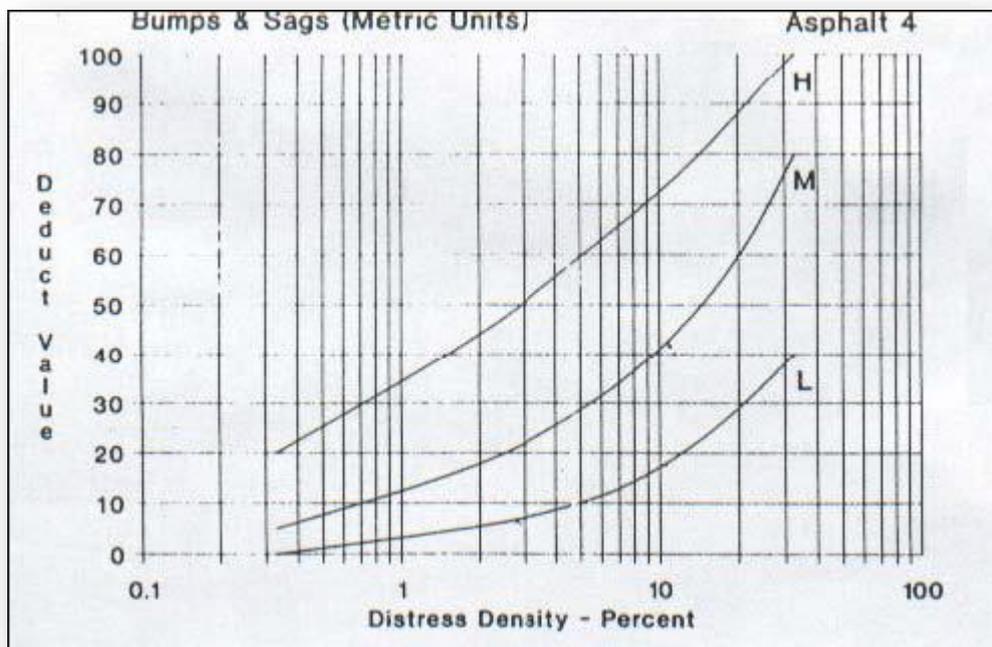
Falla 2: Exudación (Manchas en pavimentos).



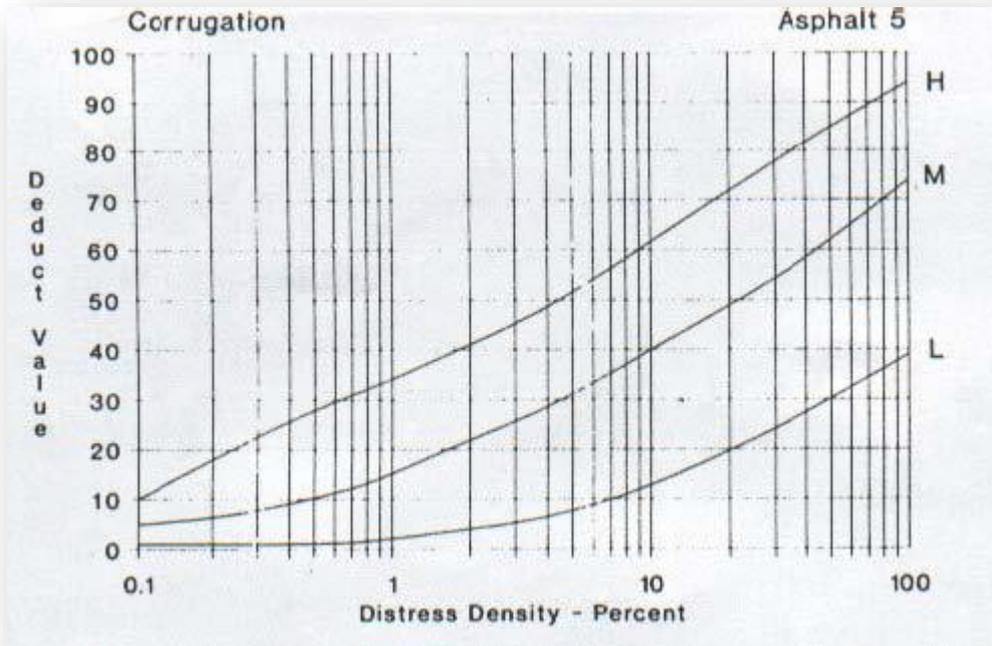
Falla 3: Grietas de contracción.



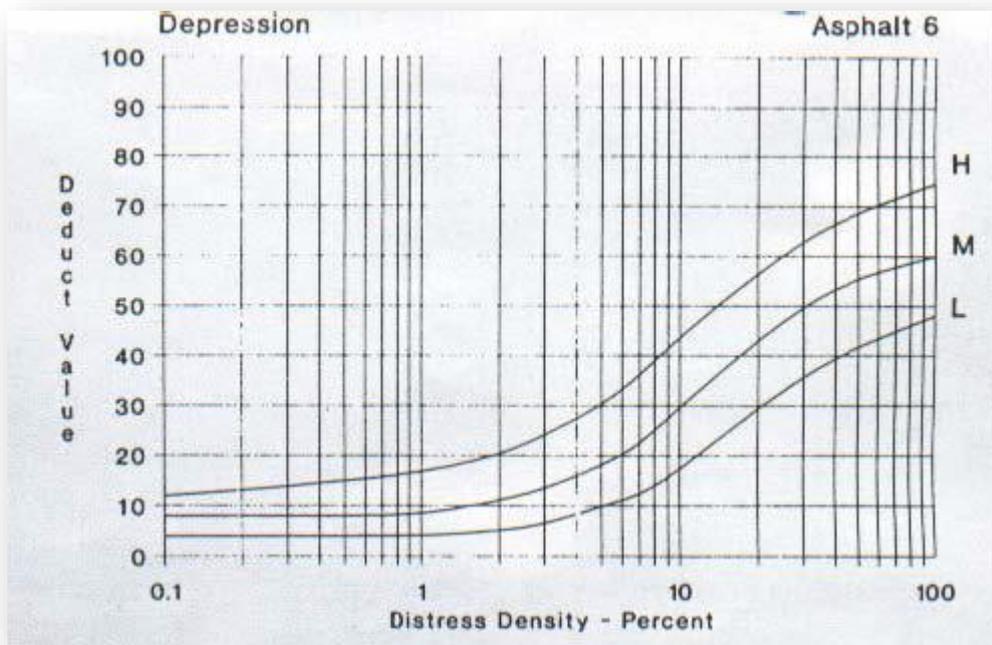
Falla 4: Elevaciones – hundimientos.



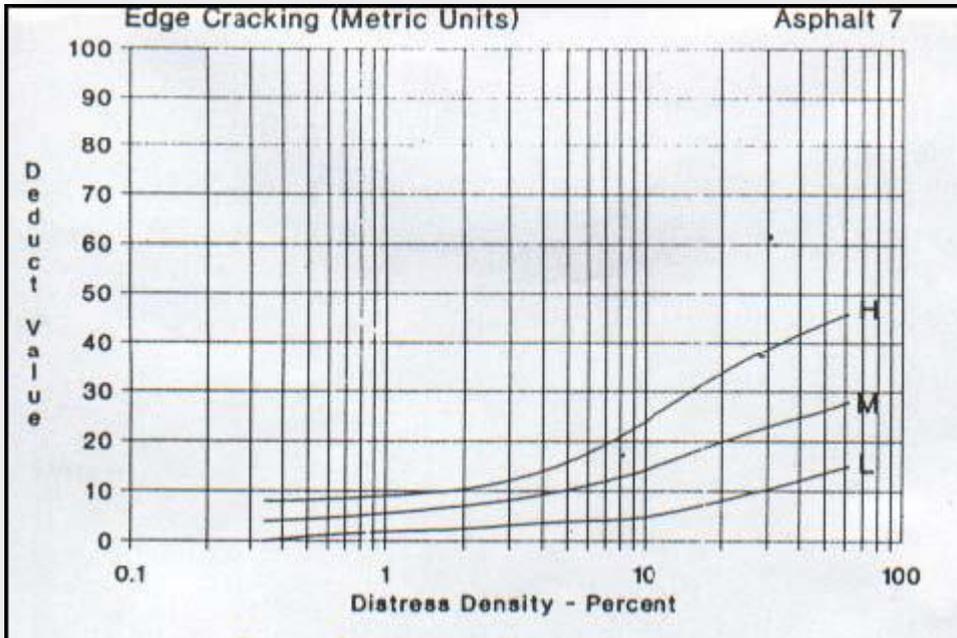
Falla 5: Corrugaciones.



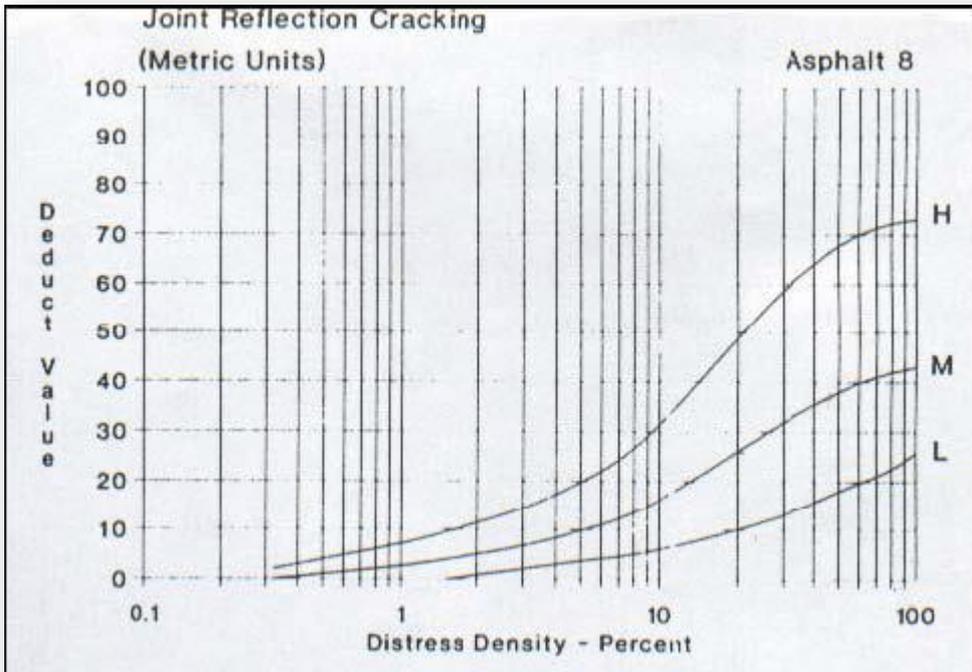
Falla 6: Depresiones.



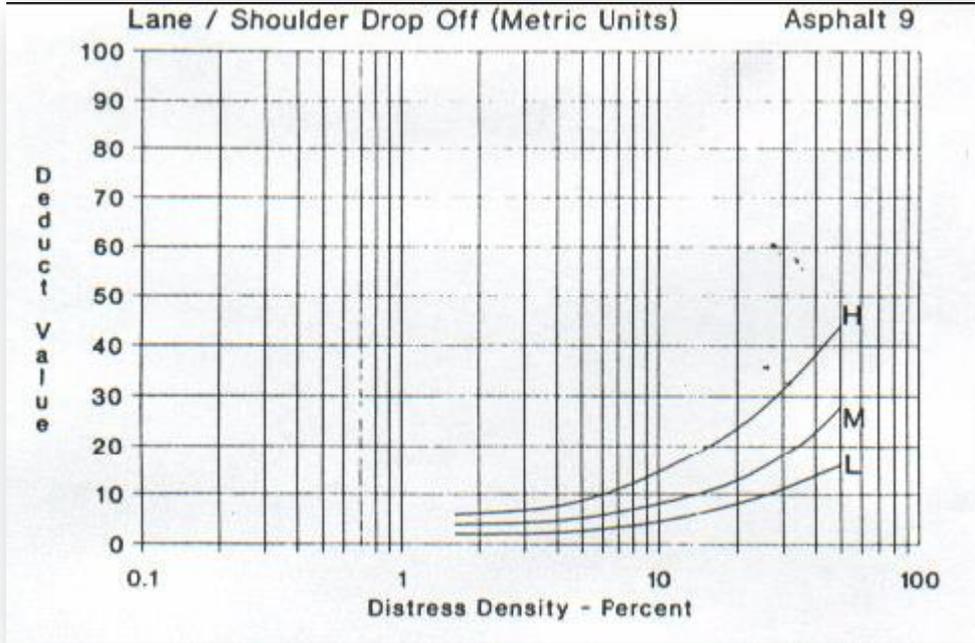
Falla 7: Grietas de borde.



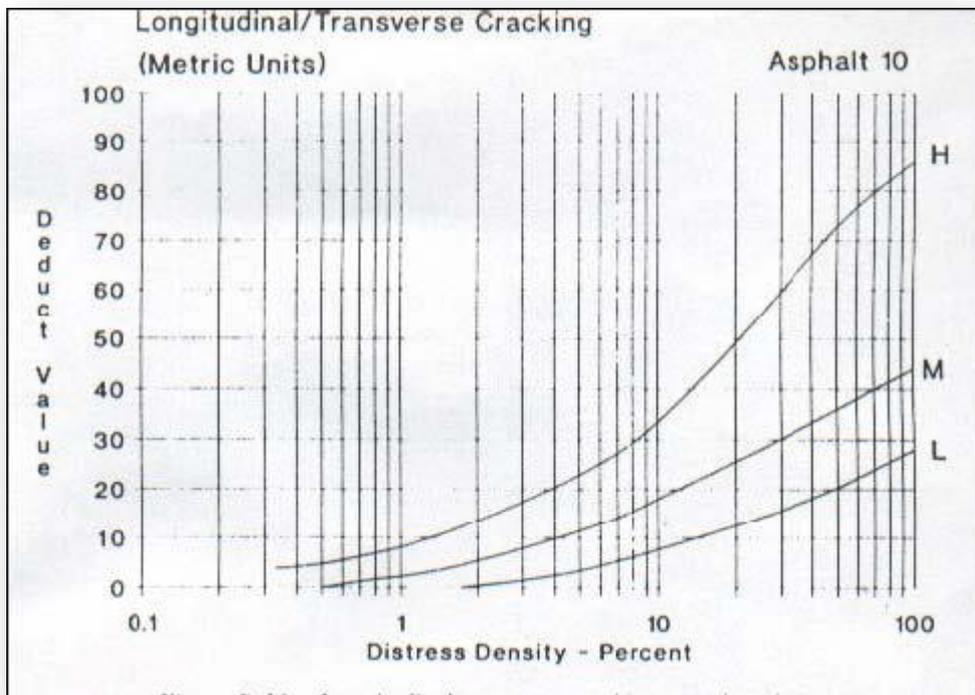
Falla 8: Grietas de reflexión de juntas.



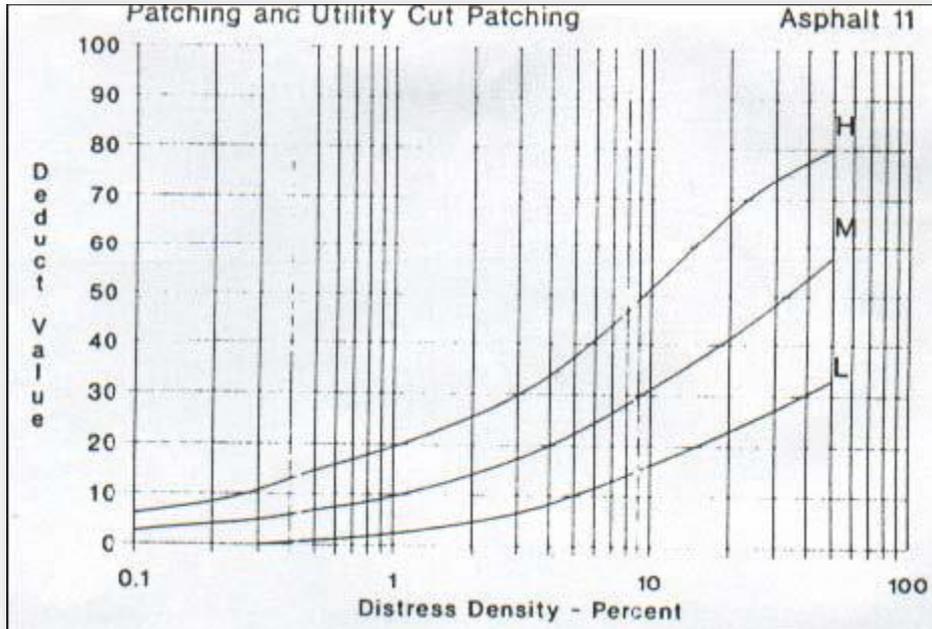
Falla 9: Desnivel entre calzada y hombrillo.



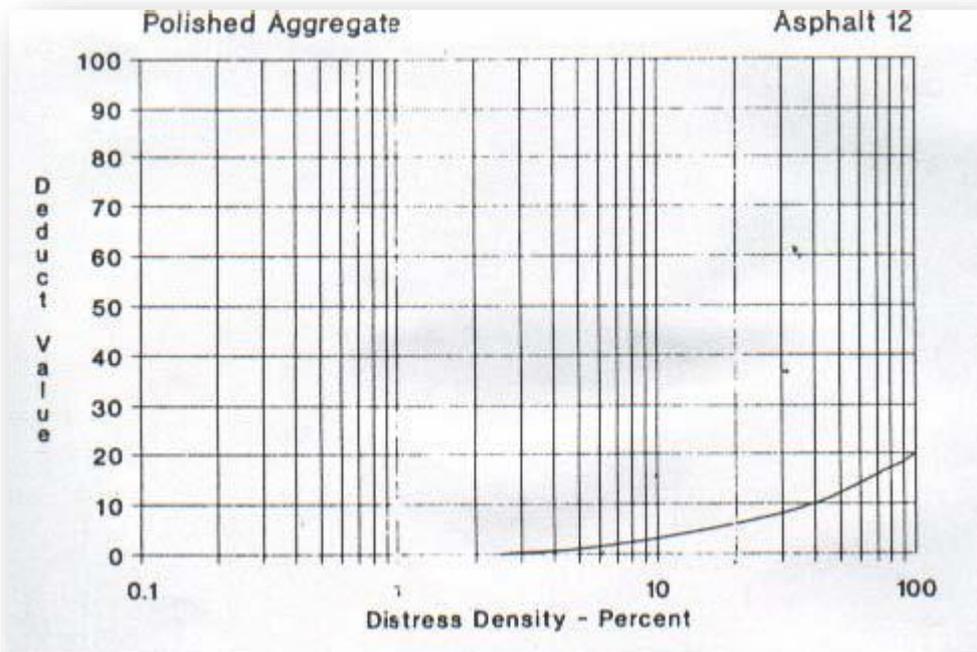
Falla 10: Grietas longitudinales y transversales.



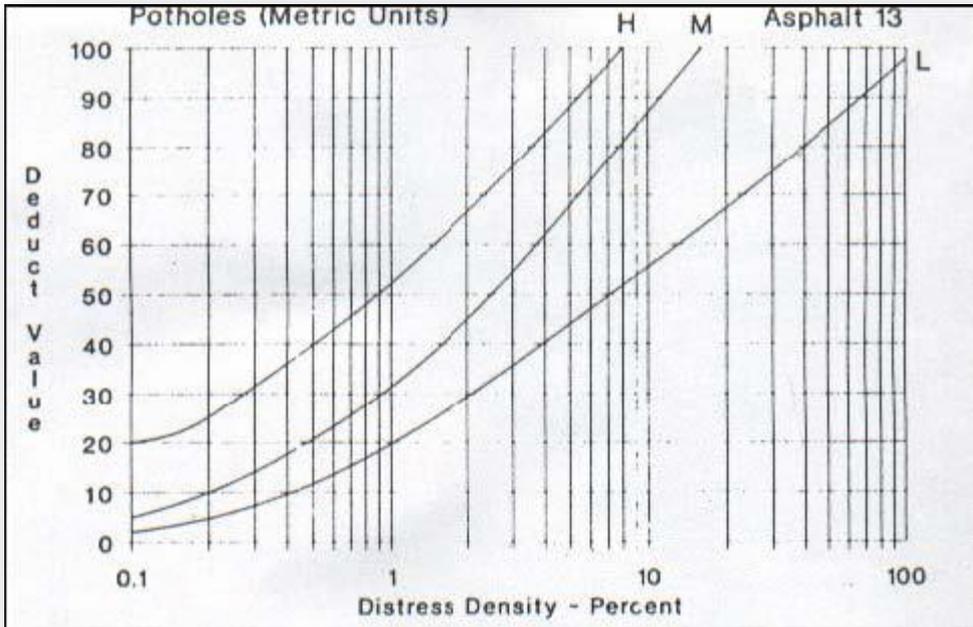
Falla 11: Beches y zanjas reparadas.



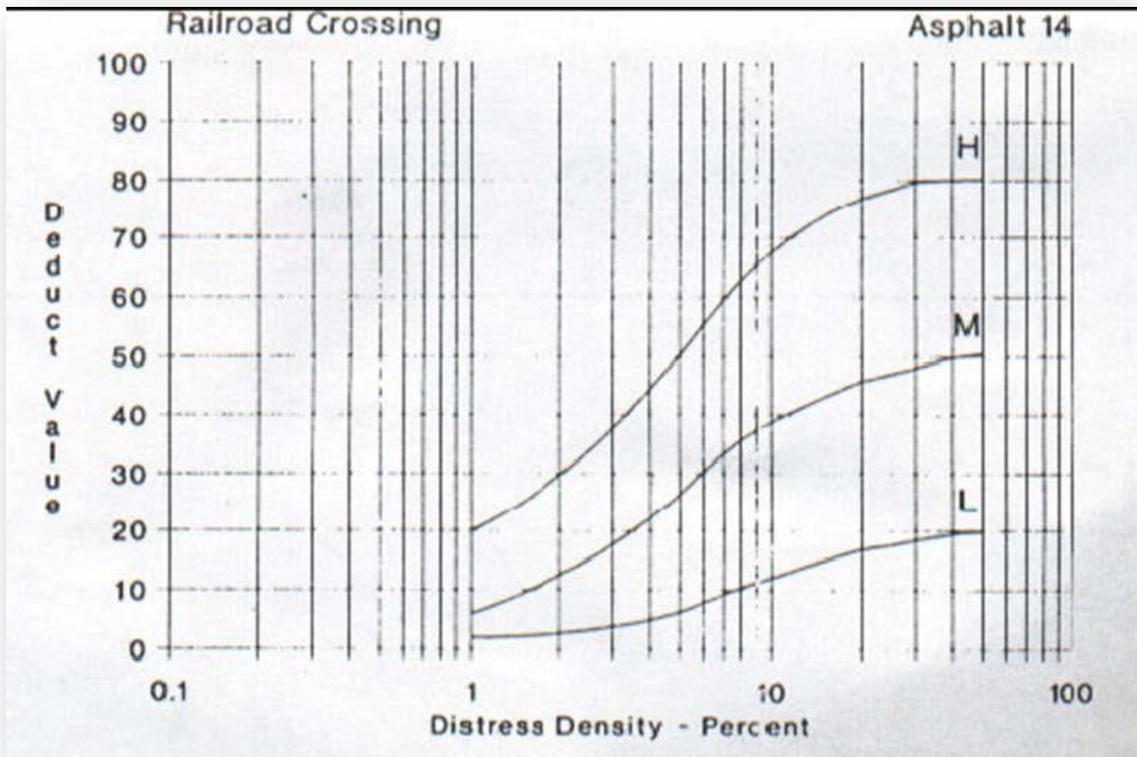
Falla 12: Agregados pulidos.



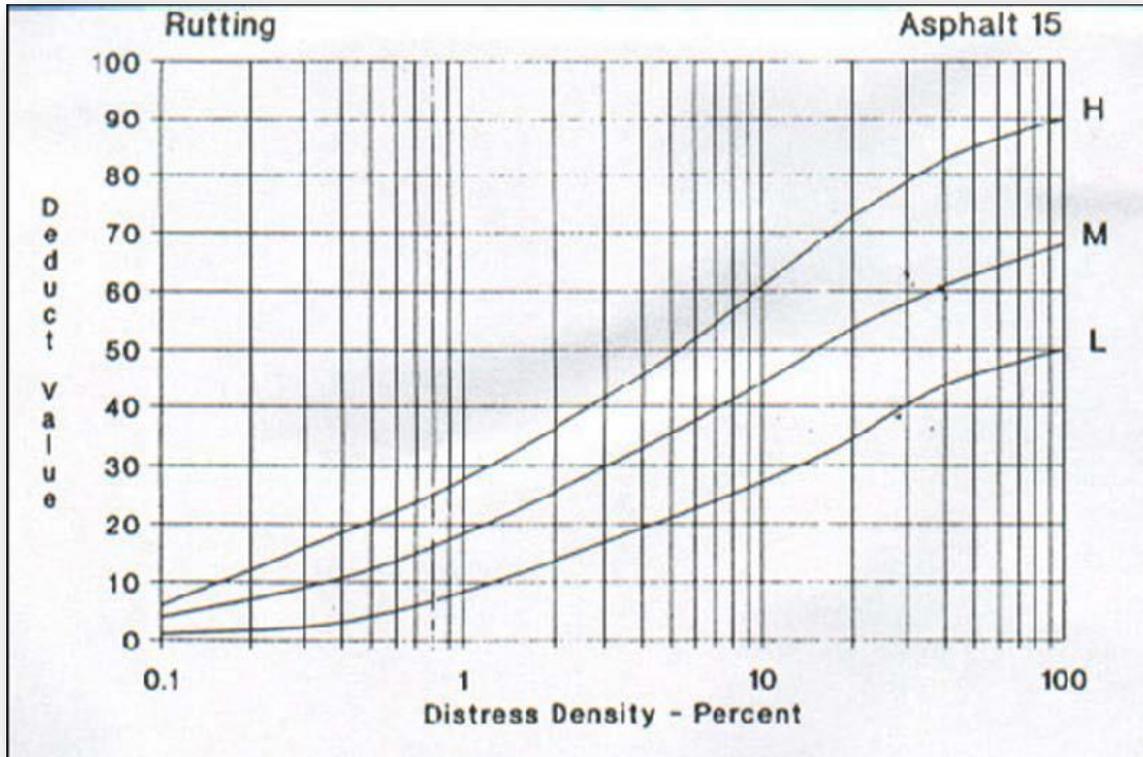
Falla 13: Huecos.



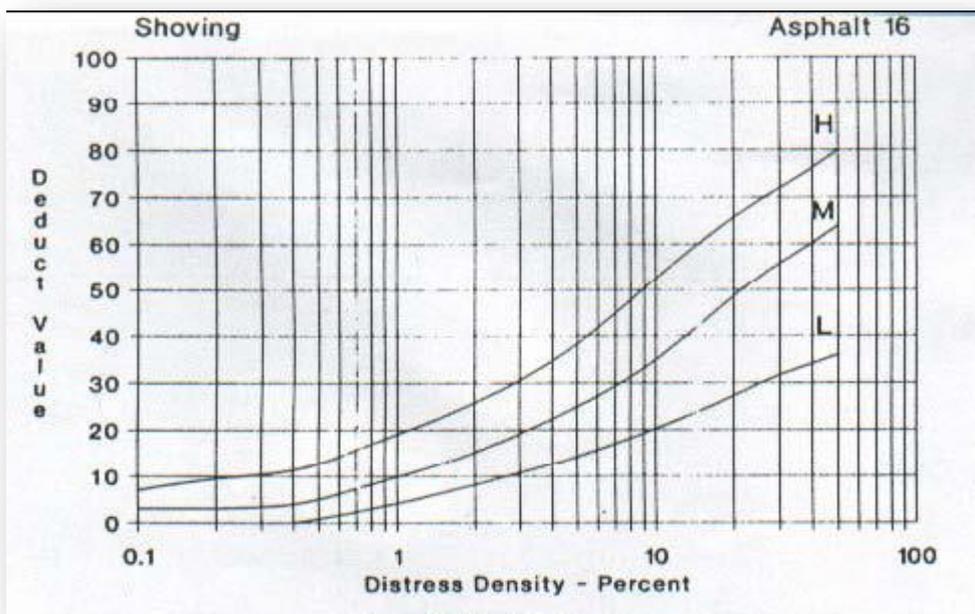
Falla 14: Cruce de Rieles (cruce de rejillas de drenaje).



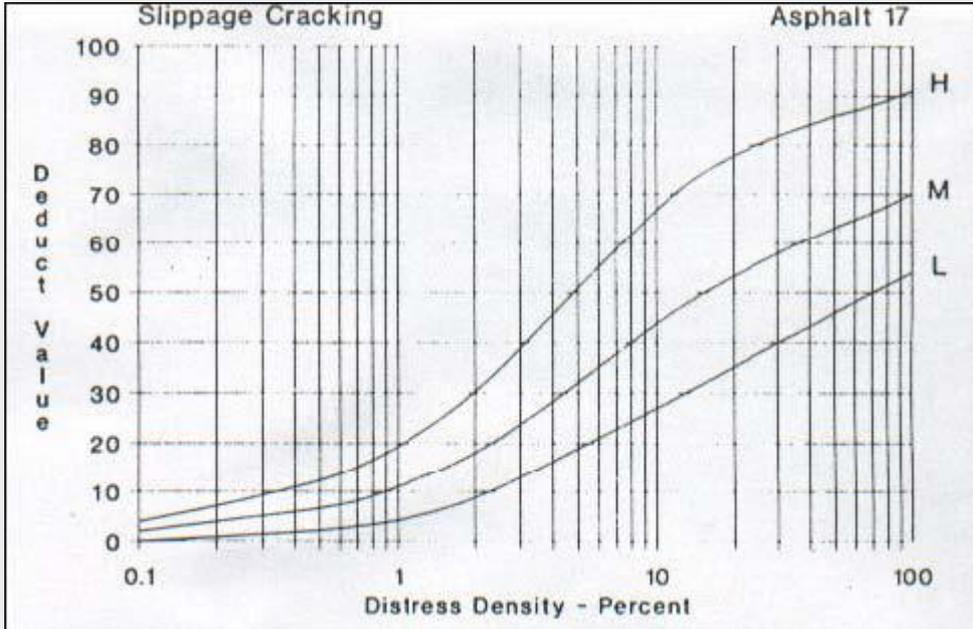
Falla 15: Ahuellamiento.



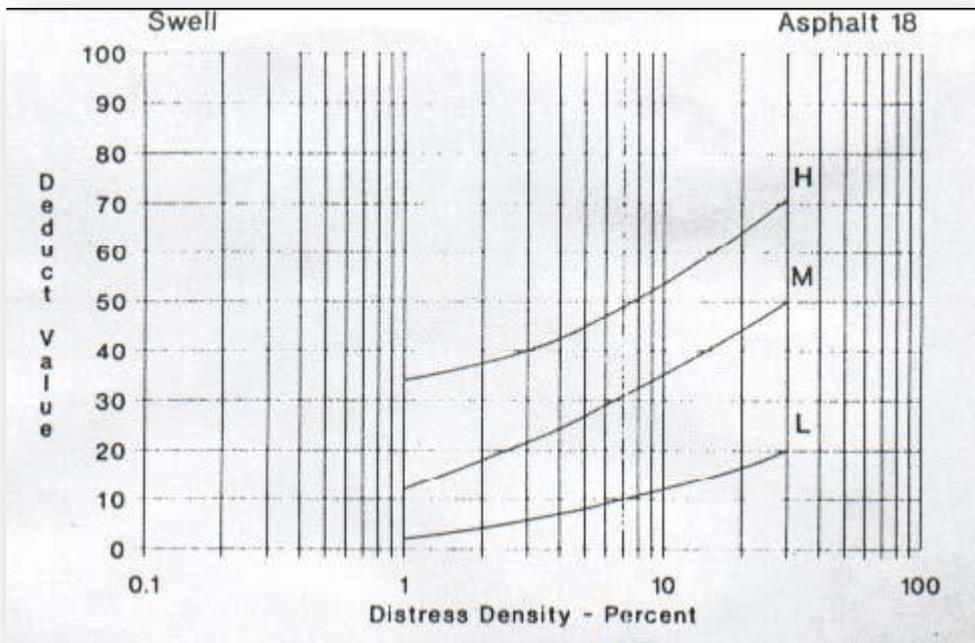
Falla 16: Deformaciones por empuje.



Falla 17: Grietas de desplazamiento.



Falla 18: Hinchamientos.



Falla 19: disgregación.

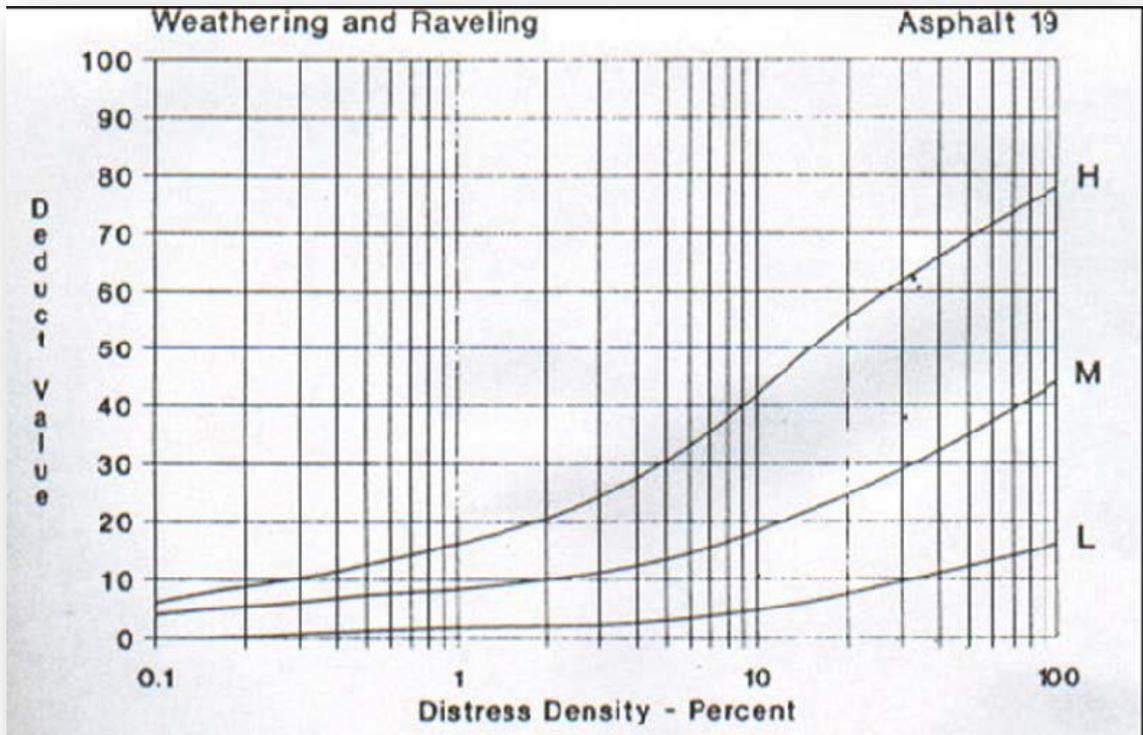


Gráfico de valor de deducción corregida (VDC).

