

UNIVERSIDAD RICARDO PALMA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**CÁLCULO DEL ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO
(PCI) BARRANCO - SURCO – LIMA**



TESIS
**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO
CIVIL**

PRESENTADO POR:
RAÚL ROBLES BUSTIOS

LIMA - PERÚ

2015

*Tiene un poco de sudor, de mi concentración, de mi voluntad, y ahora te lo
entrego.”*

Paulo Coelho

AGRADECIMIENTOS:

En primer lugar, quisiera agradecer a Dios por bendecir todos los pequeños pasos que he dado en la vida.

A mis padres Fabiola y Raúl, por apoyarme todos los días y darme su amor incondicional en todo momento.

A mi hermano Sebastián, por sus incentivos diarios a terminar este proyecto.

Al M. Sc. Ing. Néstor Huamán Guerrero, por su esfuerzo y dedicación, quien con sus conocimientos, experiencia, paciencia y su motivación, ha logrado en mí que pueda terminar la presente tesis con éxito.

Y a todas las personas que pusieron su granito de arena para la culminación de esta tesis.

Gracias por todo

INDICE GENERAL

INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I. ASPECTOS GENERALES.....	2
I.1 Planteamiento del Problema.....	2
I.2 Formulación del Problema.....	2
I.3 Objetivos de la Investigación.....	3
I.4 Justificación del Uso del PCI.....	4
I.5 Justificación e Importancia de la Vía.....	4
I.6 Metodología.....	5
I.7 Ubicación Geográfica.....	5
CAPÍTULO II. DESCRIPCIÓN DE LOS PAVIMENTOS.....	8
II.1 Definición de los Pavimentos.....	8
II.2 Clasificación de Pavimentos.....	8
II.3 Conformación del Pavimento.....	9
II.4 Ciclo de Vida de los Pavimentos.....	9
CAPÍTULO III. FALLAS EN LOS PAVIMENTOS.....	12
III.1 Calidad de Transito.....	12
III.2 Clasificación de Daños en Pavimentos Asfálticos.....	13
CAPÍTULO IV. ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI).....	36
IV.1 Descripción.....	36
IV.2 Terminología.....	37
IV.3 Materiales e instrumentos.....	37
IV.4 Metodología.....	38
CAPÍTULO V. APLICACIÓN DEL MÉTODO Y RESULTADOS OBTENIDOS.....	44
V.1 Aplicación del Método.....	44
V.2 Cálculo del PCI.....	46

V.3 Diagnóstico de la Situación.....	56
CAPÍTULO VI. NIVELES DE INTERVENCIÓN	60
VI.1 Mantenimiento rutinario	60
VI.2 Mantenimiento periódico.....	60
VI.3 Rehabilitación	61
CONCLUSIONES	62
RECOMENDACIONES	65
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	66
ANEXO I - Inspección Visual en la Av. Pedro de Osma	67
ANEXO II - Inspección Visual en la Av. Prolongación de La Castellana.....	103

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 – Longitudes de Unidades de Muestreo Asfálticas	13
Tabla 2 – Nivel de Severidad para huecos.....	28
Tabla 3 – Rangos de Calificación del PCI	36
Tabla 4 – Intervención en base al rango de PCI	37
Tabla 5 – Longitudes de Unidades de Muestreo Asfálticas	38
Tabla 6 – Características de Calzada de la Av. Pedro de Osma	44
Tabla 7 – Características de Calzada de la Av. Prolongación de la Castellana.....	45
Tabla 8 – Unidades de Muestreo de la Av. Prolongación de la Castellana	45
Tabla 9 – Sección Central - CDV: U-1	47
Tabla 10 – Sección Central - CDV: U-3	48
Tabla 11 – Sección Central - CDV: U-5	49
Tabla 12 – Sección Central - CDV: U-7	51
Tabla 13 – Sección Central - CDV: U-9	52
Tabla 14 – Sección Central- CDV: U-11	54

Tabla 15 – Sección Central - CDV: U-13	55
Tabla 16 – Sección Central - PCI.....	57

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Ubicación Geográfica de la Av. Pedro de Osma	6
Figura 2 – Distribución de Carriles de Av. Pedro de Osma	6
Figura 3 – Ubicación Geográfica de la Av. Prolongación de la Castellana	7
Figura 4 – Distribución de Calzadas de Av. Prolongación de la Castellana.....	7
Figura 5 – Sección del Pavimento Asfáltico	8
Figura 6 – Sección del Pavimento Asfálticos	9
Figura 7– Diagrama del flujo de vida de un pavimento	11
Figura 8 – Hoja de Registro	40
Figura 9 – Valor Deducido Total vs Valor Deducido Corregido	43
Figura 10– PCI promedio de la sección	59
Figura 11 – Porcentaje de fallas	59
Figura 12 – PCI promedio de la sección	63

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, debido al aumento del parque automotor en Lima, los pavimentos se someten a más y mayores solicitaciones. Por lo cual es de gran importancia que los pavimentos presenten características mínimas como, ser resistente a las cargas durante su vida útil, proporcionarnos una circulación cómoda, eficiente y económica, tener un drenaje adecuado de tal forma que la transitabilidad sea permanente y segura, de tal modo que no afecte la durabilidad.

Sin embargo, existen diferentes factores que producen fallas en el pavimento antes de cumplir su tiempo de vida útil, tales como, defectos constructivos, volúmenes de tránsito no esperados, malos y/o nulos mantenimientos, cargas excesivas, etc. Por ello, la presente tesis aplicará la metodología del Índice de Condición de Pavimento (PCI) con el cual se permite calificar al pavimento en un rango de valores que van de 0 a 100, mediante una inspección visual del tipo de daños, identificándolos, cuantificándolos y evaluando su nivel de incidencia sobre el pavimento.

La metodología de la presente tesis es no experimental de tipo descriptiva, donde se analizará el tipo de daños, la severidad y cantidad o densidad del pavimento en la Av. Pedro de Osma de la cuadra N°1 a la cuadra N°8 en el distrito de Barranco y la Av. Prolongación de La Castellana de la cuadra N°10 a la cuadra N°11 en el distrito de Surco.

CAPÍTULO I. ASPECTOS GENERALES

I.1 Planteamiento del Problema

Existen diferentes factores que producen fallas en el pavimento antes de cumplir su tiempo de vida útil. En el Perú, es preferible dejar “morir” al pavimento antes que ejecutar un proceso continuo de mantenimiento y conservación del mismo. Es por ello, que a fin de demostrar los enormes beneficios de una metodología dejada de lado en el país, se presenta esta tesis donde se aplicará la metodología del Índice de Condición de Pavimento (PCI) con el cual se permite calificar al pavimento en un rango de valores que van de 0 a 100, mediante una inspección visual del tipo de daños, identificándolos, cuantificándolos y evaluando su nivel de incidencia sobre el pavimento.

La metodología de la presente tesis es no experimental de tipo descriptiva, donde se analizará el tipo de daños, la severidad y cantidad o densidad del pavimento en la Av. Pedro de Osma de la cuadra N°1 a la cuadra N°8 en el distrito de Barranco y la Av. Prolongación de La Castellana de la cuadra N°10 a la cuadra N°11 en el distrito de Surco.

I.2 Formulación del Problema

I.2.1 Problema Principal

¿Cuál es el estado actual del pavimento ubicado en la Av. Pedro de Osma?

¿Cuál es el estado actual del pavimento ubicado en la Av. Prolongación de la Castellana?

I.2.2 Problemas Secundarios

¿Cuáles son las fallas superficiales del pavimento de Av. Pedro de Osma y en la Av. Prolongación de la Castellana?

¿Cuáles son las fallas estructurales del pavimento de Av. Pedro de Osma y en la Av. Prolongación de la Castellana?

¿Cuál es el nivel de incidencia y la severidad de las patologías del pavimento de la Av. Pedro de Osma y en la Av. Prolongación de la Castellana, en base la Norma ASTM D6433-07?

¿Qué tan aplicable es la Norma ASTM D6433 en la realidad peruana?

I.3 Objetivos de la Investigación

I.3.1 Objetivo General

Determinar el Índice de Condición de Pavimento en la Av. Pedro de Osma de la cuadra N°1 a la cuadra N° 8 a partir de la determinación y evaluación de las patologías del pavimento basado en la Norma ASTM D6433-07.

Determinar el Índice de Condición de Pavimento en la Av. Prolongación de la Castellana de la cuadra N°10 a la cuadra N° 11 a partir de la determinación y evaluación de las patologías del pavimento basado en la Norma ASTM D6433-07.

I.3.2 Objetivo Especifico

Calcular el nivel de incidencia de las patologías y su severidad basada en la Norma ASTM D6433-07 en la Av. Pedro de Osma y la Av. Prolongación de la Castellana.

Determinar las fallas superficiales del pavimento de la Av. Pedro de Osma de la cuadra N°1 a la cuadra N° 8 y de la Av. Prolongación de la Castellana de la cuadra N°10 a la cuadra N° 11.

Determinar las fallas estructurales del pavimento de la Av. Pedro de Osma de la cuadra N°1 a la cuadra N° 8 y de la Av. Prolongación de la Castellana de la cuadra N°10 a la cuadra N° 11.

I.4 Justificación del Uso del PCI

Aldazabal Barbaran (2012) presentó una tesis comparando diferentes métodos de inspección visual (PCI, el Manual del MTC; Manual Long Term Pavement (LTTP) y el Manual Colombiano). Ella analizó la Av. Jose Pardo en el distrito de Chimbote, esta avenida es del mismo tipo de vía a las analizadas en esta tesis. Ella concluye que: *“El Manual del PCI, nos permite en forma más práctica y eficiente poder evaluar y determinar el grado de severidad de los diferentes tipos de fallas para implementar las acciones a ejecutar en una determinada superficie de rodadura con el fin de definir los límites de las áreas a reparar y así poder plasmar esa información en los planos de la vía, previo a la Inversión final y así garantizar la vida útil de la estructura del pavimento asfáltico y optimización de los recursos.”*

I.5 Justificación e Importancia de la Vía

En el distrito de Barranco se optó por la Avenida Pedro de Osma de la cuadra N°1 a la N°8 por ser de gran embargadora a nivel distrital, puesto que Barranco es uno de los distritos más turísticos de Lima, por esta avenida hay diversos sitios turísticos como, el Puente de Los Suspiros, Museo de la Electricidad, Museo de Osma, MATE, Biblioteca Municipal, El Parque de Barranco, La Municipalidad de Barranco, muchos restaurantes cafés turísticos, uno de los pocos tranvías coloniales en funcionamiento, entre otros. Además, por esta avenida circulan diferentes líneas de transporte público y privado que sirven de unión entre los distritos de Chorrillos y Barranco.

En el distrito de Surco se optó por la Av. Prolongación de la Castellana de la cuadra 10 a la cuadra 11. Esta avenida es de mediana importancia por ser una vía de descongestionamiento vehicular en el distrito de Surco, además de encontrarse cerca de lugares importantes como Universidad Champagnat, el Museo del Pisco, el Cementerio de Surco, entre otros. Así mismo, esta avenida se encuentra adyacente al cauce del río Surco.

Además, por esta avenida circulan diferentes líneas de transporte público y privado que sirven de unión entre los distritos de Surco y Barranco.

La presente investigación se justifica en la necesidad de conocer las patologías del pavimento de las calzadas de la Av. Pedro de Osma y de la Av. Prolongación de la Castellana, con la finalidad de conocer el estado actual de estas y plantear posibles niveles de intervención.

I.6 Metodología

La presente tesis es una tesis de carácter no experimental de tipo descriptiva, aplicando la metodología del ASTM D6433-07.

I.7 Ubicación Geográfica

La Av. Pedro de Osma se encuentra en el distrito de Barranco, pasando por múltiples locales y zonas turísticas previamente mencionadas. Las Figura 1 y Figura 2 presentan ubicación en planta y distribución de carriles correspondientes a la Av. Pedro de Osma. Como se puede observar en la Figura 2 el “Calzada Derecha” tiene dirección Chorrillos – Barranco. El “Calzada Central” dirección Barranco – Chorrillos y el “Calzada Izquierda” dirección Barranco – Chorrillos. Cabe mencionar que por el “Carril Izquierdo”, el Tranvía Eléctrico hace recorridos todos los días de la semana a grupos de escolares y personas que visiten el Museo de la Electricidad.

Figura 1 – Ubicación Geográfica de la Av. Pedro de Osma



Fuente: Google Maps

Figura 2 – Distribución de Carriles de Av. Pedro de Osma



Fuente: Google Maps

La Av. Prolongación de la Castellana se encuentra en el distrito de Surco, pasando por múltiples locales y zonas turísticas previamente mencionadas. Las Figura 3 y Figura 4 presentan ubicación en planta y distribución de carriles correspondientes a la Av. Pedro de Osma. Como se puede observar en la Figura 4, el “Carril Derecho” tiene dirección Barranco – Surco y el “Carril Izquierdo” dirección Surco – Barranco. Cabe mencionar que por la imagen del “Carril Izquierdo”, surca actualmente el Río Surco.

Figura 3 – Ubicación Geográfica de la Av. Prolongación de la Castellana



Fuente: Google Maps

Figura 4 – Distribución de Calzadas de Av. Prolongación de la Castellana



Fuente: Google Maps

CAPÍTULO II. DESCRIPCIÓN DE LOS PAVIMENTOS

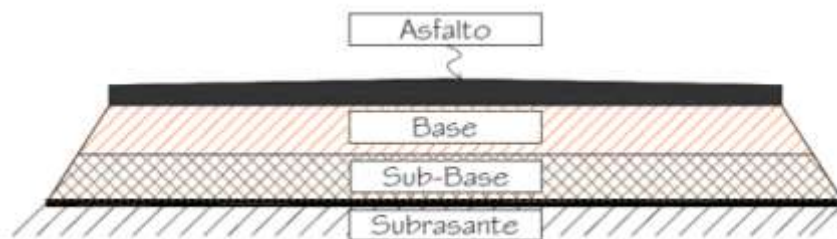
II.1 Definición de los Pavimentos

Un pavimento es una estructura que descansa sobre el terreno de fundación (subrasante), conformado por capas de materiales de diferentes calidades cuyos espesores están dados de acuerdo al diseño del proyecto y construido con la finalidad de soportar cargas estáticas y móviles en su tiempo de vida útil. Los pavimentos se clasifican básicamente en pavimentos asfálticos e hidráulicos y se diferencian en cómo están conformados cada uno y como se distribuyen las cargas sobre ellos. (Huamán Guerrero, 2013).

II.2 Clasificación de Pavimentos

Pavimentos Asfálticos: Tal como se puede apreciar en la Figura 5, los pavimentos asfálticos tienen una base flexible o semirrígida sobre la cual se ha construido una capa de rodamiento formada por una mezcla bituminosa de material granular y algún ligante asfáltico.

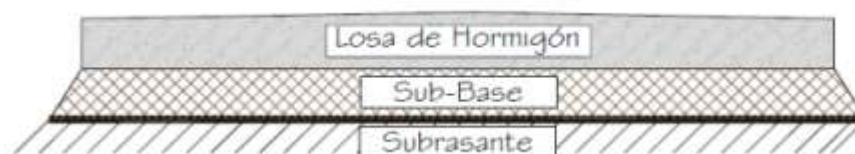
Figura 5 – Sección del Pavimento Asfáltico



Fuente: (Bermudez, 2006)

Pavimentos Hidráulicos: Aquellos en los cuales la capa de rodamiento está formada por una losa de concreto de cemento Portland con o sin armadura de fierro, como se puede apreciar en la Figura 6.

Figura 6 – Sección del Pavimento Asfálticos



Fuente: (Bermudez, 2006)

II.3 Conformación del Pavimento

Terreno de Fundación: Sirve de fundación al pavimento después de terminado el movimiento de tierras y una vez compactado tiene las secciones transversales y pendientes especificadas en el proyecto (algunos autores le llaman subrasante).

Base: Capa de conformada que podría ser de mezcla asfáltica en caliente, mezcla asfáltica en frío, suelo procesado, suelo estabilizado o suelo natural. (Huamán Guerrero, 2013)

Superficie de Rodadura: Capa que se coloca sobre la base y está formada por una mezcla bituminosa o por una losa de concreto de cemento portland. (Huamán Guerrero, 2013)

Rasante: Superficie sobre la cual discurre el tránsito de los vehículos motorizados.

II.4 Ciclo de Vida de los Pavimentos

Los pavimentos son inversiones importantes, divididas en una gran inversión inicial en la construcción de este y una inversión rutinaria debido al mantenimiento y reparación a lo largo de su vida útil con el objetivo de conservar los estándares de calidad y prolongar su vida útil.

Durante muchos años en el Perú, los organismos públicos y privados, han enfocado sus recursos únicamente en la construcción de nuevos caminos,

dejando de lado, la importancia que tiene la conservación de los mismos, en muchos casos debido a la no asignación de recursos y a conceptos erróneos como el que se suponga que durante el periodo de diseño de un pavimento no es necesario conservarlos, sino que deben ser reconstruidos después del tiempo fijado.

En la actualidad ha aumentado la necesidad de conservar su adecuado funcionamiento, tal y como se muestra en la Figura 7. El deterioro de un pavimento se da desde una etapa inicial, con un deterioro casi imperceptible que va en aumento hasta el deterioro total.

El ciclo de vida del pavimento puede clasificarse en cuatro etapas, estas son:

II.4.1 Fase A: Construcción.

El camino se encuentra, en este momento, en excelentes condiciones para satisfacer plenamente las necesidades de los usuarios. (Menéndez, 2003)

II.4.2 Fase B: Deterioro imperceptible.

Durante un cierto número de años, el camino va experimentando un proceso de desgaste y debilitamiento lento, principalmente en la superficie de rodadura, aunque también en menor grado, en el resto de su estructura. Este desgaste se produce en proporción al número de vehículos livianos y pesados que circulan por él, además también por la influencia del clima, del agua de las lluvias o aguas superficiales y otros factores. Por otro lado, la velocidad del desgaste depende también de la calidad de la construcción inicial.

Para disminuir el proceso de desgaste y debilitamiento, es necesario aplicar, con cierta frecuencia, diferentes medidas de conservación, principalmente en la superficie de rodadura y en las obras de drenaje, además de efectuar las operaciones rutinarias de mantenimiento. Si no se efectúan, la vida útil del camino se reduce sustancialmente. (Menéndez, 2003)

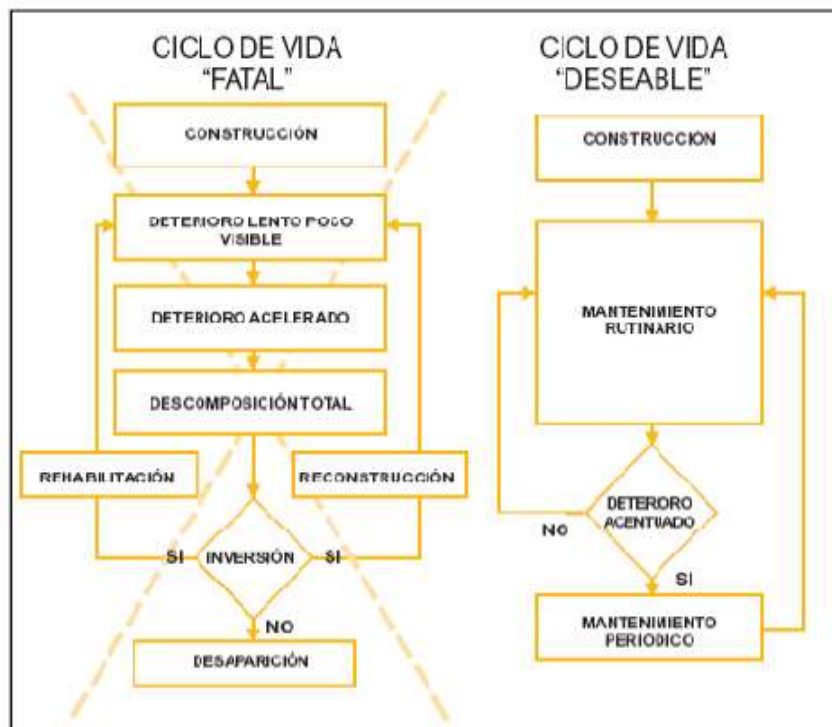
II.4.3 Fase C: Deterioro acelerado.

Después de varios años, los elementos del pavimento están cada vez más deteriorados, la resistencia al tránsito se ve reducida. La estructura básica del pavimento está dañada, esto lo podemos constatar por las fallas visibles en la superficie de rodadura. Esta etapa es corta, ya que la destrucción es bastante acelerada. El estado del camino varía desde regular hasta malo o muy malo. (Gamboa Chicchón, 2009)

II.4.4 Fase D: Deterioro total.

Esta última etapa puede durar varios años y constituye el desgaste completo del pavimento. La transitabilidad se ve seriamente reducida y los vehículos empiezan a experimentar daños en sus neumáticos, ejes, etc. Los costos de operación de los vehículos aumenta y la vía se hace intransitable para autos. (Gamboa Chicchón, 2009).

Figura 7– Diagrama del flujo de vida de un pavimento



Fuente: (Gamboa Chicchón, 2009)

CAPÍTULO III. FALLAS EN LOS PAVIMENTOS

La presente sección resume la clasificación de fallas para pavimentos asfálticos, tomando como referencia el Manual PCI de Vásquez Varela, el cual es una traducción de la norma ASTM D6433-07.

Únicamente se presentan la clasificación de daños en pavimentos asfálticos por ser el tipo de calzada a analizar en las siguientes secciones.

III.1 Calidad de Transito

Al momento de realizar la inspección de daños, se debe evaluar la calidad de tránsito para determinar el nivel de severidad de los daños en la superficie de rodamiento. Estos niveles se clasifican en tres grupos por su grado de severidad.

- a) Bajo (Low): Se perciben vibraciones en el vehículo, pero no es necesario reducir la velocidad, con el fin de conservar la comodidad o seguridad.
- b) Medio (Medium): Se perciben vibraciones significativas en el vehículo, que requieren de alguna reducción de velocidad, con el fin de conservar la comodidad y seguridad.
- c) Alto (High): Las vibraciones en el vehículo son tan excesivas que debe reducirse la velocidad considerablemente, con el fin de conservar la comodidad y seguridad.

La calidad de tránsito se determina recorriendo la sección de pavimento en un automóvil de tamaño estándar a la velocidad establecida por el límite legal. Las secciones de pavimento cercanas a señales verticales de detención, deben calificarse a la velocidad de desaceleración normal de aproximación a la señal. (Vásquez Varela, 2002)

III.2 Clasificación de Daños en Pavimentos Asfálticos

A continuación se detallan los tipos de fallas, las cuales podrían clasificarse en fallas superficiales y estructurales, como se presenta en la Tabla 1. Las fallas presentadas únicamente son las 19 fallas definidas en la Norma ASTM D6433-07.

Tabla 1 – Longitudes de Unidades de Muestreo Asfálticas

Fallas Estructurales	Fallas Superficiales
Piel de Cocodrilo	Exudación
Agrietamiento en Bloque	Corrugación
Abultamiento y Hundimientos	Grieta de Borde
Depresión	Grieta de Reflexión de Junta
Huecos	Desnivel Carril/Berma
Ahuellamiento	Grietas Longitudinales y Transversales
Desplazamiento	Parqueo
Hinchamiento	Pulimiento de Agregados
	Cruce de Vía Férrea
	Grietas Parabólicas
	Desprendimiento de Agregados

Fuente: Propia

Las características de cada tipo de falla son:

III.2.1 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 la parte inferior de la capa asfáltica donde los esfuerzos y las 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 la piel de cocodrilo. Por lo tanto, no podría producirse sobre la totalidad de un área a menos que esté 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 (Vásquez Varela, 2002).

Niveles de severidad:

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

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

Medida:

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

Opciones de reparación:

L: No se hace nada, sello superficial. Sobre carpeta.

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

H: Parcheo parcial o Full Depth. Sobre carpeta. Reconstrucción.

III.2.2 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. (Vásquez Varela, 2002)

Niveles de severidad:

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

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

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

Medida:

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

Opciones de reparación

L: No se hace nada.

M: Se aplica arena / agregados y cilindrado.

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

III.2.3 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 0.3 m a 3.0 m x 3.0 m. Las grietas en bloque se originan principalmente por la contracción del concreto asfáltico y los ciclos de temperatura diarios (lo cual origina ciclos diarios de esfuerzo / deformación unitaria). Las grietas en bloque no están asociadas a cargas e indican que el asfalto se ha endurecido significativamente. Normalmente ocurre sobre una gran porción del pavimento, pero algunas veces aparecerá únicamente en áreas sin tránsito. Este tipo de daño difiere de la piel de cocodrilo en que este último forma pedazos más pequeños, de muchos lados y con ángulos agudos. También, a diferencia de los bloques, la piel de cocodrilo es originada por cargas repetidas de tránsito y, por lo tanto, se encuentra únicamente en áreas sometidas a cargas vehiculares (por lo menos en su primera etapa). (Vásquez Varela, 2002)

Niveles de severidad.

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

M: Bloques definidos por grietas de severidad media

H: Bloques definidos por grietas de alta severidad.

Medida:

Se mide en metros cuadrados de área afectada. Generalmente, se presenta un 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 sobre carpeta.

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

III.2.4 Abultamientos y Hundimientos

Descripción:

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 de losas de concreto de cemento Portland con una sobre carpeta de concreto asfáltico.
2. Expansión por congelación.
3. Infiltración y elevación del material en una grieta en combinación con las cargas del tránsito.

Los hundimientos son desplazamientos hacia abajo, pequeños y abruptos, de la superficie del pavimento. Las distorsiones y desplazamientos que ocurren sobre grandes áreas del pavimento,

causando grandes o largas depresiones en el mismo, se llaman “ondulaciones” (Vásquez Varela, 2002)

Niveles de severidad:

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

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

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

Medida:

Se miden en metros lineales. Si aparecen en un patrón perpendicular al flujo del tránsito y están espaciadas a menos de 3.0 m, el daño se llama corrugación. Si el abultamiento ocurre en combinación con una grieta, ésta también se registra.

Opciones de reparación

L: No se hace nada.

M: Fresado en frío. Parcheo profundo o parcial.

H: Fresado en frío. Parcheo profundo o parcial. Sobre carpeta.
(Vásquez Varela, 2002)

III.2.5 Corrugación

Descripción:

La corrugación 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. (Vásquez Varela, 2002)

Niveles de severidad

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

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

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

Medida:

Se mide en metros cuadrados de área afectada.

Opciones de reparación:

L: No se hace nada.

M: Reconstrucción.

H: Reconstrucción.

III.2.6 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. 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. Los hundimientos a diferencia de las depresiones, son las caídas bruscas del nivel. (Vásquez Varela, 2002)

Niveles de severidad.

Máxima profundidad de la depresión:

L: 13.0 a 25.0 mm.

M: 25.0 a 51.0 mm.

H: Más de 51.0 mm.

Medida:

Se mide en metros cuadrados del área afectada.

Opciones de reparación:

L: No se hace nada.

M: Parcheo superficial, parcial o profundo.

H: Parcheo superficial, parcial o profundo. (Vásquez Varela, 2002)

III.2.7 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). (Vásquez Varela, 2002)

Niveles de severidad:

L: Agrietamiento bajo o medio sin fragmentación o desprendimiento.

M: Grietas medias con algo de fragmentación y desprendimiento.

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

Medida:

La grieta de borde se mide en metros lineales.

Opciones de reparación:

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

M: Sellado de grietas. Parcheo parcial - profundo.

H: Parcheo parcial – profundo.

III.2.8 Grieta de Reflexión de Junta

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. (Vásquez Varela, 2002)

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 rodeado 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 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.

III.2.9 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 sobre carpetas en la calzada sin ajustar el nivel de la berma. (Vásquez Varela, 2002)

Niveles de severidad:

L: La diferencia en elevación entre el borde del pavimento y la berma está entre 25.0 y 51.0 mm.

M: La diferencia está entre 51.0 mm y 102.0 mm.

H: La diferencia en elevación es mayor que 102.00 mm.

Medida:

El desnivel carril / berma se miden en metros lineales.

Opciones de reparación:

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

III.2.10 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. (Vásquez Varela, 2002)

Niveles de Severidad:

L: Existe una de las siguientes condiciones:

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

M: Existe una de las siguientes condiciones:

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

H: Existe una de las siguientes condiciones:

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

Medida:

Las grietas longitudinales y transversales se miden en metros lineales. La longitud y severidad de cada grieta debe registrarse

después de su identificación. Si la grieta no tiene el mismo nivel de severidad a lo largo de toda su longitud, cada porción de la grieta con un nivel de severidad diferente debe registrarse por separado. Si ocurren abultamientos o hundimientos en la grieta, estos deben registrarse.

Opciones de reparación:

L: No se hace nada. Sellado de grietas de ancho mayor que 3.0 mm.

M: Sellado de grietas.

H: Sellado de grietas. Parcheo parcial.

III.2.11 Parcheo

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. (Vásquez Varela, 2002)

Niveles de Severidad:

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

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

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

Medida:

Los parches se miden en metros cuadrados de área afectada. Sin embargo, si un solo parche tiene áreas de diferente severidad, estas deben medirse y registrarse de forma separada. 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). (Vásquez Varela, 2002)

Opciones de reparación:

L: No se hace nada.

M: No se hace nada. Sustitución del parche.

H: Sustitución del parche.

III.2.12 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. (Vásquez Varela, 2002)

Niveles de severidad:

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

Medida:

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

Opciones de reparación:

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

III.2.13 Huecos

Descripción:

Los huecos son depresiones pequeñas en la superficie del pavimento, usualmente con diámetros menores que 0.90 m y con forma de tazón. Por lo general presentan bordes aguzados y lados verticales en cercanías de la zona superior. El crecimiento de los huecos se acelera por la acumulación de agua dentro del mismo. Los huecos se producen cuando el tráfico arranca pequeños pedazos de la superficie del pavimento. La desintegración del pavimento progresa debido a mezclas pobres en la superficie, puntos débiles de la base o la subrasante, o porque se ha alcanzado una condición de piel de cocodrilo de severidad alta. Con frecuencia los huecos son daños asociados a la condición de la estructura y no deben confundirse con desprendimiento o meteorización. Cuando los huecos son producidos por piel de cocodrilo de alta severidad deben registrarse como huecos, no como meteorización. (Vásquez Varela, 2002)

Niveles de severidad

Los niveles de severidad para los huecos de diámetro menor que 762 mm están basados en la profundidad y el diámetro de los mismos, de acuerdo con la Tabla 2. Si el diámetro del hueco es mayor que 762 mm, debe medirse el área en metros cuadrados y dividirla entre 0.47 m² para hallar el número de huecos equivalentes. Si la profundidad es menor o igual que 25.0 mm, los huecos se consideran como de severidad media. Si la profundidad es mayor que 25.0 mm la severidad se considera como alta.

Tabla 2 – Nivel de Severidad para huecos

Profundidad Max	Diámetro Medio		
	102 a 203 mm	203 a 457 mm	457 a 762mm
12.7 a 25.4mm	L	L	M
25.4 a 50.8mm	L	M	H
>50.8mm	M	M	H

Fuente: (Vásquez Varela, 2002)

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.

III.2.14 Cruce de Vía Férrea

Descripción:

Los defectos asociados al cruce de vía férrea son depresiones o abultamientos alrededor o entre los rieles. (Vásquez Varela, 2002)

Niveles de severidad:

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

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

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

Medida:

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

Opciones de reparación:

L: No se hace nada.

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

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

III.2.15 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. (Vásquez Varela, 2002)

Niveles de severidad:

Profundidad media del ahuellamiento:

L: 6.0 a 13.0 mm.

M: >13.0 mm a 25.0 mm.

H: > 25.0 mm.

Medida:

El ahuellamiento se mide en metros cuadrados de área afectada y su severidad está definida por la profundidad media de la huella. La 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. (Vásquez Varela, 2002)

Opciones de reparación:

L: No se hace nada. Fresado o sobre carpeta.

M: Parcheo superficial, parcial o profundo. Fresado o sobre carpeta.

H: Parcheo superficial, parcial o profundo. Fresado o sobre carpeta.

III.2.16 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. (Vásquez Varela, 2002)

Niveles de severidad:

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

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

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

Medida:

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

Opciones de reparación:

L: No se hace nada. Fresado.

M: Fresado. Parcheo parcial o profundo.

H: Fresado. Parcheo parcial o profundo.

III.2.17 Grietas Parabólicas

Descripción:

Las grietas parabólicas por deslizamiento son grietas en forma de media luna. 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. (Vásquez Varela, 2002)

Nivel de severidad:

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

M: Existe una de las siguientes condiciones:

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

H: Existe una de las siguientes condiciones:

1. Ancho promedio de la grieta mayor que 38.0 mm.
2. El área alrededor de la grieta está fracturada en pedazos fácilmente removibles.

Medida:

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

Opciones de reparación:

L: No se hace nada. Parcheo parcial.

M: Parcheo parcial.

H: Parcheo parcial.

III.2.18 Hinchamiento

Descripción:

El hinchamiento se caracteriza por un pandeo hacia arriba de la superficie del pavimento una onda larga y gradual. El hinchamiento puede estar acompañado de agrietamiento superficial. Usualmente, este daño es causado por el congelamiento en la subrasante o por suelos potencialmente expansivos. (Vásquez Varela, 2002)

Nivel de severidad:

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

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

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

Medida:

El hinchamiento se mide en metros cuadrados de área afectada.

Opciones de reparación:

L: No se hace nada.

M: No se hace nada. Reconstrucción.

H: Reconstrucción.

III.2.19 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. (Vásquez Varela, 2002)

Niveles de severidad

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

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

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

Medida

La meteorización y el desprendimiento se miden en metros cuadrados de área afectada.

Opciones de reparación

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

M: Sello superficial. Tratamiento superficial. Sobrecarpeta.

H: Tratamiento superficial. Sobrecarpeta. Reciclaje. Reconstrucción.

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

CAPÍTULO IV. ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI)

IV.1 Descripción

El método del Índice de Condición del Pavimento (PCI) es un índice numérico que clasifica la superficie condiciones del pavimento, varía desde cero (0), para un pavimento fallado o en mal estado, hasta cien (100) para un pavimento en perfecto estado. En Tabla 3 se presentan los rangos de PCI con su clasificación cualitativa de la condición del pavimento.

Tabla 3 – Rangos de Calificación del PCI

Rango	Clasificación
100 - 85	Excelente
85 – 71	Muy Bueno
70 – 56	Bueno
55 – 41	Regular
40 - 26	Malo
25 - 11	Muy Malo
10 - 0	Fallado

Fuente: (ASTM D6433-07, 2007)

El PCI proporciona una medida de la condición actual del pavimento en base a lo observado en la superficie del pavimento, así mismo indica las condiciones de funcionamiento y la integridad de la superficie estructural. El PCI no puede medir la capacidad estructural, ni proporciona la medición directa de la resistencia de rodadura o rugosidad. Proporciona una objetiva y racional base para determinar las necesidades de mantenimiento y reparación y cuáles son las prioridades.

La monitorización continua de la PCI se utiliza para establecer la tasa de deterioro del pavimento, que permite la temprana identificación de las principales necesidades de rehabilitación.

En base al valor de PCI obtenido de la evaluación de campo se podría determinar cuál es el nivel de intervención como se muestra en la Tabla 4.

Tabla 4 – Intervención en base al rango de PCI

Rango	Clasificación	Intervención
100 - 71	Bueno	Mantenimiento
31 – 70	Regular	Rehabilitación
0 – 30	Malo	Construcción

Fuente: (ASTM D6433-07, 2007)

Los niveles de intervención, que se deberían aplicar, serán descritos a mayor detalle en el CAPÍTULO VI.

IV.2 Terminología

- Densidad: Es porcentaje obtenido de la división del área total de daño entre el área total de la unidad de muestreo.
- CD: Valor Deducido, es el valor obtenido mediante cada tipo de daño y su nivel de severidad, en su interpolación en las curvas de “Valor Deducido del Daño”.
- CDT: Valor Deducido Total, es la suma de todos los valores independientes de CD para una unidad de muestreo.
- q: Número de CD mayores que dos, en una unidad de muestreo.
- CDV: Valor Deducido Corregido, es la corrección del CDT interpolándolo con el número q para cada unidad de muestreo en la curva de “Corrección del Valor Deducido”.

IV.3 Materiales e instrumentos

Los materiales y equipos utilizados fueron:

- Odómetro manual,
- Wincha de 7m,
- Libreta de campo,
- Cámara fotográfica.

IV.4 Metodología

El desarrollo se llevara a cabo en base al procedimiento de la norma ASTM D6433-07, el cual se detalla a continuación:

IV.4.1 Trabajos de Gabinete

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:

- a) Carreteras con capa de rodadura asfáltica y ancho menor que 7.30 m: El área de la unidad de muestreo debe estar en el rango 230.0 ± 93.0 m². En el Tabla 5 se presentan algunas relaciones longitud – ancho de calzada pavimentada.

Tabla 5 – Longitudes de Unidades de Muestreo Asfálticas

Ancho de Calzada (m)	Longitud de la Unidad de Muestreo (m)
5.0 (o menos)	46.0
5.5	41.8
6.0	38.3
6.5	35.4
7.3 (máximo)	31.5

Fuente: (Vásquez Varela, 2002)

Para cada pavimento inspeccionado se elaborará de esquemas que muestren el tamaño y la localización de las unidades ya que servirá como referencia futura.

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 1, la cual

produce un estimado del PCI ± 5 del promedio verdadero con una confiabilidad del 95%.

Ecuación 1 – Determinación de las Unidades de Muestreo

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

Donde:

n: Número mínimo de unidades de muestreo a evaluar.

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

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

σ : Desviación estándar del PCI entre las unidades.

Fuente: (Vásquez Varela, 2002)

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 hidráulico (rango PCI de 35)

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

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

Ecuación 2 – Selección de Unidades de Muestreo para Inspección

$$i = \frac{N}{n}$$

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)

Fuente: (Vásquez Varela, 2002)

- 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.

IV.4.2 Trabajos de Campo

En los trabajo de campo 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, en la Figura 8, se ilustra el formato para la inspección.

Figura 8 – Hoja de Registro

ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI)					
HOJA DE REGISTRO					
Nombre de la Vía		Sección		Unidad de Muestreo	
Realizado por:		Fecha		Área	
1. Piel de Cocodrilo	6. Depresión	11. Parches y parches de cortes utilitarios	16. Fisura Parabólica o por deslizamiento		
2. Exudación	7. Fisura de Borde	12. Agregado pulido	17. Hinchamiento		
3. Fisuras en bloque	8. Fisura de reflexión de junta	13. Baches	18. Peladura por intemperismo y desprendimiento de agregados		
4. Abultamientos y hundimientos	9. Desnivel carril-berma	14. Ahuellamiento			
5. Corrugación	10. Fisuras longitudinales y transversales	15. Desplazamiento			
FALLA	CANTIDAD		TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO

Fuente: Propia

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:

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.

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.

IV.4.3 Trabajos de Gabinete (2)

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.

Cálculo para Pavimentos Asfáltica

1. . Cálculo de los Valores Deducidos:
 - a) Totalice cada tipo y nivel de severidad de daño y regístrelo en la columna “TOTAL” del formato de la Figura 8 – Hoja de Registro.
El daño puede medirse en área, longitud o por número según su tipo.
 - 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.

c) Determine el “VALOR DEDUCIDO (D.V.)” para cada tipo de daño y su nivel de severidad mediante las curvas denominadas “Valor Deducido del Daño”, de acuerdo con el tipo de pavimento inspeccionado.

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

a) Si ninguno o sólo uno de los V.D. es mayor que dos, se usa el “Valor Deducido Total” en lugar del mayor “Valor Deducido Corregido (C.D.V.)”.

De lo contrario, deben seguirse el paso b.

b) Liste los valores deducidos individuales deducidos de mayor a menor. y desarrolle la Ecuación 3:

Ecuación 3 – Número Máximo Admisible de Valores Deducidos

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

Donde:

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

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

Fuente: (Vásquez Varela, 2002)

c) El número de valores individuales deducidos se reduce a “ m_i ”, inclusive la parte fraccionaria. Si se dispone de menos valores deducidos que “ m_i ” se utilizan todos los que se tengan.

3. Cálculo del “Máximo Valor Deducido Corregido (C.D.V.)”

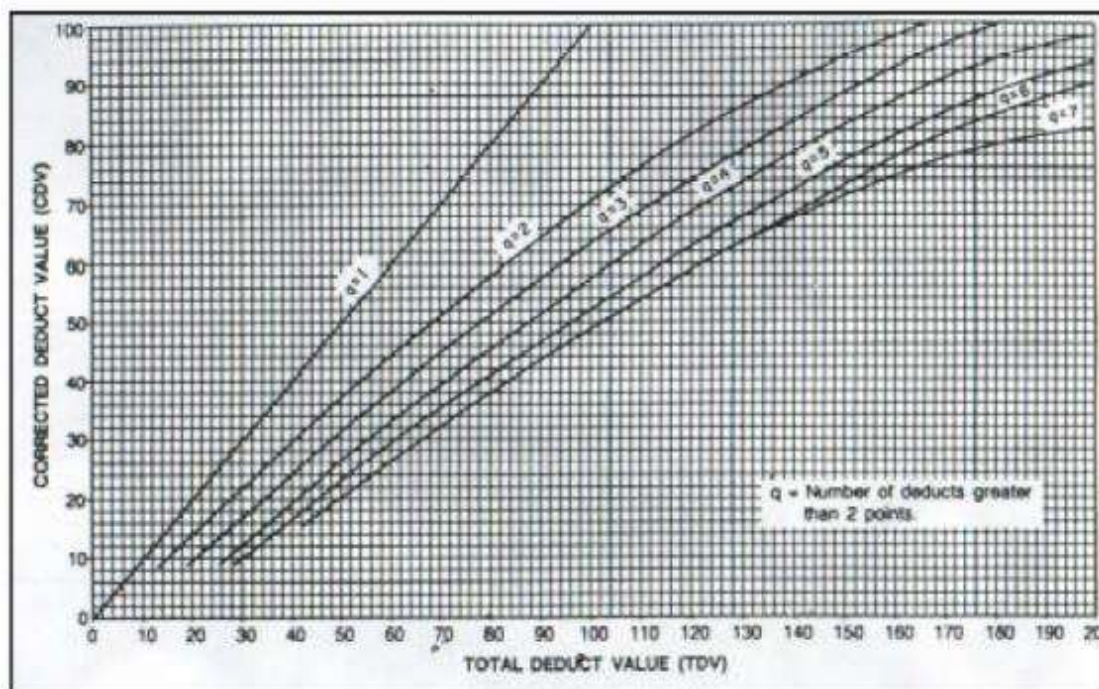
a) Determine el número de valores deducidos, q , mayores que 2.

b) Determine el “Valor Deducido Total (C.D.T.)” sumando todos los valores deducidos individuales.

c) Determine el C.D.V. con q y el C.D.T. en la curva de corrección pertinente al tipo de pavimento.

d) El máximo C.D.V. es el mayor de los C.D.V. obtenidos en este proceso.

Figura 9 – Valor Deducido Total vs Valor Deducido Corregido



Fuente: (Gamboa Chicchón, 2009)

4. Calcule el PCI de la unidad de muestreo restando de 100 el C.D.V. obtenido en la sección 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 o si seleccionó aleatoriamente, el PCI de la sección será el promedio de los PCI calculados en las unidades de muestreo.

CAPÍTULO V. APLICACIÓN DEL MÉTODO Y RESULTADOS OBTENIDOS

V.1 Aplicación del Método

V.1.1 Avenida Pedro de Osma

La avenida Pedro de Osma de la cuadra 1 a la cuadra 8, está constituida por tres calzadas. La sección central, la cual comprende la calzada central, que va con dirección Barranco – Chorrillos y comienza en el Puente San Martín (Bajada a Baños) hasta la Av. Chorrillos; la sección izquierda, la cual comprende la calzada izquierda, en dirección Barranco – Chorrillos, comenzando en la calle Ríos, altura del Museo de la Electricidad hasta la Av. Chorrillos; y la sección derecha, calzada derecha, en dirección Chorrillos – Barranco, desde la Av. Chorrillos hasta el Jr. 28 de Julio.

En la Tabla 6, se presenta características de las calzadas de la Av. Pedro de Osma:

Tabla 6 – Características de Calzada de la Av. Pedro de Osma

Calzada	Tipo de Pav.	Longitud (m.)	Ancho de Calzada (m.)
Sección	Mixto	719.30	4.00
Sección Central	Mixto	900.10	6.60
Sección Derecha	Mixto	600.00	4.50

Fuente: Propia

El pavimento de la Av. Pedro de Osma está clasificado como pavimento mixto, es por ello que la aplicación del método del PCI no sería aplicable para esta avenida.

En el Anexo 1, se presentan las fotos representativas del análisis de unidades de muestreo que se realizó en la Av. Pedro de Osma, demostrando así que esta avenida es de un pavimento mixto.

V.1.2 Avenida Prolongación de La Castellana

Se evaluó la Av. Prolongación de la Castellana de la cuadra 10 a la cuadra 11, está constituida por una calzada, con carriles en diferentes direcciones. El carril derecho con dirección hacia Jirón las Uvas, donde próximamente cruzara la continuación de la Vía Expresa; y el carril izquierdo con dirección a la Avenida Combate de Angamos, que nos permitiría dirigirnos a Barranco.

En la Tabla 6, se presenta características de las calzadas de la Av. Pedro de Osma:

Tabla 7 – Características de Calzada de la Av. Prolongación de la Castellana

Calzada	Tipo de Pav.	Longitud (m.)	Ancho de Calzada (m.)
Sección Central	Asfáltico	445	7.30

Fuente: Propia

Aplicando la Ecuación 1, se determina el número de unidades de muestreo por calzada a evaluar por calzada, la cual se detalla en la Tabla 8:

Tabla 8 – Unidades de Muestreo de la Av. Prolongación de la Castellana

Calzada	Unidades de Muestreo	Unidades de Muestreo a Evaluar
Sección Central	14	7

Fuente: Propia

Estas unidades de muestreo han sido numeradas progresivamente desde la Av. Combate de Angamos al Jr. Las Uvas.

En el Anexo 2, se presentan las fotos representativas del análisis de unidades de muestreo que se realizó en la Av. Prolongación de la Castellana.

V.2 Cálculo del PCI

V.2.1 Av. Pedro de Osma

Luego de haber realizado la evaluación superficial en la Av. Pedro de Osma, se le clasifico como un pavimento mixto, es por ello que la aplicación del método del PCI no sería aplicable para esta avenida.

V.2.2 Av. Prolongación La Castellana

Luego de haber realizado la compilación de información en campo, e identificado que el método de inspección visual únicamente podría emplearse en la Av. La Castellana, se procedió a calcular el Índice de Condición por cada una de las secciones, para posteriormente determinar su nivel de intervención.

Sección Central

En la sección se calcularon 14 unidades de muestreo, de las cuales fueron inspeccionadas 7. Las cuales son:

- Unidad de Muestreo 1 (U-1)
- Unidad de Muestreo 3 (U-3)
- Unidad de Muestreo 5 (U-5)
- Unidad de Muestreo 7 (U-7)
- Unidad de Muestreo 9 (U-9)
- Unidad de Muestreo 11 (U-11)
- Unidad de Muestreo 13 (U-13)

Estas unidades se eligieron después de un proceso inicial de inspección visual. Su elección se debió por ser las unidades de muestreo más representativas de toda la sección. En la siguiente sección se resumen los resultados de las secciones analizadas.

Unidad de Muestreo 1 (U-1)

Después de realizar la inspección visual y medición de las fallas en la unidad de muestreo, se resume en la Tabla 9:

Tabla 9 – Sección Central - CDV: U-1

F	Cantidad						Total	Densidad (%)	CDT
1M	7.65	1.50					9.15	3.98	36
1H	7.28						3.17	3.17	46
11L	0.33	22.05					22.38	9.73	17

Fuente: Propia

CDV: 63

PCI: 37

Calificación: Malo

Observaciones:

- Las fallas encontradas son: piel de cocodrilo y parcheo. Siendo la falla con mayor incidencia en esta unidad de muestreo la causada por el parcheo con una área de falla de 22.38m².
- El Índice de Condición de Pavimento es de 37, lo que representa una clasificación de malo.
- El número de valores deducidos es 3 y el Valor Deducido Total es 99 a partir de esto interpolando en la Figura 9, obtenemos que el valor deducido corregido es 63.
- En la Foto 1, que se presenta a continuación se ve la falla más representativa de la unidad de muestreo, la cual es una falla por piel de cocodrilo, de una nivel de severidad alto.

Foto 1 - Falla N°4 – Falla Piel de Cocodrilo, Nivel de severidad alto (1H)



Fuente: Propia

Unidad de Muestreo 3 (U-3)

Después de realizar la inspección visual y medición de las fallas en la unidad de muestreo, se resume en la Tabla 10:

Tabla 10 – Sección Central - CDV: U-3

F	Cantidad						Total	Densidad (%)	CDT
1H	53.55						53.55	23.29	72
11L	11.03						11.03	4.79	9

Fuente: Propia

CDV: 74

PCI: 26

Calificación: Malo

Observaciones:

- Las fallas encontradas son: piel de cocodrilo y parcheo. Siendo la falla con mayor incidencia en esta unidad de muestreo la causada por el parcheo con una área de falla de 11.03m²
- El Índice de Condición de Pavimento es de 26, lo que representa una clasificación de malo.

- El número de valores deducidos es 2 y el Valor Deducido Total es 81 a partir de esto interpolando en la Figura 9, obtenemos que el valor deducido corregido es 74.
- En la Foto 2, que se presenta a continuación se ve la falla más representativa de la unidad de muestreo, la cual es una falla por piel de cocodrilo, de un nivel de severidad alto.

Foto 2 – Falla N°8 – Falla de Piel de Cocodrilo, Nivel de severidad alto (1H)



Fuente: Propia

Unidad de Muestreo 5 (U-5)

Después de realizar la inspección visual y medición de las fallas en la unidad de muestreo, se resume en la Tabla 11:

Tabla 11 – Sección Central - CDV: U-5

F	Cantidad						Total	Densidad (%)	CDT
1H	4.69						4.69	2.04	41
11M	1.46						1.46	0.63	8
13L	0.56	0.42					0.98	0.43	10
13M	0.35						0.35	0.15	7

Fuente: Propia

CDV: 46

PCI: 54

Calificación: Regular

Observaciones:

- Las fallas encontradas son: piel de cocodrilo, parcheo y huecos. Siendo la falla con mayor incidencia en esta unidad de muestreo la causada por la piel de cocodrilo con una área de falla de 4.69m².
- El Índice de Condición de Pavimento es de 54, lo que representa una clasificación de regular.
- El número de valores deducidos es 4 y el Valor Deducido Total es 66 a partir de esto interpolando en la Figura 9, obtenemos que el valor deducido corregido es 46.
- En la Foto 3, que se presenta a continuación se ve la falla más representativa de la unidad de muestreo, la cual es una falla por piel de cocodrilo, de un nivel de severidad alto.

Foto 3 – Falla N°10 - Falla Piel de Cocodrilo, Nivel de severidad alto (1H)



Fuente: Propia

Unidad de Muestreo 7 (U-7)

Después de realizar la inspección visual y medición de las fallas en la unidad de muestreo, se resume en la Tabla 12:

Tabla 12 – Sección Central - CDV: U-7

F	Cantidad					Total	Densidad (%)	CDT
1H	25.55	10.85				36.35	15.83	67

Fuente: Propia

CDV: 67

PCI: 33

Calificación: Malo

Observaciones:

- La falla encontrada es piel de cocodrilo, con un área de falla de 36.65m².
- El Índice de Condición de Pavimento es de 41, lo que representa una clasificación de malo.
- El número de valores deducidos es 1 y el Valor Deducido Total es 67 a con lo cual se obtiene el mismo valor de valor deducido corregido.
- En la Foto 4, que se presenta a continuación se ve la falla más representativa de la unidad de muestreo, la cual es una falla por piel de cocodrilo, de un nivel de severidad alto.

Foto 4 – Falla N° 16 – Falla Piel de Cocodrilo, Nivel de severidad alto (1H)



Fuente: Propia

Unidad de Muestreo 9 (U-9)

Después de realizar la inspección visual y medición de las fallas en la unidad de muestreo, se resume en la Tabla 13:

Tabla 13 – Sección Central - CDV: U-9

F	Cantidad						Total	Densidad (%)	CDT
1L	1.08						1.08	0.47	6
1H	23.28						23.28	10.12	62
11L	1.10						1.10	0.48	1

Fuente: Propia

CDV: 66

PCI: 34

Calificación: Malo

Observaciones:

- Las fallas encontradas son: piel de cocodrilo y parcheo. Siendo la falla con mayor incidencia en esta unidad de muestreo la causada por la falla de piel de cocodrilo con una área de falla de 24.36m².

- El Índice de Condición de Pavimento es de 34, lo que representa una clasificación de malo
- El número de valores deducidos es 2 y el Valor Deducido Total es 68 a partir de esto interpolando en la Figura 9, obtenemos que el valor deducido corregido es 66.
- En la Foto 5, que se presenta a continuación se ve la falla más representativa de la unidad de muestreo, la cual es una falla por piel de cocodrilo, de un nivel de severidad alto.

Foto 5 – Falla N°22 – Falla Piel de Cocodrilo, Nivel de severidad alto (1H)



Fuente: Propia

Unidad de Muestreo 11 (U-11)

Después de realizar la inspección visual y medición de las fallas en la unidad de muestreo, se resume en la Tabla 14:

Tabla 14 – Sección Central- CDV: U-11

F	Cantidad					Total	Densidad (%)	CDT
1H	2.64	2.34	4.08			9.06	3.94	49
11L	13.75					13.75	5.98	12

Fuente: Propia

CDV: 51

PCI: 49

Calificación: Regular

Observaciones:

- Las fallas encontradas son: piel de cocodrilo y parcheo. Siendo la falla con mayor incidencia en esta unidad de muestreo la causada por el parcheo con una área de falla de 13.75m².
- El Índice de Condición de Pavimento es de 49, lo que representa una clasificación de regular.
- El número de valores deducidos es 2 y el Valor Deducido Total es 61 a partir de esto interpolando en la Figura 9, obtenemos que el valor deducido corregido es 51
- . En la Foto 6, que se presenta a continuación se ve la falla más representativa de la unidad de muestreo, la cual es una falla por piel de cocodrilo, de un nivel de severidad alto.

Foto 6 – Falla N°25 – Falla Piel de Cocodrilo, Nivel de severidad medio (1M)



Fuente: Propia

Unidad de Muestreo 13 (U-13)

Después de realizar la inspección visual y medición de las fallas en la unidad de muestreo, se resume en la Tabla 15:

Tabla 15 – Sección Central - CDV: U-13

F	Cantidad					Total	Densidad (%)	CDT
1H	40.95					40.95	17.81	68.9

Fuente: Propia

CDV: 69

PCI: 31

Calificación: Malo

Observaciones:

- Las fallas encontradas son: piel de cocodrilo, con un área de falla de 40.95m².
- El Índice de Condición de Pavimento es de 31, lo que representa una clasificación de malo.
- El número de valores deducidos es 1 y el Valor Deducido Total es 69 a con lo cual se obtiene el mismo valor de valor deducido corregido.
- En la Foto 7, que se presenta a continuación se ve la falla más representativa de la unidad de muestreo, la cual es una falla por piel de cocodrilo, de un nivel de severidad alto.

Foto 7 – Falla N°29 - Falla Piel de Cocodrilo, Nivel de severidad alto (1H)



Fuente: Propia

V.3 Diagnóstico de la Situación

V.3.1 Av. Pedro de Osma

A pesar de no haber aplicado el PCI, en base a la experiencia, se puede inferir que la sección izquierda está totalmente deteriorada y sería necesaria una reconstrucción total de la sección. Las secciones central y

derecha únicamente necesitarían un mantenimiento rutinario, debido a que no presentan un porcentaje significativo de fallas estructurales. Las razones para estas inferencias pueden verse justificadas en el Anexo I.

V.3.2 Av. Prolongación de la Castellana

Análisis de la Sección Central

En la Tabla 16, se presenta el análisis de las unidades de muestreo de la sección central:

Tabla 16 – Sección Central - PCI

Unidad de Muestreo	Área (m ²)	PCI
U-1	229.95	37
U-3	229.95	26
U-5	229.95	54
U-7	229.95	33
U-9	229.95	34
U-11	229.95	49
U-13	229.95	31

Fuente: Propia

PCI de la sección: 37

Calificación: Malo

Observaciones:

- El Índice de condición del pavimento de la sección central es 37, lo que representa una clasificación del pavimento como malo.
- Esta sección está altamente deteriorada y es probable que ya no cuente con vida residual, pero esto puede ser determinado con exactitud con ensayos no destructivos y/o destructivos.
- Las fallas con mayor incidencia en esta sección son: la falla por piel de cocodrilo con un 11.52% (185.44m²) del área total de las unidades de muestreo, seguido por la falla producida por el parcheo con un 3.09% (49.72m²) del área de muestreo.
- Debido a que a la margen izquierda de la sección está situado el río Surco (ver Foto8 - Vista General), y siendo este lado el que presenta

mayor daño en la superficie del pavimento (se ve un área importante afectada por Piel de Cocodrilo), es probable que las infiltraciones, causadas por el río sobre la base y subbase del pavimento, sean las causantes de estas fallas.

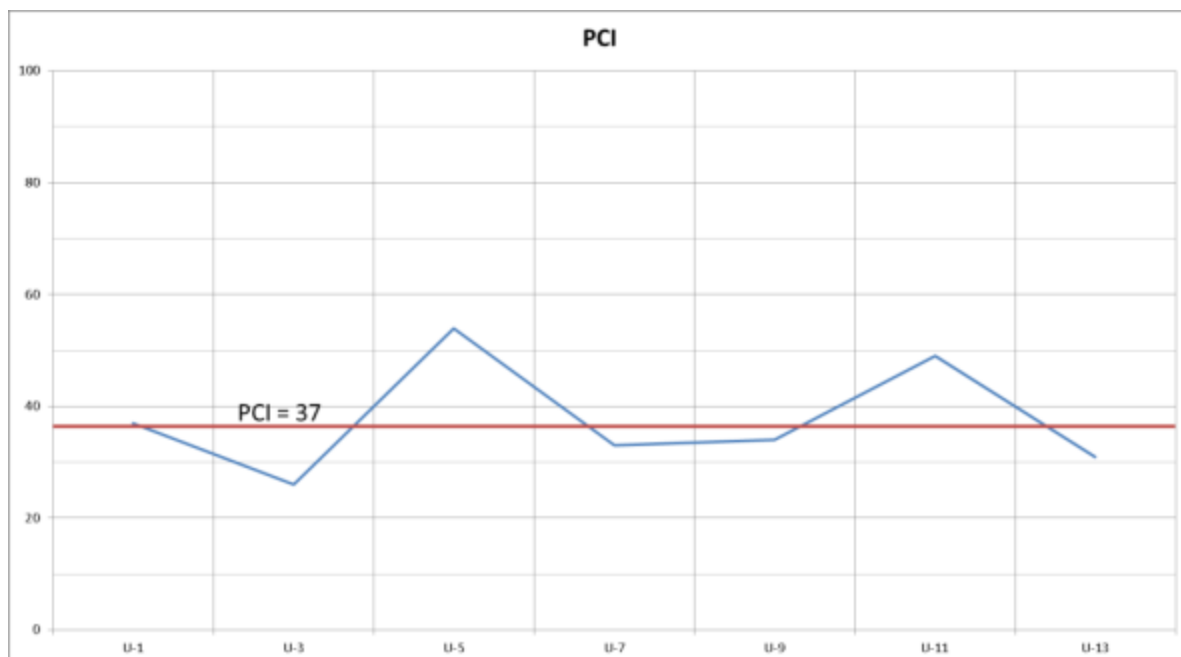
Foto 8 – Vista General



Fuente: Propia

- Las obras a ejecutar son las de reconstrucción.
- En la Figura 10, se observa la forma en la que va variando, de acuerdo a la unidad de muestreo, la clasificación del PCI. En la cual se puede apreciar gráficamente que el PCI promedio de la sección es de 37

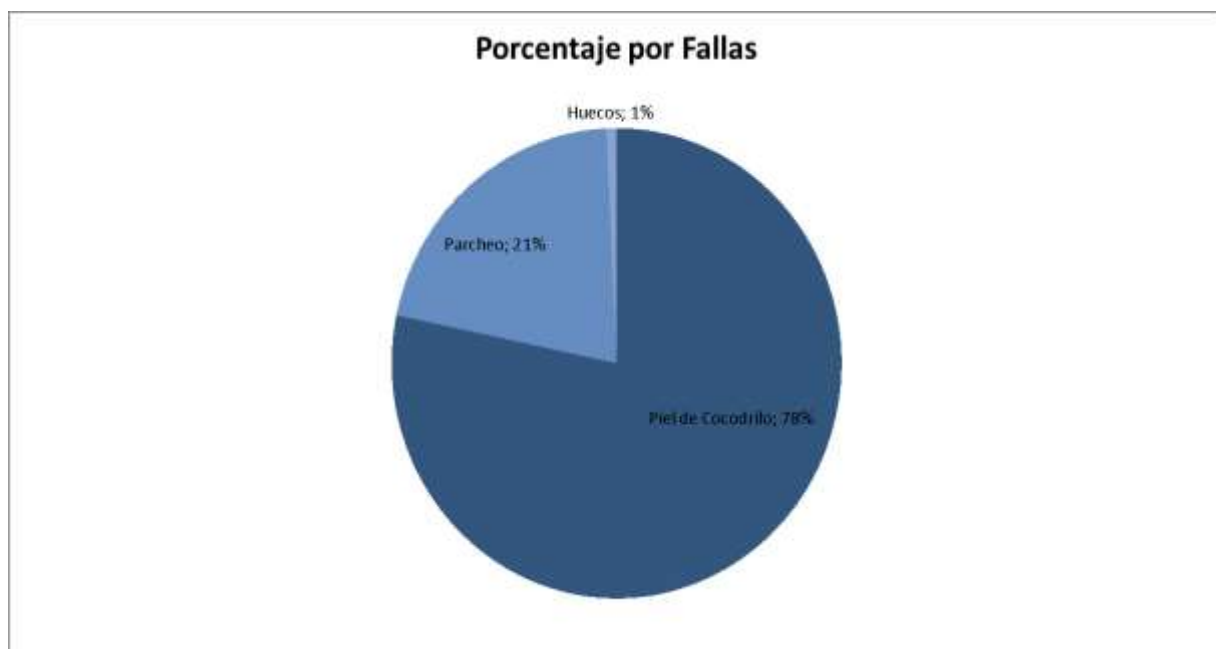
Figura 10– PCI promedio de la sección



Fuente: Propia

- En la Figura 11, se observa el porcentaje de fallas de cada una de las fallas analizadas en esta sección. Se aprecia que la falla por piel de cocodrilo es el tipo de falla más recurrente con un 78%.

Figura 11 – Porcentaje de fallas



Fuente: Propia

CAPÍTULO VI. NIVELES DE INTERVENCIÓN

Existen muchas opciones disponibles para rehabilitar una carretera, lo complicado es el determinar cuál de ellas es la mejor; sin embargo, la opción a elegir debería ser la que cumpla con las expectativas de la transitabilidad de la vía y del mismo modo tener el menor precio.

Existen distintos niveles de intervención en la conservación vial, estos se clasifican en función a la magnitud de los trabajos necesarios, desde un mantenimiento rutinario (intervención simple) hasta una intervención más complicada y por consiguiente más costosa (rehabilitación o reconstrucción).

VI.1 Mantenimiento rutinario

Las actividades, en general, consideradas como mantenimiento rutinario son las siguientes:

- Limpieza de calzada.
- Reparación localizada de pequeños defectos en la superficie de rodadura.
- Mantenimiento de los sistemas de drenaje.
- Control de la vegetación y mantenimiento de señalización.

Se ejecuta con regularidad, una o más veces al año, dependiendo de la condición del camino.

VI.2 Mantenimiento periódico

Las actividades del mantenimiento periódico se realizan cada cierto número de años y consisten en el tratamiento y renovación de la superficie, buscando restablecer características de la carpeta asfáltica. (Menéndez, 2003)

El tratamiento de superficie se orienta a restablecer algunas características de la superficie de rodadura, sin constituirse en un refuerzo estructural. Entre sus características está la de preservar en buena forma la textura de la superficie de rodadura, de manera que asegure la integridad estructural del camino por un tiempo más prolongado y evite su destrucción.

Se busca conservar la integridad estructural del pavimento y evitar su destrucción. Los trabajos de mantenimiento rutinario consisten en:

- Restablecimiento de las características funcionales de la carpeta asfáltica
- Reparación del drenaje
- Reparación de las obras de arte

VI.3 Rehabilitación

Consiste en la reparación selectiva y de refuerzo estructural, previa demolición parcial de la estructura existente. La rehabilitación se ejecuta cuando el estado del camino está muy deteriorado y podría no tener vida residual.

La rehabilitación tiene como objetivo restablecer la capacidad estructural y funcional del camino.

En la mayoría de los casos, la rehabilitación solo es necesaria cuando no ha existido una conservación vial adecuada.

Los trabajos de rehabilitación pueden agruparse de la siguiente manera:

- Restablecer la capacidad estructural y funcional del pavimento
- Mejorar el sistema de drenaje

CONCLUSIONES

- 1) A pesar de que Aldazabal Barbarian (2012), concluye que: *“El Manual del PCI, nos permite en forma más práctica y eficiente poder evaluar y determinar el grado de severidad de los diferentes tipos de fallas para implementar las acciones a ejecutar en una determinada superficie de rodadura con el fin de definir los límites de las áreas a reparar y así poder plasmar esa información en los planos de la vía, previo a la Inversión final y así garantizar la vida útil de la estructura del pavimento asfáltico y optimización de los recursos”*. En la presente tesis, se reflejó que si bien su aplicación constituye un primer paso en la evaluación del pavimento, debido a que únicamente es una inspección visual, posteriormente se deben realizar otras inspecciones tanto visuales como destructivas, con las cuales se podrá determinar con mayor exactitud el estado real del pavimento. Este método es de gran utilidad debido a su sencilla aplicación, además de proporciona una medida de la condición del pavimento en base a lo observado en la superficie del pavimento.

- 2) El PCI está diseñado para inspeccionar visualmente el estado de pavimentos asfálticos e hidráulicos. Es por ello que al momento de analizar la Av. Pedro de Osma, no pudo aplicarse el método por ser una avenida construida de pavimento mixto. Es por ello que a pesar de ser el método más eficaz y rápido en la actualidad, debe conocerse adecuadamente sus limitaciones para no caer en errores. A pesar de no haber aplicado el PCI, en base a la experiencia, se puede inferir que la sección izquierda está totalmente deterioradas y sería necesaria una reconstrucción total de la sección. Las secciones central y derecha únicamente necesitarían un mantenimiento rutinario, debido a que no presentan un porcentaje significativo de fallas estructurales. Las razones para estas inferencias pueden verse justificadas en el Anexo I.

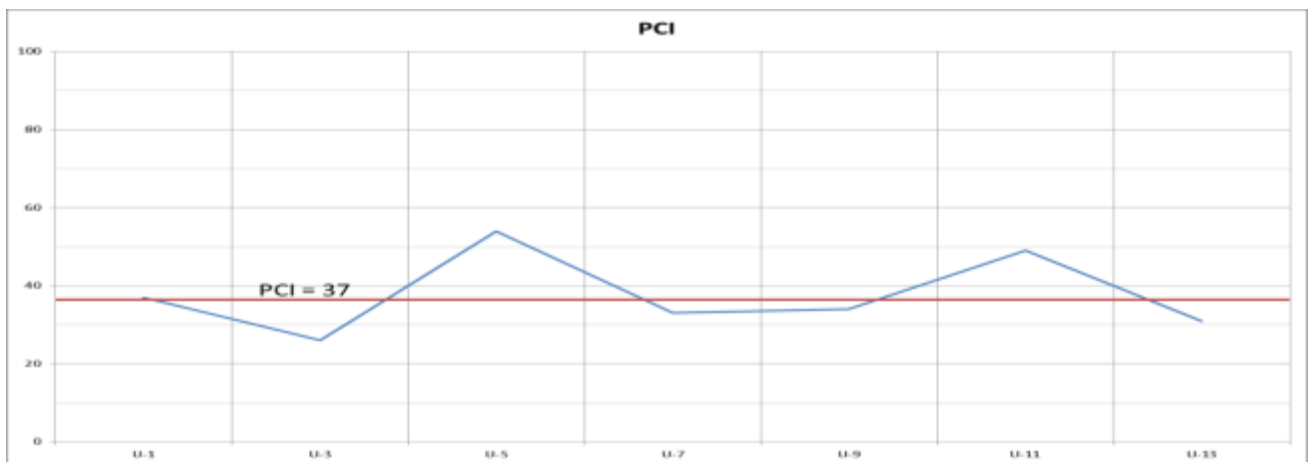
- 3) Debido a que es una inspección visual, el PCI no está diseñado para medir la capacidad estructural, ni proporcionar la medición directa de la resistencia de rodadura o rugosidad. Únicamente proporciona una objetiva y racional

base para determinar las necesidades de mantenimiento y reparación y cuáles son las prioridades.

- 4) La elección adecuada de las técnicas de mantenimiento y rehabilitación permitirán prolongar la vida útil del pavimento, lo cual representara un ahorro a futuro. Se recomienda que el desarrollo de este método, por parte de las entidades públicas y privadas, sea de manera continua, lo que permitirá el desarrollo de una mejor estrategia de mantenimiento y rehabilitación urbana.
- 5) De lo observado en la Av. Prolongación de la Castellana, se puede concluir que:

La sección se califica como un pavimento en mal estado y es probable que no tenga vida residual, La falla que mayor incidencia presentó en esta sección es la denominada piel de cocodrilo causada por fatiga. Las obras a ejecutar en esta sección son la reconstrucción total de la sección.

Figura 12 – PCI promedio de la sección



Fuente: Propia

- 6) Debido a que a la margen izquierda de la sección está situado el río Surco, y siendo este lado el que presenta mayor daño en la superficie del pavimento (se ve un área importante afectada por Piel de Cocodrilo), es probable que

las infiltraciones, causadas por el río sobre la base y subbase del pavimento, sean las causantes de estas fallas.

- 7) En aquellas unidades de muestra donde se encontraron fallas estructurales (piel de cocodrilo), el valor del PCI obtenido fue bajo, es decir, la clasificación del pavimento fue mermada por estas fallas.

- 8) En las unidades de muestra donde se encontraron fallas funcionales (parches), 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.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda que una vez ejecutada la construcción de la vía, en esta se desarrolle un mantenimiento periódico y/o de rehabilitación, con el fin de prolongar la vida del pavimento.
2. Con la monitorización continua del PCI se podría establecer la tasa de deterioro del pavimento, la cual serviría para la temprana identificación de las principales necesidades de los diferentes niveles de intervención.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Aldazabal Barbaran, K. M. (2012). *Estudio Comparativo de las Metodologías del Relevamiento Superficial de Fallas de Pavimentos Asfálticos, Aplicación: Caso Chimbote*. Lima: Universidad Ricardo Palma.
- ASTM D6433-07. (2007). *Standard Practice for Roads and Parking Lots Pavement Condition Index Surveys*. Pensilvania.
- Bermudez, V. G. (2006). *Evaluación y Comparación de Metodologías Vizir y PCI sobre el tramo de Vía en Pavimento Flexible y Rígido de la Vía: Museo Quimbaya – CRQ Armenia Quindía (PR 00+000 – PR 02+600)*. Manizales.
- Cal y Mayor Asociados S.C. (s.f.). Anexo III. En *Evaluación de Trafico y Diseño de las Adecuaciones Requeridas sobre corredores Viales en Santa Fe de Bogotá*. Bogotá.
- Consejo de Directores de Carreteras de Iberia e Iberoamérica. (2002). *Catálogo de Deterioros de Pavimentos Flexibles*. Viña del Mar.
- Gamboa Chicchón, K. P. (2009). *Cálculo del Índice de Condición Aplicado en Pavimento Flexible de la Av. Las Palmeras de Piura*. Piura: Universidad de Piura.
- Huamán Guerrero, N. (2013). *Manual de Pavimentos Flexibles*. Lima.
- Menéndez, J. R. (2003). *Mantenimiento Rutinario de Caminos con Microempresas*. Lima: OIT/Oficina Subregional de los Países Andinos.
- Salinas, C. R. (2009). *Evaluación Superficial de algunas calles de la Ciudad de Loja*. Loja.
- Suárez, J. J. (2012). *Análisis Comparativo de los Métodos para la Evaluación de Defectos de los Pavimentos y su aplicabilidad en Carreteras Colombianas*. Bucaramanga.
- Vásquez Varela, L. R. (2002). *Manual PCI*. Manizales.

ANEXO I - INSPECCIÓN VISUAL EN LA AV. PEDRO DE OSMA

SECCIÓN IZQUIERDA:

Unidad de Muestreo 1

Foto 9 – Falla Nº 2 – Falla Parcheo



Foto 10 – Falla Nº 3 – Falla Junta y Huecos



Foto 11 – Falla Nº 4 – Falla Cruce de Vía Férrea



Unidad de Muestreo 4

Foto 12 – Falla Nº 1 – Falla Piel de Cocodrilo, Cruce de Vía Férrea y agrietamiento



Foto 13 – Falla Nº 2 – Falla Agrietamiento en Bloque



Foto 14 – Falla Nº 5 – Falla Cruce de vía férrea, hueco, piel de cocodrilo



Foto 15 – Falla N° 6 – Falla Hueco y agrietamiento



Foto 16 – Falla N° 8 – Falla Abultamiento, Rotura del pavimento, cruce de vía férrea



Foto 17 – Falla Nº 9 – Falla Cruce de vía férrea, agrietamiento, hueco



Unidad de Muestreo 5

Foto 18 – Falla Nº 1 – Falla Piel de Cocodrilo, cruce de vía férrea



Foto 19 – Falla Nº 2 – Falla hueco.



Foto 20 – Falla Nº 3 – Falla Rotura del pavimento



Foto 21 – Falla Nº 4 – Falla Rotura de pavimento



Foto 22 – Falla Nº 6 – Falla Piel de Cocodrilo, Hueco, Cruce de Vía Férrea



Foto 23 – Falla Nº 7 - Falla Piel de Cocodrilo, Hueco, Cruce de Vía Férrea



Unidad de Muestreo 7

Foto 24 – Falla Nº 1 – Falla de Cruce de vía Férrea, Piel de Cocodrilo, Hueco



Foto 25 – Falla Nº 3 – Falla Rotura del Pavimento



Foto 26 – Falla Nº 6 – Falla Cruce de Vía Férrea



Foto 27 – Falla N° 7 – Falla Hueco, Cruce de Vía Férrea, Agrietamiento



Foto 28 – Falla N° 8 – Falla Cruce de Vía Férrea, Hueco, Agrietamiento



Unidad de Muestreo 9

Foto 29 – Falla Nº 1 – Falla Cruce de Vía Férrea, Agrietamiento, Piel de Cocodrilo



Foto 30 – Falla Nº 3 – Falla Cruce de Vía Férrea, Agrietamiento



Foto 31 – Falla Nº 7 – Falla Hueco, Cruce de Vía Férrea, Agrietamiento



Foto 32 – Falla Nº 8 – Falla Piel de Cocodrilo, Cruce de Vía Férrea



Unidad de Muestreo 10

Foto 33 – Falla Nº 1 – Falla Hinchamiento, Agrietamiento, Piel de Cocodrilo



Foto 34 – Falla Nº 4 - Falla Cruce de Vía Férrea, Agrietamiento, Piel de Cocodrilo



Unidad de Muestreo 12

Foto 35 – Falla Nº 1 – Falla Rotura del Pavimento



Foto 36 – Falla Nº 3 – Falla Hinchamiento, Agrietamiento



Foto 37 – Falla Nº 4 – Falla Parcheo, Hueco



Foto 38 – Falla Nº 5 – Falla Hueco



Foto 39 – Falla Nº 6 – Falla Rotura del Pavimento



Unidad de Muestreo 15

Foto 40 – Falla Nº 2 – Falla Rotura del Pavimento



Foto 41 – Falla Nº 4 – Falla Rotura del Pavimento



Foto 42 – Falla Nº 5 – Falla Rotura del Pavimento



SECCIÓN CENTRAL:

Unidad de Muestreo 1

Foto 43 – Falla N° 1 – Falla agrietamiento en bloque



Foto 44 – Falla N° 3 – Falla Parche, agrietamiento



Foto 45 – Falla N° 4 – Falla Piel de Cocodrilo



Foto 46 – Falla N° 5 – Falla Agrietamiento transversal



Unidad de Muestreo 5

Foto 47 – Falla N° 1 – Falla Hueco



Unidad de Muestreo 8

Foto 48 – Falla N° 2 – Falla Piel de Cocodrilo, Agrietamiento



Unidad de Muestreo 9

Foto 49 – Falla N° 3 – Falla Hueco, Agrietamiento



Foto 50 – Falla N° 4 – Falla Hueco



Foto 51 – Falla N° 6 – Falla Parche, Agrietamiento



Unidad de Muestreo 14

Foto 52 – Falla N° 1 - Agrietamiento



Unidad de Muestreo 17

Foto 53 – Falla Nº 1 – Falla Depresión



Foto 54 – Falla Nº 2 – Falla Parche, Agrietamiento



Foto 55 – Falla Nº 3 – Falla Agrietamiento en Bloque



Foto 56 – Falla Nº 4 – Falla Parche, Agrietamiento



Unidad de Muestreo 23

Foto 57 – Falla Nº 1 – Falla Parche, Agrietamiento



Foto 58 – Falla Nº 2 – Falla Depresión



Unidad de Muestreo 25

Foto 59 – Falla Nº 2 – Falla Agrietamiento en Bloque



Foto 60 – Falla Nº 3 – Falla Hueco



SECCIÓN DERECHA

Unidad de Muestreo 1

Foto 61 – Falla Nº 1 – Falla Hueco



Unidad de Muestreo 4

Foto 62 – Falla Nº 1 – Falla Hueco, Agrietamiento



Foto 63 – Falla Nº 2 – Falla Agrietamiento en Bloque. Hueco



Foto 64 – Falla Nº 4 – Falla Hueco, Agrietamiento



Foto 65 – Falla N° 5 – Falla Hueco



Unidad de Muestreo 5

Foto 66 – Falla N° 1 - Falla Hueco



Foto 67 – Falla Nº 2 – Falla Hueco, agrietamiento



Foto 68 – Falla Nº 4 – Falla Fisura de borde



Foto 69 – Falla Nº 5 – Falla Piel de Cocodrilo, Agrietamiento en bloque



Unidad de Muestreo 12

Foto 70 – Falla Nº 1 - Falla Huecos, agrietamiento



Foto 71 – Falla Nº 2 – Falla Huecos, agrietamiento



Foto 72 – Falla Nº 3 – Falla Agrietamiento en bloque



Foto 73 – Falla Nº 5 – Falla Grietas en bloque



Foto 74 – Falla Nº 6 – Falla Hueco, Agrietamiento.



Foto 75 – Falla N° 7 – Falla de hueco



Unidad de Muestreo 13

Foto 76 – Falla N° 2 – Falla Piel de Cocodrilo



Foto 77 – Falla Nº 4 – Falla de hundimiento



Foto 78 – Falla Nº 5 – Falla de Hueco, agrietamiento



ANEXO II - INSPECCIÓN VISUAL EN LA AV. PROLONGACIÓN DE LA CASTELLANA

SECCIÓN CENTRAL

Unidad de Muestreo 1

Foto 79 – Falla N°1 - Falla Huecos y Piel de Cocodrilo, Nivel de severidad leve (13L)



Foto 80 – Falla N°2 - Falla Huecos, Nivel de severidad leve (13L)



Foto 81 – Falla N°3 - Falla Piel de Cocodrilo, Nivel de severidad moderada (1M)



Foto 82 – Falla N°4 - Falla Piel de Cocodrilo, Nivel de severidad leve (1H)



Foto 83 – Falla N°5 - Falla Parcheo, Nivel de severidad leve (11L)



Foto 84 – Falla N°6 - Falla Piel de Cocodrilo, Nivel de severidad moderado (1M)



Foto 85 – Falla N°7 - Falla Parcheo, Nivel de severidad leve (11L)



Unidad de Muestreo 3

Foto 86 – Falla N°8 - Falla Piel de Cocodrilo, Nivel de severidad alto (1H)



Foto 87 – Falla N°9 - Falla Parcheo, Nivel de severidad leve (11L)



Unidad de Muestreo 5

Foto 88 – Falla N°10 - Falla Piel de Cocodrilo, Nivel de severidad alta (1H)



Foto 89 – Falla N°11 - Falla Huecos, Nivel de severidad moderado (13M)



Foto 90 – Falla N°13 - Falla Parcheo, Nivel de severidad moderada (11M)



Foto 91 – Falla N°14 - Falla Huecos, Nivel de severidad leve (13L)



Foto 92 – Falla N°15 - Falla Huecos, Nivel de severidad leve (13L)



Unidad de Muestreo 7

Foto 93 – Falla N°16 - Falla Piel de Cocodrilo, Nivel de severidad alta (1H)



Foto 94 – Falla N°17 - Falla Huecos, Nivel de severidad leve (13L)



Foto 95 – Falla N°18 - Falla Piel de Cocodrilo, Nivel de severidad alta (1H)



Foto 96 – Falla N°19 - Falla Agrietamiento en bloque, Nivel de severidad moderada (3M)



Unidad de Muestreo 9

Foto 97 – Falla N°20 - Falla Piel de Cocodrilo, Nivel de severidad leve (1L)



Foto 98 – Falla N°21- Falla Parcheo, Nivel de severidad leve (11L)



Foto 99 – Falla N°22 - Falla Piel de Cocodrilo, Nivel de severidad alta (1H)



Foto 100 – Falla N°23 - Falla Huecos, Nivel de severidad leve (13L)



Unidad de Muestreo 11

Foto 101 – Falla N°25 - Falla Piel de Cocodrilo, Nivel de severidad moderada (1M)



Foto 102 – Falla N°26 - Falla Parcheo, Nivel de severidad leve (11L)



Foto 103 – Falla N°27 - Falla Piel de Cocodrilo, Nivel de severidad moderada (1M)



Foto 104 – Falla N°28 - Falla Piel de Cocodrilo, Nivel de severidad moderada (1M)



Unidad de Muestreo 13

Foto 105 – Falla N°29 - Falla Piel de Cocodrilo, Nivel de severidad alta (1H)



Foto 106 – Falla N°30 - Falla Huecos, Nivel de severidad leve (13L)

