



**FACULTAD DE INGENIERÍAS Y ARQUITECTURA  
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

**TESIS**

**EVALUACIÓN DEL NIVEL DE PATOLOGÍAS DEL  
PAVIMENTO EN EL DISTRITO DE ICA DURANTE EL  
PERIODO DE MARZO A AGOSTO DEL AÑO 2016**

**PRESENTADO POR**

**CELESTINO ROBLES JOSÉ ANTONIO**

**PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL**

**ICA - PERÚ**

**2016**

**DEDICATORIA:**

Este presente trabajo está dedicado primeramente a dios por guiarme en el buen camino, a mi familia que ha estado en cada momento de mi vida, ayudándome y dándome fueras para seguir adelante.

### **AGRADECIMIENTO:**

A mi asesor de tesis Ing. Dante campos Valencia, por su generosidad al brindarme la oportunidad de recurrir a su capacidad y experiencia, en un marco de confianza y generosidad.

#### **RECONOCIMIENTO:**

A la Universidad Privada “Alas Peruanas” – Filial Ica, por ser la fuente principal y cimiento para la construcción de mi vida profesional, el cual sentó en mí, las bases de responsabilidad y deseo de superación.

## ÍNDICE

CARÁTULA .....	i
DEDICATORIA .....	ii
AGRADECIMIENTO .....	iii
RECONOCIMIENTO .....	iv
ÍNDICE .....	v
RESUMEN .....	vii
ABSTRACT .....	viii
INTRODUCCIÓN .....	ix

### CAPÍTULO I PLANTEAMIENTO METODOLÓGICO

1.1. DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA .....	1
1.2. DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN .....	2
1.2.1. DELIMITACIÓN ESPACIAL .....	2
1.2.2. DELIMITACIÓN SOCIAL .....	2
1.3. PROBLEMAS DE INVESTIGACIÓN .....	2
1.3.1. PROBLEMA PRINCIPAL .....	2
1.3.2. PROBLEMAS SECUNDARIOS.....	2
1.4. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN .....	3
1.4.1. OBJETIVO GENERAL .....	3
1.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	3
1.5. HIPÓTESIS Y VARIABLES .....	3
1.5.1. HIPÓTESIS GENERAL .....	3
1.5.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICA .....	3
1.5.3. VARIABLES (DEFINICIÓN CONCEPTUAL Y OPERACIONAL) .....	4
1.6. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN .....	5
1.6.1 TIPO Y NIVEL DE LA INVESTIGACIÓN .....	5
a) TIPO DE INVESTIGACIÓN .....	5
b) NIVEL DE INVESTIGACIÓN .....	5

1.6.2 MÉTODO Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN .....	5
a) MÉTODO DE INVESTIGACIÓN .....	5
b) DISEÑO DE INVESTIGACIÓN .....	5
1.6.3 POBLACIÓN Y MUESTRA DE LA INVESTIGACIÓN .....	6
a) POBLACIÓN	
b) MUESTRA .....	6
1.6.4 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS .....	7
1.6.5 JUSTIFICACIÓN, IMPORTANCIA Y LIMITACIONES .....	8
a) JUSTIFICACIÓN .....	8
b) IMPORTANCIA .....	8

## **CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO**

2.1 ANTECEDENTES DEL PROBLEMA .....	9
2.2 BASES TEÓRICAS .....	20
2.3 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS .....	20

## **CAPÍTULO III PRESENTACIÓN, ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS**

3.1 ANÁLISIS DE TABLAS Y GRÁFICOS .....	71
3.2 CONCLUSIONES .....	109
3.3 RECOMENDACIONES .....	110
3.4 FUENTES DE INFORMACIÓN .....	111
3.5 ANEXOS .....	114
3.5.1 MATRIZ DE CONSISTENCIA .....	115
3.5.2 ENCUESTAS – CUESTIONARIOS – ENTREVISTAS .....	116
3.5.3 PLANOS DE UBICACIÓN .....	120

## **RESUMEN**

### **EVALUACIÓN DEL NIVEL DE PATOLOGÍAS DEL PAVIMENTO EN EL DISTRITO DE ICA DURANTE EL PERIODO DE MARZO A AGOSTO DEL AÑO 2016**

Tuvo como objetivo determinar el índice de condición de pavimento asfáltico, para el distrito de Ica, a partir de la evaluación de la incidencia de las patologías del pavimento.

El diseño de la investigación fue descriptivo, analítica porque estudia los detalles de cada patología y establece las posibles causas.

No experimental porque se estudia el problema y se analiza sin recurrir a laboratorio, de corte Transversal porque se está analizando en un periodo definido de marzo a agosto del año 2016.

Para la presente Investigación el Universo está dado por la delimitación geográfica del Distrito de Ica, involucrando las avenidas principales como son la avenida Cutervo, San Martín y José Matías Manzanilla.

Se determinó el índice de condición de pavimento asfáltico, para el distrito de Ica, a partir de la evaluación de la incidencia de las patologías del pavimento flexible, la cual el promedio obtenido de las avenidas fue de 55.

#### **PALABRAS CLAVE:**

Evaluación, patologías, pavimento.

## **ABSTRACT**

### **EVALUATION OF THE LEVEL OF PATHOLOGIES OF THE PAVEMENT IN THE ICA DISTRICT DURING THE PERIOD FROM MARCH TO AUGUST OF THE YEAR 2016**

It aimed to determine the index of condition of pavement asphalt for the Ica district, from the evaluation of the incidence of diseases of pavement.

The design of the research was descriptive, analytic because it studies the details of each pathology and establish possible causes. Non-experimental because we studied the problem and discussed without resorting to lab cross cut because it is parsed in a defined period from March to August of the year 2016. For the present investigation the universe is given by the geographical delimitation of the Ica district, involving the main avenues such as the Cutervo Avenue, San Martin and José Matías Manzanilla.

Asphalt for the Ica district, from the evaluation of the incidence of diseases of concrete pavement condition index determined, obtained avenues averaged 55.

#### **KEY WORDS**

Evaluation, pathologies, pavement.



# INTRODUCCIÓN

El transporte es un elemento de gran importancia, para la economía de las zonas urbanas y rurales y la serviciabilidad de las carreteras contribuye al desarrollo socio – económico de los sectores de la población, dado la necesidad de lograr que nuestras construcciones en el Distrito de Ica se desarrollen con la calidad correspondiente, es necesario evaluar el estado de las construcciones actuales de los pavimentos, y la determinación del número de avenidas afectadas por alguna patología del asfalto, concreto y conociendo cual es la patología que tiene mayor incidencia en los pavimentos, es que podremos evaluar y proponer las recomendaciones.

El Método PCI consiste en la determinación de la condición del pavimento a través de inspecciones visuales, identificando clase, severidad y cantidad de fallas encontradas. Con la información de campo obtenida durante la auscultación vial, y siguiendo la metodología indicada en el PCI, se calcula un índice que cuantifica el estado en que se encuentra el pavimento analizado, es decir, señala si el pavimento está fallado, si es malo, muy malo, regular, si es bueno, muy bueno o excelente.

En este sentido el presente trabajo se desarrollará aplicando la metodología del PCI (Índice de Condición de Pavimento), para determinar un valor (de 0 a 100), el mismo que indicará su estado. La metodología de trabajo será del tipo evaluativo visual y a través de un formato de evaluación.

Se considera necesario realizar esta investigación, para que a partir de una evaluación a los pavimentos se proponga alternativas de solución y medidas correctivas para mejorar los pavimentos de las avenidas del cercado de Ica.

# CAPÍTULO I

## PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

### 1.1 DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA

En los últimos 17 años el Perú ha impulsado una política favorable para la Construcción de Obras Viales a lo largo y ancho del territorio, habiéndose ejecutado más de 15,000 kilómetros de carreteras con pavimentos asfálticos, según reportes del Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

Ica está ubicada en la parte central de la región, limita al norte con la Provincia de Pisco, al este con la Región Huancavelica y con la Provincia de Palpa, al sur con la Provincia de Nazca y al oeste con el océano Pacífico.

En la zona del Distrito de Ica, existen diferentes tipos de pavimentos en un 90% existente de pavimento flexible (elaborado de carpeta asfáltica) y un 10 % de pavimento rígido (elaborado de concreto), por ello el análisis de este proyecto se centra en las distintas calles de pavimento flexible, en la cual se observan en un 25% de estos antes mencionados presentan deterioro por desgaste. Motivo por el cual se origina un estruncamiento en el tránsito vial y el 30% presentan asentamientos o hundimientos notorios que perjudican al tránsito vial y el 45 % restantes presentan fallas transversales, longitudinales y diagonales que se muestran en el pavimento.

Para ello es necesario determinar las patologías en las avenidas pavimentadas de asfalto en el Distrito de Ica, las mismas que serán muestras de inspección visual, para tomar datos y determinar un Índice de Condición de Pavimento a partir de sus patologías.

## **1.2 DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN**

### **1.2.1 DELIMITACIÓN ESPACIAL**

La investigación está enmarcada en el ámbito geográfico del distrito de Ica.

### **1.2.2 DELIMITACIÓN SOCIAL**

Este trabajo se llevó a cabo durante el periodo que corresponde a los meses de marzo a agosto del año 2016.

## **1.3 PROBLEMAS DE INVESTIGACIÓN**

Por las razones expuestas anteriormente nos llevan a plantear la siguiente pregunta de investigación:

### **1.3.1 PROBLEMA PRINCIPAL:**

¿En qué medida la evaluación del nivel de las patologías del pavimento existente en el distrito de Ica, nos permitirá evaluar el estado actual del pavimento de las avenidas?

### **1.3.2 PROBLEMAS SECUNDARIOS:**

¿Cuáles son las patologías del pavimento asfáltico existentes en el distrito de Ica durante el periodo de marzo a agosto del año 2016?

¿Cuál es el nivel de las patologías del pavimento asfáltico e incidencias de las patologías en las avenidas, del distrito de Ica durante el periodo de marzo a agosto del año 2016?

¿Cuáles son las correctivas y las previsiones para la seguridad de las estructuras del pavimento asfáltico en el distrito de Ica durante el periodo de marzo a agosto del año 2016?

## **1.4 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN**

### **1.4.1 OBJETIVO GENERAL:**

Determinar el índice de condición de pavimento asfáltico, para el distrito de Ica, a partir de la evaluación de la incidencia de las patologías del asfalto.

### **1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:**

Determinar las patologías del pavimento asfáltico existentes en el distrito de Ica durante el periodo de marzo a agosto del año 2016.

Calcular el nivel de las patologías del pavimento asfáltico e incidencias de las patologías en las avenidas del distrito de Ica durante el periodo de marzo a agosto del año 2016.

Establecer las correctivas y las previsiones para la seguridad de las estructuras, del pavimento asfáltico en el distrito de Ica durante el periodo de marzo a agosto del año 2016.

## **1.5 HIPÓTESIS Y VARIABLES**

### **1.5.1 HIPÓTESIS GENERAL**

Existe un alto índice de las patologías en el pavimento asfáltico en el distrito de Ica.

### **1.5.2 HIPÓTESIS ESPECÍFICAS**

Existen diversas patologías del pavimento asfáltico en el distrito de Ica durante el periodo de marzo a agosto del año 2016.

Existe un significativo nivel de incidencias patológicas en las avenidas del distrito de Ica durante el periodo de marzo a agosto del año 2016.

Si se tiene previsiones y medidas correctivas tendremos mayor seguridad de las estructuras del pavimento asfáltico en el distrito de Ica.

### 1.5.3 VARIABLES

#### 1.5.3.1 Operacionalización variable independiente (X)

VARIABLE	DEFINICIÓN		DEFINICIÓN OPERACIONAL	INDICADORES
	CONCEPTUAL	DIMENSIONES		
<b>Patologías de los pavimentos</b>	Es la determinación o establecimiento de la patología del pavimento que tienen las avenidas principales del Distrito de Ica	Patologías que se presentan en las avenidas principales como son: Agrietamiento Perdida de agregados Desprendimientos Baches hundimientos	Variabilidad en:  Dimensiones y  Tipo de patologías de las avenidas principales	Tipo de presencia de las patologías en forma:  Vertical, Horizontal, Oblicuo  Grado de presencia de las patologías en magnitud: Pequeña, Mediana o Grande

## **1.6 METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

### **1.6.1 TIPO Y NIVEL DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **a) Tipo de Investigación**

En general el estudio realizado es del tipo descriptivo, no experimental y de corte transversal.

#### **b) Nivel de Investigación**

Corresponde a un nivel II de acuerdo a la profundidad de la investigación pertenece al nivel descriptivo.

### **1.6.2 MÉTODO Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN:**

#### **a) MÉTODO DE INVESTIGACIÓN**

Los métodos empleados fueron los métodos inductivos, deductivo y analítico.

#### **b) DISEÑO DE INVESTIGACIÓN**

Es descriptivo porque describe la realidad, sin alteración.

Analítica porque estudia los detalles de cada patología y establece las posibles causas.

Es No experimental porque se estudia el problema y se analiza sin recurrir a laboratorio.

Es de corte Transversal porque se está analizando en un periodo definido de marzo a agosto del año 2016.

Se efectuará siguiendo el método del muestreo, en la que se determina la calidad y condición de la patología en las estructuras del pavimento asfáltico.

Para muestrear las avenidas Cutervo, San Martín y Av. José Matias Manzanilla en la ciudad de Ica se seleccionó las calles utilizando el método de muestreo estratificado formando estratos mayores y menores y el muestreo aleatorio simple para analizar en cada avenida.

El diseño se diagrama de la siguiente manera:

<b>M</b>	<b>O</b>	<b>A</b>	<b>E</b>
Muestra	Observación	Análisis	Evaluación

### 1.6.3 POBLACIÓN Y MUESTRA DE LA INVESTIGACIÓN

Según Hernández, Fernández y Baptista (2006: 235), *“la población es el conjunto de todos los casos que concuerdan con una serie de especificaciones (...) Las poblaciones deben situarse claramente en torno a sus características de contenido, de lugar y en el tiempo”*.

#### a) POBLACIÓN

Para la presente Investigación el Universo, está dado por la delimitación geográfica del Distrito de Ica, involucrando las avenidas principales como son la avenida Cutervo, San Martín y José Matías Manzanilla.

#### b) MUESTRA

Se seleccionarán las diferentes avenidas del cercado de Ica, debiendo cumplir con las siguientes cualidades.

Similitud con el universo

Participación de las avenidas principales.

#### MUESTREO

Se seleccionarán de tal manera que todas las manzanas de las calles y/o avenidas perimetrales del cercado de Ica, estén representadas, y para ello se tendrá el ordenamiento de la información en estratos de primer orden y de segundo orden y también el muestreo completamente al azar en cada estrato definido.

Muestreo (M) : Pavimento Flexible

Unidad de Muestra : 37.50 ml

Ancho de Pista : 6.10 ml

#### 1.6.4 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

En la ejecución del trabajo de Investigación se aplicaron las siguientes técnicas:

Se utilizó la evaluación visual y toma de datos a través de fichas técnicas como instrumento de recolección de datos en la muestra según el muestreo establecido.

La evaluación de la condición incluirá los siguientes aspectos equipos:

- 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.

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.

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

Luego se aplicó la norma **ASTM D6433-03** para hallar el índice de condición del pavimento y el valor reducido, para ello se deberá realizar una combinación particular de tipos de fallas y grados de severidad, sumar el número de losas en las cual se presentan.

Dividir el número de losas entre, el número total de losas en la unidad de muestra y luego multiplicarlo por 100 para obtener el porcentaje de la densidad de cada combinación de falla y grado de severidad.



### **1.6.5 JUSTIFICACIÓN, IMPORTANCIA Y LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN**

Nuestra investigación adquiere relevancia en las siguientes justificaciones:

#### **a) JUSTIFICACIÓN:**

La presente investigación se justifica en la necesidad de conocer las patologías que tienen las estructuras del pavimento asfáltico en el distrito de Ica, en función a las deficiencias de los pavimentos.

Nos permite determinar el tipo de patologías del pavimento flexible que existen en las diferentes avenidas del distrito de Ica.

#### **b) IMPORTANCIA**

Es importante porque nos permitirá conocer, el grado de afectación que cada combinación de clase de daño, nivel de severidad y densidad tiene sobre la condición del pavimento, permitirá la toma de decisiones en su rehabilitación o reconstrucción por parte de la Municipalidad Distrital de Ica.

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1 ANTECEDENTES DEL PROBLEMA

Para el desarrollo de la presente investigación, se buscaron antecedentes investigativos internacionales y nacionales. De ellas por relacionarse con el tema, o con una de las variables de estudio se ha considerado exponer los siguientes:

**ARAKAKI & HARUMI (2015). DISEÑO DE LOS PAVIMENTOS DE LA NUEVA CARRETERA PANAAMERICANA NORTE EN EL TRAMO DE HUACHO A PATIVILCA (KM. 188 A 189). Pontificia Universidad Católica del Perú.**

La nueva carretera Panamericana Norte se encuentra al norte de Lima. Actualmente el tramo de Ancón – Huacho – Pativilca se encuentra en concesión a Norvial S.A. En esta tesis se realiza el diseño del pavimento de un kilómetro de esta carretera en el tramo de Huacho a Pativilca. Específicamente, según el temario del tema de tesis el kilómetro designado por el asesor fue del 188 al 189. La carretera Huacho – Pativilca tiene 57 kilómetros de longitud y conecta las ciudades de Huacho, Huaura, Medio Mundo, Supe, Barranca y Pativilca. En general, la Panamericana Norte es una carretera interprovincial que conecta todos los departamentos de la Costa. El tramo de estudio de esta tesis une a las provincias de Barranca y Huaura. Cabe resaltar que entre las particularidades de la zona se incluye el tránsito de gran porcentaje de vehículos pesados. Además presenta un clima templado y con pocas precipitaciones. Se procede con el diseño del pavimento tanto flexible como rígido. Para el tipo flexible se utiliza la metodología de la American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO) y la del Instituto del Asfalto (IA), mientras que para el rígido se utiliza también la de la AASHTO y la de la Portland Cement Association (PCA). Por último, una vez obtenidos los diseños definitivos para los dos tipos de pavimento se procede a una comparación económica del costo inicial de construcción de esta estructura.

**CAMPOSANO & GARCÍA (2012). DIAGNOSTICO DEL ESTADO SITUACIONAL DE LA VIA: AV. ARGENTINA – AV. 24 DE JUNIO POR EL MÉTODO DE CONDICIÓN DE PAVIMENTO – 2012. Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Civil en la Universidad Peruana de los Andes.**

El diseño y el mantenimiento de las estructuras de pavimentos flexibles es un tema de estudio e investigación, como consecuencia de los diversos resultados obtenidos en la construcción y, particularmente, en la recuperación de la estructura de las vías vehiculares pavimentadas.

Este trabajo de investigación, realiza un diagnostico visual para el tramo de la vía existente Av. 24 de Junio y Av. Argentina, haciendo uso del método PCI, según el criterio y parámetros de la Norma ASTM 6433 -03 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.

El trabajo se realizó con mucho entusiasmo y dedicación, esperamos que sirva como material de consulta a estudiantes de pregrado o posgrado, esto con el fin de confrontar y comparar los conceptos técnicos, académicos y parámetros empleados para los diferentes tipos de diseño, determinando las diferencias en que ellos se derivan y que al ser aplicados puedan o no desarrollar resultados objetables e inadecuados con respecto a los comportamientos de la situación real de la estructura.

**APOLINARIO (2012). INNOVACIÓN DEL MÉTODO VIZIR EN ESTRATEGIAS DE CONSERVACIÓN Y MANTENIMIENTO DE ARRETERAS CON BAJO VOLUMEN DE TRÁNSITO. Tesis para optar el grado de maestro en Ciencias con mención en Ingeniería de transporte de la universidad nacional de Ingeniería.**

El trabajo desarrollado, presenta una propuesta para la evaluación de la condición superficial de pavimentos, en carreteras de bajo volumen de tránsito, basado en una modificación del método VIZIR que no es muy difundido en nuestro medio, como ocurre en otros países de Europa, África, América Central y del Sur, donde sirvió de base para el establecimiento de normas nacionales.

Se presenta una alternativa, para la evaluación de la condición superficial de pavimentos en carreteras de bajo volumen de tránsito, denominado ESBVT, en donde no se excluye ningún tipo de manifestación de deterioro del pavimento, considerando que son indicadores que presenta el pavimento y que deben usarse para tomar decisiones.

El Ministerio de Transportes y Comunicaciones, como parte de su política de mantenimiento y conservación de la Red Vial Nacional, ejecuta trabajos de mejoramiento de las carreteras de bajo volumen de tránsito, en la cual sólo realiza el mejoramiento de la superficie de rodadura sin modificar la geometría vial, como es el caso de la carretera Cañete – Chupaca, que presenta un diseño geométrico que se ajusta a las condiciones geográficas del terreno.

Tomando como referencia esta carretera, donde las obras de estabilización de taludes inestables se hallan postergadas en el tiempo, hasta que se incremente el volumen de tránsito, razón por la cual en el método propuesto se incluye realizar una corrección por fragilidad del pavimento básico, considerando que el deterioro del pavimento está expuesto a factores influyentes, como la topografía, configuración de la sección de la vía, estabilidad de taludes, precipitación pluvial y clima.

Además se presenta un catálogo, para la evaluación de pavimentos básicos en carreteras de bajo volumen de tránsito, usando fotos que manifiestan los diversos tipos de deterioros que caracterizan a este tipo de pavimento y permitirá formular estrategias de intervención objetivas y técnicamente sustentadas.

En las carreteras de bajo volumen de tránsito BVT, se carecen de métodos adecuados que permita orientar la evaluación y determinar las necesidades de mantenimiento y reparación en función de la condición del pavimento básico. Los métodos foráneos existentes deben ser innovados para su empleo e implementación de políticas de trabajo, en base a estudios de investigación que contribuyan al mantenimiento y uso de los recursos adecuadamente.

**HUAMAN (2011). LA DEFORMACIÓN PERMANENTE EN LAS MEZCLAS ASFÁLTICAS Y EL CONSECUENTE DETERIORO DE LOS PAVIMENTOS ASFÁLTICOS EN EL PERÚ. Tesis para optar el grado de maestro en Ciencias con mención en Ingeniería de transporte de la universidad nacional de Ingeniería.**

La dinámica se manifiesta en obras importantes, como las carreteras interoceánicas que atraviesan transversalmente el territorio peruano por el norte, centro y sur. La Interoceánica Sur, parte de límites con Brasil terminando en puertos marítimos del Océano Pacífico; interconectando de esta manera pueblos del Perú y permitiendo que Brasil tenga salida al mar hacia los mercados orientales.

Ante esta realidad existe la imperiosa necesidad de mejorar la tecnología, de los pavimentos asfálticos en el Perú, a fin que estos logren alcanzar la vida útil para la que fueron diseñados. El presente trabajo de investigación bibliográfica se refiere a la deformación permanente que es una de las fallas del deterioro prematuro; es necesario conocer a mayor profundidad a fin de tomar las previsiones del caso desde la elaboración de los proyectos y la posterior ejecución de las obras.

El estudio presenta el concepto de la deformación permanente y las diferentes formas que se presenta en las capas del pavimento e inclusive a nivel de subrasante, originando tanto fallas funcionales como estructurales; profundizando además sobre el conocimiento del cemento asfáltico y básicamente sobre su comportamiento reológico que nos permita utilizarlo mejor como parte constituyente de las mezclas asfálticas. Asimismo se considera la necesidad de la elección y buen manejo de los agregados en cuanto a su gradación, forma, resistencia, etc., ya que influyen en forma determinante para la deformación permanente.

Finalmente, se determina la necesidad que en el Perú se cuente con equipos de laboratorio y de campo que permitan realizar ensayos para manejar mejor la deformación permanente. Se presentan los ensayos y equipos especializados que se utilizan en otros países en la espera de contar con alguno de ellos en el Perú; concluyéndose sobre la necesidad de efectuar estudios más profundos para el uso de los cementos asfálticos en acuerdo a la geografía y climas de las regiones del Perú; asimismo respecto a los parámetros volumétricos en el diseño de la mezcla asfáltica y la utilización de los agregados, destacándose además la importancia de los procesos constructivos que eviten fallas por deformación permanente.

**LEDESMA (2010): “MEJORAMIENTO DE LA TROCHA CARROZABLE MOLINO QUIAN CULEBRAS DISTRITO DE CULEBRAS – HUARMEY – ANCASH”**

Estudio definitivo para el mantenimiento periódico de la carretera panamericana sur tramo puente Santa Rosa – puente Montalvo.

Este documento contiene el método utilizado para la evaluación del deterioro del pavimento, y los resultados del mismo realizado al pavimento de la Carretera Panamericana Sur, entre los Km. 1041+600 (Puente Santa Rosa) y el Km. 1139+795 (Puente Montalvo), como parte de la contraprestación de los servicios para los Estudios de Mantenimiento Periódico del pavimento, a cargo del Consorcio Montalvo.

Los trabajos se han realizado de acuerdo a los Términos de Referencia del estudio y forman parte del capítulo de Inspección y Evaluación de la Zona del Proyecto. Este método permite la determinación de la condición del pavimento a través de una evaluación visual, usando el índice de condición del pavimento (PCI) que es un índice numérico de la condición del pavimento cuyos rangos varían desde 0 hasta 100 siendo esta última la mejor condición posible.

La metodología PCI está descrita en la norma ASTM 5340, la cual nos da los lineamientos para determinar el índice de condición del pavimento, que ayuda a calcular un índice de deterioración y se utiliza a menudo para proyectar la condición futura.

**GUEVARA (2003). EVALUACIÓN TÉCNICA DE PAVIMENTOS DE CONCRETO ASFÁLTICO E HIDRÁULICO EN LA CARRETERA SANTA RITA – IZAPA. Universidad nacional de Ingeniería – Nicaragua.**

La presente tesis contiene en su primera parte una valoración del estado actual de la carretera, la que presenta grandes baches y en otras la desaparición de algunos tramos del rodamiento asfáltico, así mismo se describe los procedimientos que se utilizaron para el cálculo de los ejes equivalentes. seguidamente se describe los procedimientos utilizados y los resultados obtenidos en el diseño de tres alternativas de estructura de pavimento flexibles, estas son:

Mezcla asfáltica en caliente, base triturada y material existente como sub base.

Mezcla asfáltica en caliente, base estabilizada con cemento y material existente como subbase.

Mezcla asfáltica caliente, base asfáltica y material existente como subbase. Presenta también el Diseño de una alternativa de concreto hidráulico utilizando concreto de alta resistencia y el material existente como subbase, no se estudiaron otras alternativas ya que sus altos costos no admiten comparación con los pavimentos flexibles.

Se calcularon y se tomó como base los costos unitarios de un kilómetro de vía para las variantes resultantes del estudio, tanto para concreto asfáltico como

para concreto hidráulico, resultando que los pavimentos flexibles tienen menores costo de construcción.

Se concluye que las alternativas de concreto asfáltico son más idóneas de aplicar, dado su menor costo y su buen comportamiento ante las exigencias del tráfico automotor. El concreto hidráulico tiene costos mayores, durabilidad excelente y requiere poco mantenimiento.

**RODRIGUEZ (2004). EVALUACIÓN Y REHABILITACIÓN DE PAVIMENTOS FLEXIBLES POR EL MÉTODO DE RECICLAJE, Tesis para optar el título de ingeniero civil de la universidad de El Salvador.**

Tuvo como objetivo la elaboración de un documento, en el cuál se den a conocer todos aquellos aspectos más importantes de la técnica, de reciclado de pavimentos flexibles sea este en frío o en caliente.

Se recopilará información bibliográfica referente a la rehabilitación de pavimentos asfálticos por la técnica del reciclaje en frío y en caliente, además maquinaria comúnmente utilizada en dicho proceso. Así mismo se seguirán de cerca proyectos que se estén ejecutando o ya hayan sido ejecutados para sacar de ellos la información necesaria, como los estudios previos, resultados de ensayos y/o especificaciones que puedan enriquecer el contenido del desarrollo de este documento. Los aspectos que se pretenden estudiar, están enfocados a cómo obtener los resultados más óptimos de una carretera reciclada, dando a conocer los aspectos que se deben tener en cuenta en los estudios previos, el diseño, y la ejecución de un proyecto, teniendo como base las especificaciones técnicas, como las de la Secretaría de Integración Económica Centroamericana (SIECA) y las especificaciones Normales para la Construcción de Caminos y Puentes en Proyectos de Carreteras Federales de 1996 (FP'96, siglas en inglés), para llevar a cabo la rehabilitación de un pavimento asfáltico utilizando la técnica del reciclaje in situ.



**ESTUDIOS DEFINITIVOS DE INGENIERIA PARA LA EVALUACIÓN DE PAVIMENTOS ECONOMICOS DE CARRETERAS DE BAJO TRAFICO DE LA RED VIAL NACIONAL – PROYECTO PILOTO CARRETERA PATAHUASI – YAURI – SICUANI. TRAMO: YAURI – SAN GENARO L = 11.36 KM (11)**

PROVIAS NACIONAL en el Plan Anual de Adquisiciones para el años 2005, considero efectuar diversos Estudios Definitivos de Ingeniería para la Evaluación de Pavimentos Económicos de Carreteras de Bajo Tráfico de la Red Vial Nacional -proyecto Piloto Carretera Patahuasi Yauri –Sicuaní, ramo Yauri –San Genaro L=11.36 Km.

PROVIAS NACIONAL encargado por el MTC de la Administración y Gerenciamiento de la Red Vial Nacional (RVN), miembro de la Comisión Técnica antes mencionada busca la promoción del uso de diversos materiales y tecnologías que contribuyan al mejoramiento de las condiciones estructurales de los suelos de la red vial, principal factor a trabajar para garantizar transitabilidad

Con la finalidad de profundizar la investigación, en la aplicabilidad de estabilizadores de suelos se formo una Comisión Técnica en enero del 2003 (RM N° 062-2003 MTC/02) y posteriormente aprobó la Directiva N° 05-203-MTC/14 (04-06-2003) que señala aspectos básicos a ser empleados para la aplicabilidad de los estabilizadores por parte de los Proyectos Especiales del MTC.

**MANTENIMIENTO DE LA CARRETERA PANAMERICANA NORTE, CARRETERA 1N, TRAMO ANCON – HUACHO – PATIVILCA.**

El mantenimiento vial de la Panamericana Norte, carretera 1N, está a cargo de la Empresa Norvial S.A. y se encuentra enmarcada en el rubro de concesiones viales, cuya responsabilidad es administrar, operar, construir y dar el mantenimiento a la infraestructura vial en la ruta Ancón – Huacho – Pativilca de la Carretera Panamericana Norte. La Concesionaria NORVIAL fue constituida en Octubre del 2002 por Graña y Montero SAA y JJC Contratistas Generales S.A.

Los trabajos se han realizado de acuerdo, a los términos de referencia del estudio y forma parte del capítulo de Inspección y Evaluación de la Zona de Proyecto.

### **THENOUX & GAETE (s/f). EVALUACIÓN TÉCNICA DEL PAVIMENTO Y COMPARACIÓN DE MÉTODOS DE DISEÑO DE CAPAS DE REFUERZO ASFÁLTICO.**

Una administración eficiente de una red de caminos requiere entre otros aspectos, de la aplicación de acciones de conservación oportunas y eficaces que permitan por una parte mantener el patrimonio vial invertido impidiendo un deterioro no controlado del pavimento, y por otra parte, reducir los costos de operación a los usuarios de estas vías. Toda obra de conservación, especialmente cuando se trata de rehabilitaciones mayores, produce importantes inconvenientes operacionales y de seguridad a los usuarios así como impactos negativos al comercio, servicios, etc.

El problema expuesto, plantea la inquietud de estudiar alternativas de conservación que permitan mantener los pavimentos en un adecuado nivel de servicio al usuario, y por otra reducir a un mínimo los impactos que se producen durante la materialización de estas acciones. Una de las soluciones tradicionales en la rehabilitación de pavimentos está la demolición de la estructura antigua y el reemplazo de esta por una nueva. Alternativamente y más conveniente en muchos casos, están las opciones de diseñar un recapado asfáltico sobre la estructura existente o la reposición parcial o completa de la primera capa estructural a través del frezado. Estas últimas opciones representan grandes ventajas al permitir rehabilitar un pavimento aumentando su capacidad estructural y al mismo tiempo causando un impacto menor en el ambiente y los usuarios al compararlo con una reconstrucción.

El estudio de un proyecto de reconstrucción no presenta la misma problemática que la de un proyecto nuevo ya que no solo se requiere estudiar en detalle la capacidad de soporte del suelo de fundación sino que además se debe analizar

las condiciones estructurales en que se encuentra el pavimento antiguo existente.

La confiabilidad del diseño de las capas de refuerzo o recapado estructural estará entonces directamente relacionada con el diagnóstico previo de la capacidad estructural presente del pavimento existente y la estimación de su vida remanente.

### **EVALUACIÓN DE LA AV. JOSÉ MATÍAS MANZANILLA, PROVINCIA DE ICA, DEPARTAMENTO DE ICA.**

El Ing. Gustavo Ponce Farfán, gerente de Desarrollo Urbano de la Municipalidad Provincial de Ica, supervisó hoy, los trabajos de compactación y pruebas de densidad en las zonas laterales de la Av. José Matías Manzanilla, sectores que fueron afectados por la obra de “Mejoramiento de los Servicios de Agua Potable y Alcantarillado en la Urb. San Miguel”; por lo que anunció que la empresa contratista procederá a realizar el asfaltado en caliente, al haber superado el 100% de compactación.

Cabe señalar que ésta obra se inició en la gestión municipal anterior, en el mes de noviembre de 2014; y la actual administración edil ha tenido que corregir el expediente técnico, que resultó deficiente, por no considerar una serie de partidas.

A la fecha, la Municipalidad Provincial de Ica, está acelerando los trabajos, exigiendo a la empresa contratista **ELITE INGENIEROS**, que la compactación sea la óptima, debido al alto tránsito en la zona, por lo que se han efectuado los ensayos de densidad de campo, para determinar el porcentaje de compactación para mejorar la resistencia del suelo. Dicha empresa viene laborando en doble turno, a solicitud del señor alcalde provincial Lic. Carlos Ramos Loayza, ante la preocupación de las autoridades y de la población iqueña.

El objetivo es mejorar la estabilidad y la capacidad de carga del pavimento en la Av. J. M. Manzanilla, antes del inicio de la Procesión del Señor de Luren de Ica, por lo que se necesita una vía que ofrezca seguridad a los miles de fieles devotos del Perú y del extranjero.



## 2.2. BASES TEÓRICAS

### 2.2.1 Definición de Pavimento

Es una estructura que se encuentra constituida por un conjunto de capas superpuestas, relativamente horizontales, que se diseñan y se construyen técnicamente con materiales apropiados y adecuadamente compactados. Estas estructuras estratificadas se apoyan sobre la sub rasante de la vía obtenida por el movimiento de tierras en el proceso de exploración y que han de restringir adecuadamente los esfuerzos que las cargas repetidas del tránsito le transmiten durante el periodo para el cual fue diseñada la estructura del pavimento.

### 2.2.2. Clasificación de pavimentos

a) **Pavimentos flexibles:** es el pavimento que tienen en su parte superior una carpeta bituminosa, apoyada sobre dos capas granulares, denominadas base y sub base. En la siguiente figura se presenta un corte de la sección típica de un pavimento flexible.

b) **Pavimentos semirrígido:** contiene la misma estructura de un pavimento flexible, con la variación que una de sus capas se encuentra rigidizada artificialmente con algún aditivo que puede ser: asfalto, cal, cemento, emulsión o químicos; los cuales permitan incrementar la capacidad portante del suelo.

c) **Pavimentos rígidos:** son pavimentos en los cuales su capa superior está compuesta por una losa de cemento hidráulico, la cual se encuentra apoyada sobre una capa de material denominada base o sobre la sub rasante. En este tipo de pavimentos se pueden distinguir algunos tipos que son: hormigón simple con juntas con o sin barras de transferencia de carga, hormigón reforzado con juntas y barras de traspaso de cargas y hormigón continuamente reforzado.

**d) Pavimentos articulados:** son pavimentos cuyas capas de rodadura se encuentran conformadas por bloques de concreto prefabricados, que se denominan adoquines, son iguales entre si y de un espesor uniforme; y que se colocan sobre una capa delgada de arena, la cual se encuentra sobre una capa granular o la sub rasante.

### **2.2.3. Serviciabilidad de pavimentos**

La serviciabilidad de los pavimentos, es la percepción que tienen los usuarios del nivel de servicio del pavimento. Es por ello que la opinión de ellos es la que debe ser medida para calificar la serviciabilidad.

La medición de la serviciabilidad de los pavimentos, también puede ser considerada como una evaluación de la superficie, pero hay que tener presente que esta no es una evaluación completa.

La serviciabilidad de los pavimentos ha sido representada en un índice, derivado de los resultados de la prueba AASHO, en la cual se realiza la evaluación mediante una escala que varía de 0 a 5, siendo 5 el valor para pavimentos con una superficie perfecta y 0 para un pavimento con una superficie en malas condiciones.

**Tabla N° 01: Norma AASHO**

CALIFICACIÓN		DESCRIPCIÓN
NUMÉRICA	VERBAL	
5.0 – 4.0	Muy buena	Solo los pavimentos nuevos (o casi nuevos) son los suficientemente suaves y sin deterioro para calificar en sus categoría. La mayor parte de los pavimentos construidos o recarpeteados durante el año de inspección normalmente se clasifican como muy buenos.
4.0 – 3.0	Buena	Los pavimentos de esta categoría, si bien no son tan suaves como los "Muy Buenos", entregan un manejo de primera clase y muestran muy poco o ningún signo de deterioro superficial. Los pavimentos flexibles pueden estar comenzando a mostrar signos de ahuellamiento y fisuración aleatoria. Los pavimentos rígidos pueden estar empezando a mostrar evidencias de un nivel de deterioro superficial, como desconches y fisuras menores.
3.0 – 2.0	Regular	En esta categoría la calidad de manejo es notablemente inferior a la de los pavimentos nuevos y puede presentar problemas para altas velocidades de tránsito. Los defectos superficiales en los pavimentos flexibles pueden incluir ahuellamientos, parches y agrietamiento. Los pavimentos rígidos en este grupo pueden presentar fallas en las juntas, agrietamientos, escalonamiento y pumping.
2.0 – 1.0	Mala	Los pavimentos en esta categoría se han deteriorado hasta un punto donde puedan afectar la velocidad del tránsito de flujo libre. Los pavimentos flexibles pueden tener grandes baches y grietas profundas; el deterioro incluye pérdida de áridos, agrietamiento y ahuellamientos; y ocurre en un 50% o más de la superficie. El deterioro en pavimentos rígidos incluye desconche de juntas escalonamiento, parches, agrietamiento y bombeo.
1.0 – 0.0	Muy mala	Los pavimentos en esta categoría se encuentran en una situación de extremo deterioro. Los caminos se pueden pasar a velocidades reducidas y con considerables problemas de manejo. Existen grandes baches y grietas profundas. El deterioro ocurre en un 75 % o más de la superficie.

#### 2.2.4 Evaluación de pavimentos

Los pavimentos son estructuras diseñadas para entregar al usuario seguridad y comodidad al transitar, esto significa que la plataforma debe entregar un nivel de servicio acorde a la demanda solicitada.

La evaluación de pavimentos consiste en un informe, en el cual se presenta el estado en el que se halla la superficie del mismo, de esta manera poder adoptar las medidas adecuadas de reparación y mantenimiento, con las cuales se pretende prolongar la vida útil de los pavimentos, es así, que es de suma importancia elegir y realizar una evaluación que sea objetiva y acorde al medio en que se encuentre.

### **Importancia de evaluación de pavimentos**

La evaluación de pavimentos 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.

### **Objetividad en la evaluación de pavimentos**

La objetividad en la evaluación de pavimentos juega un papel primordial, pues se necesita personas verdaderamente capacitadas para que realicen las evaluaciones, de no ser así, dichas pruebas pueden perder credibilidad con el tiempo y no podrán ser comparadas, además, es importante que se escoja un modelo de evaluación que se encuentre estandarizado para poder decir que se ha realizado una evaluación verdaderamente objetiva.

No siempre se pueden obtener mediciones o índices que cumplan con la condición para comparar dos proyectos debido al sesgo intrínseco de la toma de decisiones, produciéndose una desviación entre la realidad y lo expresado por las muestras. La desviación que ocurre puede deberse a dos causas principales.

- a) Variabilidad de las unidades, debido a que las unidades son la base para los análisis que se realizarán.
- b) Diversidad de la respuesta dentro de cada unidad, esto porque se relaciona a la fiabilidad de la eventual rehabilitación.



## **Curva de comportamiento de los pavimentos**

La curva de comportamiento de los pavimentos es la representación histórica de la calidad del pavimento.

Para analizar el comportamiento funcional del pavimento se necesita información de calidad de rodadura durante el periodo de estudio y de los datos históricos del tránsito que se han solicitado al pavimento durante ese periodo.

Con la ayuda del índice de serviciabilidad o el índice de condición de un pavimento versus el tiempo o el número de ejes equivalentes, se puede graficar la degradación del pavimento, consiguiendo de esta manera visualizar el tiempo en el que un pavimento necesitara una rehabilitación, consiguiendo con esto incrementar la vida útil del pavimento.

## **Tipos de fallas en los pavimentos**

Las fallas en los pavimentos pueden ser divididas en dos grandes grupos que son fallas de superficie y fallas en la estructura.

### **● Fallas de superficie**

Son las fallas en la superficie de rodamiento, debidos a las fallas en la capa de rodadura y que no guardan relación con la estructura de la calzada.

La corrección de estas fallas se efectúa con solo regularizar su superficie y conferirle la necesaria impermeabilidad y rugosidad.

### **● Fallas estructurales**

Comprende los defectos de la superficie de rodamiento, cuyo origen es una falla en la estructura del pavimento, es decir, de una o mas capas constitutivas que deben resistir el complejo juego de solicitaciones que imponen el tránsito y el conjunto de factores climáticos.

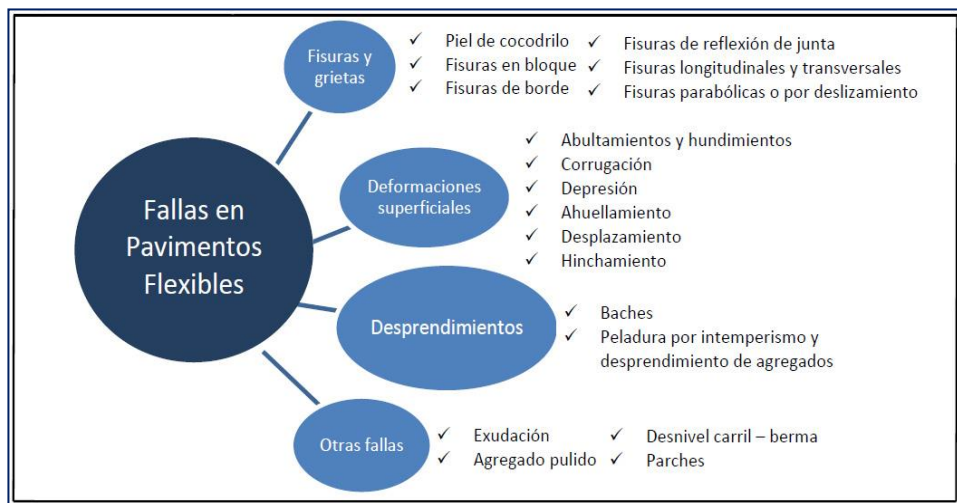
Para corregir este tipo de fallas es necesario un refuerzo sobre el pavimento existente para que el paquete estructural responda a las exigencias del tránsito presente y futuro estimado.

## Fallas en pavimentos urbanos flexibles

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 transitabilidad, es decir, la calidad aceptable de la superficie de rodadura, la estética de la pista y la seguridad que brinda al usuario.

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. **Ver. Figura 1.0**



**Figura 1.0 Fallas en Pavimentos Flexibles**

### Resumen de fallas en pavimentos flexibles

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.

#### a) Piel de cocodrilo

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.

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.



**Falla tipo piel de cocodrilo, fisuras que se interconectan formados polígonos irregulares.**

**b) 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).

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.



**La exudación se evidencia a través de una película de asfalto.**

### c) 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 sollicitaciones externas de carga vehicular.



**Fisuras interconectadas que forman bloques**

### d) 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.

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

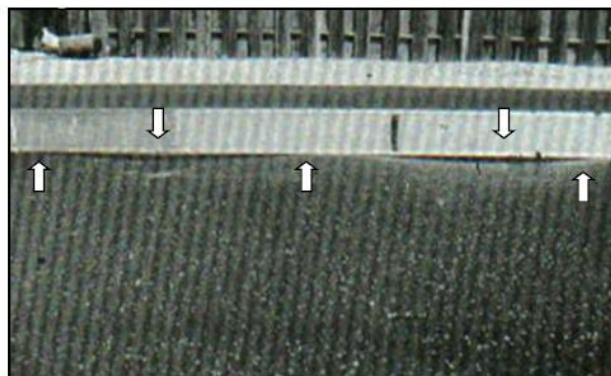
- Levantamiento de las losas de concreto de un pavimento rígido que ha sido cubierto con una carpeta asfáltica.
- Expansión por congelación (crecimiento de lentes de hielo, es decir, suelo congelado).



### e) 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.

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



#### Cimas y depresiones que deforman al pavimento

### f) 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.



### g) 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. 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.



**La grieta de borde ha dañado severamente el borde de la vía**

### h) Desnivel carril-Berma

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

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



**Se muestra el desnivel existente entre la berma y el carril de la pista.**

### i) 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.

Estos daños no están asociados con la carga vehicular, pueden ser causados por:

- Juntas de construcción pobremente construidas, o ausencia de ellas.
- Contracción de la superficie de concreto asfáltico debido a bajas temperaturas, al endurecimiento del asfalto o a la variación diaria de temperatura.
- Uso de ligantes (asfaltos) muy duros o envejecidos.



**Se indica el punto de inicio y termino de una grieta longitudinal**

### j) Parches y Parches de cortes utilitarios

Los parches disminuyen el nivel de servicio de la vía, pues el comportamiento del área parchada es inferior a la del pavimento original, incluso el área adyacente al parche no se comporta tan bien como la sección original de pavimento.



**El área del pavimento es reemplazada por bloquetas de concreto**

### k) 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.

Esta falla es causada por:

- Repeticiones de cargas de tránsito.
- Insuficiente porción de agregado extendida sobre el asfalto.
- Inexistente aspereza o textura del pavimento, que no contribuye a la reducción de la velocidad de los vehículos.



### l) Baches

Los baches son pequeños hoyos (depressiones) 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.

Los baches pueden ser ocasionados por un conjunto de factores:

- Fisuramiento tipo piel de cocodrilo de alta severidad, que causa fatiga y origina la desintegración de la superficie de rodadura.
- Defectos constructivos.



**Baches encontrados en medio del pavimento**



### m) 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. Esta falla puede ser causada por una pobre compactación del paquete estructural, lo que origina inestabilidad en las capas (bases, subbases) .



**Las flechas indican la trayectoria dejada por los vehículos**

### n) 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.

Estas fallas son producidas por acción de la carga de tráfico, que empuja contra el pavimento produciendo una onda corta y brusca en la superficie del mismo.

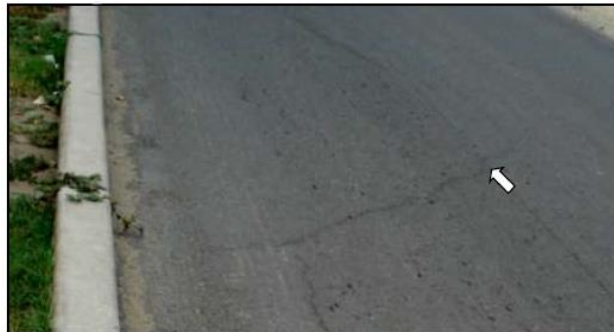
### o) Fisuras parabólicas o por deslizamientos

Las fisuras parabólicas o 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.

Las fisuras parabólicas pueden ser causadas por los siguientes factores:

- Frenado de las ruedas de los vehículos o giro debido a un cambio de dirección, originando el deslizamiento y deformación de la superficie del pavimento.
- Deficiente adherencia en capas superpuestas o presencia de polvo.
- Exceso de ligante o falta de riego de liga.
- Alto contenido de arena fina en la mezcla.



**Se señala la forma de media luna de la grieta**

#### **p) Hinchamiento**

Cuando el material de la carpeta asfáltica se hincha y se levanta cerca de la berma lateral.



**La superficie del pavimento sufre levantamiento, deformando la vía.**

#### **q) Peladura por intemperismo y desprendimientos 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.

Ambas fallas indican que el ligante asfáltico ha sufrido un endurecimiento considerable o que la mezcla es de pobre calidad.



### **Peladura por intemperismo y desprendimiento de agregados**

#### **Tipos de evaluación de pavimentos**

Existen diversos métodos de evaluación de pavimentos, que son aplicables a calles y carreteras, entre los aplicables al presente estudio están:

##### **• VIZIR**

Es un índice que representa la degradación superficial de un pavimento, representando una condición global que permitirá tomar algunas medidas de mantenimiento y rehabilitación.

Este índice ha sido desarrollado por el Laboratoire Central des Ponts et Chaussées – France o por sus siglas en inglés LCPC.

El sistema VIZIR, es un sistema de simple comprensión y aplicación que establece una distinción clara entre las fallas estructurales y las fallas funcionales y que ha sido adoptado en países en vía de desarrollo y en especial en zonas tropicales.

##### **• FHWA / OH99 / 004**

Este índice presenta una alta claridad conceptual y es de sencilla aplicación, pondera los factores dando mayor énfasis a ciertos deterioros que son muy abundantes o importantes en regiones donde hay estaciones muy marcadas pero no en áreas tropicales.

### •ASTM D 6433-03

También conocido como Present Condition Index, o por sus siglas PCI. Este índice sirve para representar las degradaciones superficiales que se presentan en los pavimentos flexibles y de hormigón. Este método se aplicará en la presente investigación, debido a que se la adoptado mundialmente por algunas entidades encargadas de realizar la cuantificación de los deterioros en la superficie de pavimentos.

### Evaluación de la condición de un pavimento

Como ya se ha indicado anteriormente, en la presente investigación se utilizará el método del PCI normado por la **ASTM 6433-03**, que ha sido desarrollado por el Cuerpo de Ingenieros de la Armada de los Estados Unidos (Shahin, 1976 – 1994); utilizado para la evaluación de aeropuertos, caminos y lotes de parqueaderos. Esta es una de las más completas metodologías de evaluación debido a que involucra a los dos tipos de pavimentos más utilizados en el distrito de Ica que son los pavimentos asfálticos y los pavimentos de concreto.

En vista a que esta metodología es considerada como una de las más objetivas y más aplicables para el presente estudio, se pretende implementar en el distrito de Ica, de modo que esta pueda generar un modelo adecuado para la mantención y rehabilitación de las superficies de los pavimentos.

**Tabla N° 2: Rango de Clasificación**

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

## 2.2.5 Índice de condición de pavimento

### METODO DEL PCI (Pavement Condition Index)

Es un procedimiento que consiste en la determinación de la condición del pavimento a través de inspecciones visuales, identificando la clase, severidad y cantidad de fallas encontradas, siguiendo una metodología de fácil implementación y que no requiere de herramientas especializadas, pues se mide la condición del pavimento de manera indirecta.

Fue desarrollado entre los años 1974 y 1976 a cargo del Centro de Ingeniería de la Fuerza Aérea de los E.E.U.U. con el objetivo de obtener un sistema de administración del mantenimiento de pavimentos rígidos y flexibles.

Este método constituye el modo más completo para la evaluación y calificación objetiva de pavimentos, siendo ampliamente aceptado y formalmente adoptado, como procedimiento estandarizado, por agencias como por ejemplo: el Departamento de Defensa de los Estados Unidos, el APWA (*American Public Work Association*) y ha sido publicado por la ASTM como método de análisis y aplicación (**Procedimiento estándar para la inspección del índice de condición del pavimento en caminos y estacionamientos ASTM D6433-03**).

El cálculo del PCI se fundamenta en los resultados de un inventario visual del estado del pavimento en el cual se establecen clase, severidad y cantidad de cada falla presente. Dada la gran cantidad de combinaciones posibles, el método introduce un factor de ponderación, llamado "valor deducido", para indicar en qué grado afecta a la condición del pavimento cada combinación de deterioro, nivel de severidad y densidad (cantidad).

Este método no pretende solucionar aspectos de seguridad si alguno estuviera asociado con su práctica. El PCI se desarrolló para obtener un índice de la integridad estructural del pavimento y de la condición operacional de la superficie, un valor que cuantifique el estado en que se encuentra el pavimento para su respectivo tratamiento y mantenimiento.

## OBJETIVOS DEL PCI

Los objetivos que se persiguen con la aplicación del Método PCI son:  
Determinar el estado de un pavimento en términos de su integridad estructural y su nivel de servicio.

Obtener un indicador que permita comparar con un criterio uniforme la condición y comportamiento de los pavimentos.

Obtener un criterio racional para justificar la programación de obras de mantenimiento y rehabilitación de pavimentos.

Obtener información relevante de retroalimentación respecto del comportamiento de las soluciones adoptadas en el diseño, evaluación y criterios de mantenimiento de pavimentos.

## TERMINOLOGIAS

Se definen los principales términos utilizados en el método, que son de vital importancia para la comprensión y correcta aplicación del mismo.

**Red de pavimento.** Es el conjunto de pavimentos a ser administrados, es una sola entidad y tiene una función específica. Por ejemplo, un aeropuerto o una avenida, es una red de pavimento.

**Tramo de pavimento.** Un tramo es una parte identificable de la red de pavimento. Por ejemplo, cada camino o estacionamiento es un tramo separado.

**Sección de pavimento.** Es un área de pavimento contigua de construcción, mantenimiento, historial de uso y condición uniformes. Una sección debe tener el mismo volumen de tráfico e intensidad de carga.

**Unidad de muestra del pavimento.** Es una subdivisión de una sección de pavimento que tiene un tamaño estándar que varía de 225 +/- 90 m<sup>2</sup>, si el pavimento no es exactamente divisible entre 2500 o para acomodar condiciones de campo específicas.

**Muestra al azar.** Unidad de muestra de la sección de pavimento, seleccionada para la inspección mediante técnicas de muestreo aleatorio.

**Muestra adicional.** Es una unidad de muestra inspeccionada adicionalmente a las unidades de muestra seleccionadas al azar con el fin

de incluir unidades de muestra no representativas en la determinación de la condición del pavimento.

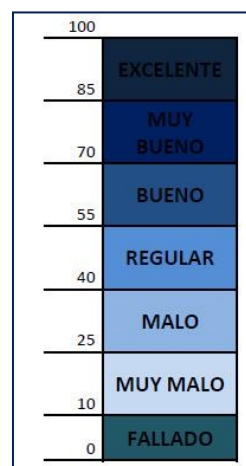
Deben ser consideradas como muestras adicionales aquellas muestras muy pobres o excelentes que no son típicas en la sección ni entre las unidades de muestra, que contienen deterioros poco comunes tales como cortes utilitarios (ejemplo: corte para instalación de tuberías de agua o desagüe, electricidad, teléfonos, etc.).

Si una unidad de muestra que contiene una falla poco común es escogida al azar como unidad de muestra, ésta deberá ser considerada como unidad de muestra adicional y otra unidad de muestra al azar deberá ser escogida. Si todas las unidades de muestra son inspeccionadas, entonces no habrá unidades de muestra adicionales.

**Índice de condición del pavimento (PCI).** Es un grado numérico de la condición del pavimento. Varía desde cero (0), para un pavimento fallado o en mal estado, hasta cien (100) para un pavimento en perfecto estado. Cada rango del PCI tiene su correspondiente descripción cualitativa de la condición del pavimento.

**Grado de la condición del pavimento.** Es una descripción cualitativa de la condición del pavimento, como una función del valor de PCI que varía entre “fallado” hasta “excelente”. Tal como se muestra en la **figura 2.2**.

**Figura 2.2**



## Índice de Condición del Pavimento (PCI) y Escala de Graduación

**Fallas del pavimento.** Indicadores externos del deterioro del pavimento causado por las cargas de tráfico, factores ambientales, deficiencias constructivas, o una combinación de estas causas.

**Materiales e Instrumentos**

**Hoja de datos de campo.** Documento donde se registrará toda la información obtenida durante la inspección visual: fecha, ubicación, tramo, sección, tamaño de la unidad de muestra, tipos de fallas, niveles de severidad, cantidades, y nombres del personal encargado de la inspección. En la tabla 2 se aprecia un modelo utilizado como hoja de registro.

**Regla o Cordel.** Para medir la deformación longitudinal y transversal del pavimento en estudio.

**Conos de seguridad vial.** Para aislar el área de calle en estudio, ya que el tráfico representa un peligro para los inspectores que tienen que caminar sobre el pavimento.

**Plano de Ubicación.** Plano donde se esquematiza la red de pavimento que será evaluada.

**Tabla 2. Hoja de registro en vías de pavimento flexible.**

METODO PCI				ESQUEMA			
INDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO EN VÍAS DE PAVIMENTO FLEXIBLE							
HOJA DE REGISTRO							
Nombre de la vía: _____		Sección: _____		Unidad de muestra: _____			
Nombre de Ejecutor : _____		Fecha: _____		Área: _____			
1.Piel de cocodrilo	6. Depresión	11.Parches y Parches de cortes utilitarios	16.Fisura parabolica o por deslizamiento				
2.Exudación	7.fisura de borde	12.Agregado pulido	17.Hinchamiento				
3.fisuras en bloque	8.fisura de reflexion 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:** Procedimiento estándar para la inspección del índice de condición del pavimento en caminos y estacionamientos **ASTM D6433-03**.



## 2.2.6 Patologías

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

Rango PCI %	Color	Estado
0-10		Falla
11-25		Muy Malo
26-40		Malo
41-55		Regular
56-70		Bueno
71-85		Muy Bueno
86-100		Excelente

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

La primera etapa corresponde al trabajo de campo en el cual se identifican los daños teniendo en cuenta la clase, severidad y extensión de los mismos. Esta información se registra en formatos adecuados para tal fin. Las figuras son ilustrativas y en la práctica debe proveerse el espacio necesario para consignar toda la información pertinente.

Se debe establecer el Inventario de Pavimentos; es decir, los pavimentos se separan definiéndose los siguientes conceptos:

- **RED:** El conjunto de pavimentos a ser administrados (todas las calles pavimentadas es una red).
- **RAMA:** Parte fácilmente identificable de la red (p. ej.: las cuadras de una calle).
- **SECCIÓN:** La menor unidad de administración con características homogéneas (p. ej.: tipo de pavimento, estructura, historia de construcción, condición actual, etc.).

El siguiente cuadro 3 describe, en resumen:

**Cuadro Nº 3**

<b>PCI</b>	<b>ESTADO</b>	<b>INTERVENCION</b>
<b>0 - 30</b>	Malo	Construcción
<b>31 - 70</b>	Regular	Rehabilitación
<b>71 - 100</b>	Bueno	Mantenimiento

### 2.2.7 Manual de daños

#### **CALIDAD DE TRÁNSITO (RIDE QUALITY)**

Cuando se realiza la inspección de daños, debe evaluarse la calidad de tránsito para determinar el nivel de severidad de daños tales como las corrugaciones, para la presente investigación. A continuación se presenta una guía general de ayuda para establecer el grado de severidad de la calidad de tránsito.

L: (Low: Bajo): Se perciben las vibraciones en el vehículo (por ejemplo, por corrugaciones) pero no es necesaria una reducción de velocidad en aras de la comodidad o la seguridad; o los abultamientos o hundimientos individuales causan un ligero rebote del vehículo pero creando poca incomodidad.

Para el caso de la presente investigación esta será recorrida a pie y se observara el grado de abultamientos o hundimientos.

M: (Médium: Medio): Las vibraciones en el vehículo son significativas y se requiere alguna reducción de la velocidad en aras de la comodidad y la seguridad; o los abultamientos o hundimientos individuales causan un rebote significativo, creando incomodidad. Para el caso de la presente investigación esta será recorrida a pie y se observara el grado de abultamientos o hundimientos.

H: (High: Alto): Las vibraciones en el vehículo son tan excesivas, que debe reducirse la velocidad de forma considerable en aras de la comodidad y la seguridad; o los abultamientos o hundimientos individuales causan un excesivo rebote del vehículo, creando una incomodidad importante o un alto potencial de peligro o daño severo al vehículo. Para el caso de la presente investigación esta será recorrida a pie y se observara el grado de abultamientos o hundimientos.

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 de detención deben calificarse a la velocidad de desaceleración normal de aproximación a la señal. Siendo la presente investigación para las diferentes calles de pavimento flexibles, se analizaran patologías cuya causa es debida al tránsito y al mal mantenimiento del pavimento en este caso se analizaran solo 9 fallas como se describen en el desarrollo del proyecto de tesis.

### 2.2.8 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 solicitaciones 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 practicas
- CBR, Kansas
- Esfuerzo cortante limite
- Deflexión limite
- 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.

#### I. Programa UNALCAPA.

## 2.2.9 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 sollicitaciones 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.

### 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.

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.

## **2.2.10 Datos necesarios para el diseño**

### **a) Estudios de tráfico**

Uno de los aspectos más importantes, si no el determinante para el diseño es determinar el flujo de vehículos; es decir, qué tipo de vehículos transitan por la zona a analizar, según la clasificación del Reglamento Nacional de Vehículos (Ministerio de Transportes, 2003), y con qué frecuencia lo hacen. Asimismo, una vez obtenida esta información es necesario estimar una tasa de crecimiento para proyectar cuál será el flujo de vehículos dentro de los años que contemplará el diseño.

Este flujo vehicular se expresa utilizando un parámetro conocido como ESAL (Equivalent Single Axle Load) o carga equivalente de eje simple, que considera un eje simple equivalente de 18 kips. Este valor representa el efecto dañino que producen los vehículos sobre el pavimento. O el valor del consumo de fatiga y el daño por erosión en el caso de la metodología de la PCA.

#### **i. Clasificación de los vehículos**

Según el Reglamento Nacional de Vehículos, estos se clasifican según la cantidad y el tipo de ejes que lo componen (simple, tándem o trídem), además del peso máximo permitido para cada uno de ellos. El peso bruto vehicular máximo permitido es de 48 toneladas. Asimismo, el máximo peso permitido por eje es:

- ✓ Eje simple: 7 ton de rueda simple y 11 ton de rueda doble.
- ✓ Eje tándem: 12, 16 y 18 ton.
- ✓ Eje trídem: 16, 23 y 25 ton.

Con esta clasificación se determina el tipo de vehículo que transita por la zona de acuerdo al tipo de ejes que lo conforman y a la cantidad de ellos. Esto es importante porque dependiendo del peso que cargue cada eje se le asignará un factor destructivo sobre la vía dependiendo del tipo de pavimento a utilizar.

## **ii. Estimación de la tasa de crecimiento**

Se requiere de datos históricos que ayuden a tener una idea de cómo va aumentando la cantidad de vehículos que transitan por esa carretera. Depende de las actividades de la zona, del crecimiento poblacional, etc.

## **iii. Factores destructivos**

Para hallar el número de ejes equivalentes que se presentan en el tramo, primero se debe uniformizar los tipos de vehículos que circulan bajo un mismo estándar. Dicho estándar está representado por el factor equivalente de carga por eje, teniendo como base los ejes de 18 kip u 80 kN. Este factor es el denominado factor destructivo.

Cada eje que conforma algún vehículo tiene un peso que puede ser igual o diferente a la carga estándar. Para el caso de nuestra Norma, todos son diferentes por lo que resulta necesaria la aplicación de factores.

Por otro lado, dependiendo del tipo de pavimento a utilizar, existen dos ecuaciones diferentes para estimar estos factores. Si el pavimento es flexible se utilizarán los valores proporcionados por el Instituto del Asfalto, en cambio sí es rígido se utilizarán los de la AASHTO.

## **iv. Proyección del tráfico**

Una vez obtenidos el tránsito medio diario anual (AADT) de la zona, la tasa de crecimiento ( $r$ ) y los factores de carga equivalente para cada eje en cada vehículo, se procede a establecer los parámetros de diseño. Estos son:

- Factor de distribución direccional (D)
- Factor de distribución de carril (L)



- Período de diseño (Y)
- Factor de crecimiento (G)

## **b) Estudio de la mecánica de suelos**

Estos ensayos son necesarios para caracterizar el material granular que servirá como base o subbase. Asimismo, para hallar uno de los parámetros de diseño más importantes, el módulo de resiliencia de la subrasante, se puede realizar una correlación en base al CBR del terreno natural.

### **i. Ensayo de granulometría**

Se realizará ensayos de granulometría tanto en el material del terreno natural o subrasante, así como en el material de las canteras que será utilizado como base o subbase. De acuerdo a las Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción de Carreteras (EG-2000) del MTC, se debe cumplir con una granulometría específica para que el agregado sea considerado aceptable. Más adelante se detallará más sobre estos requisitos.

### **ii. Límites de Atterberg**

Permite conocer las propiedades del material tales como su límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad en el caso de suelos cohesivos.

### **iii. Ensayo de compactación Proctor modificado (Método C)**

Se realiza el ensayo Proctor modificado por el método C, que aplica 56 golpes por capa de suelo (5 capas) a una muestra dentro de un molde de tamaño estándar. El objetivo del ensayo es determinar la máxima densidad seca a la que puede llegar el material y el contenido de humedad óptimo que permita aquella condición. Este ensayo se encuentra normado en la Norma MTC E 115.

### **iv. Ensayo de valor de soporte de California o CBR**

Este ensayo compara el comportamiento de un suelo determinado con el de una roca chancada de calidad estándar. Se aplica carga sobre la

muestra compactada previamente mediante el ensayo Proctor, así como saturada en agua por 4 días y se va registrando la carga necesaria para producir penetración en el material en intervalos de 0.1" hasta 0.5". Una vez obtenido el valor de carga necesaria para producir 0.1" y 0.2" para todas las muestras compactadas a diferentes densidades, se procede a dividirlo entre 1000 psi en el primer caso y 1500 psi en el segundo. Esta cantidad se expresa en porcentaje y representa el CBR del suelo. Luego para la densidad requerida se elige el mayor valor de CBR entre el de 0.1" y el de 0.2", el cual será el CBR de diseño. En este caso la máxima densidad seca requerida es 95%. Este ensayo se encuentra normado en la Norma MTC E 132.

#### **b) Estudios hidrológicos – pluviométricos**

La información necesaria es la precipitación media diaria de la estación seleccionada registrada todos los días, durante varios años para poder tener un registro confiable.

Estos datos son importantes para determinar el coeficiente de drenaje (Cd) necesario en la metodología de la AASHTO para pavimentos rígidos o para hallar el valor de m que modifica los coeficientes estructurales de las capas en los pavimentos flexibles.

Asimismo, se puede obtener la temperatura promedio del aire durante el año. Esta sería el parámetro del Mean Annual Air Temperature (MAAT) requerido para elegir el gráfico correspondiente y hallar el espesor de la carpeta asfáltica en la metodología del Instituto del Asfalto.

#### **d) Estudios de canteras y fuentes de agua**

Otro aspecto a tomar en cuenta es el tipo de material, que se encuentra disponible en la zona porque de ello, dependerá la capacidad de soporte de las capas granulares y, por tanto, del pavimento como estructura.

Las especificaciones que debe cumplir el material granular son muchas pero dos de las más importantes son la granulometría y el CBR mínimo. En

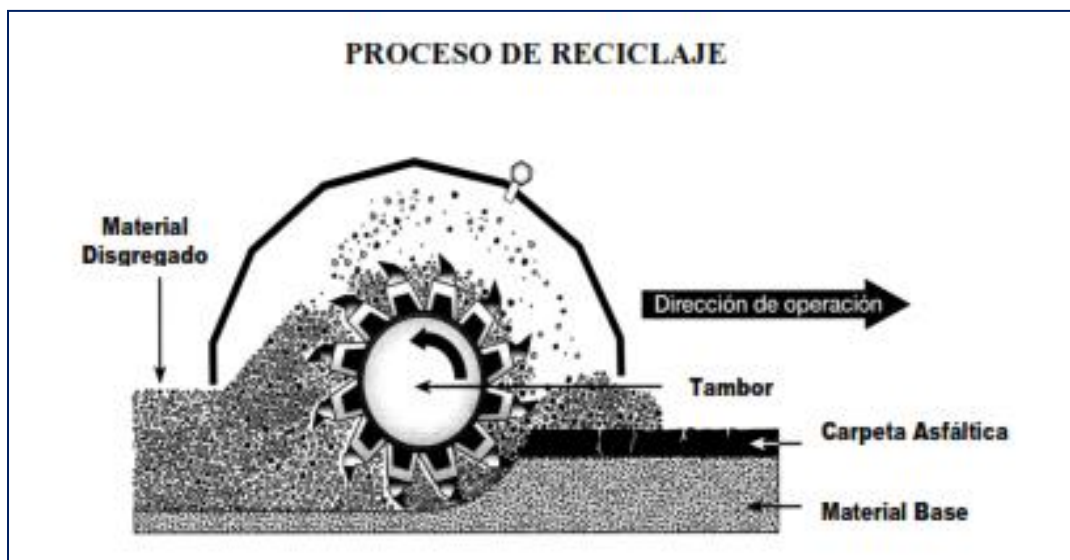
cuanto a las fuentes de agua, se debe tener en consideración la cantidad de sulfatos, sólidos en suspensión y el pH del agua.

### 2.2.11 Reciclaje de pavimentos

Es un proceso simple o complejo que sufre un material o producto para ser reincorporado a un ciclo de producción o de consumo.

En la actualidad existen varios conceptos de reciclaje de pavimentos asfálticos entre los que podemos mencionar:

- El reciclado es una nueva alternativa técnica de rehabilitación de pavimentos, que consiste en la reutilización de los materiales en servicio, los que han perdido en gran parte sus propiedades iniciales y cuyas características se desean mejorar.



También es el procedimiento de ingeniería mediante, el cual se emplea parte o la totalidad de una estructura de pavimentos bituminosos, en la fabricación de una mezcla asfáltica de calidad superior a la existente o en la estabilización de sus capas granulares.

- El reciclaje de pavimento asfáltico, es una tecnología especial que permite la reconstrucción de pavimentos envejecidos y/o deteriorados, empleando sus materiales de construcción originales. Esto es posible en la medida en

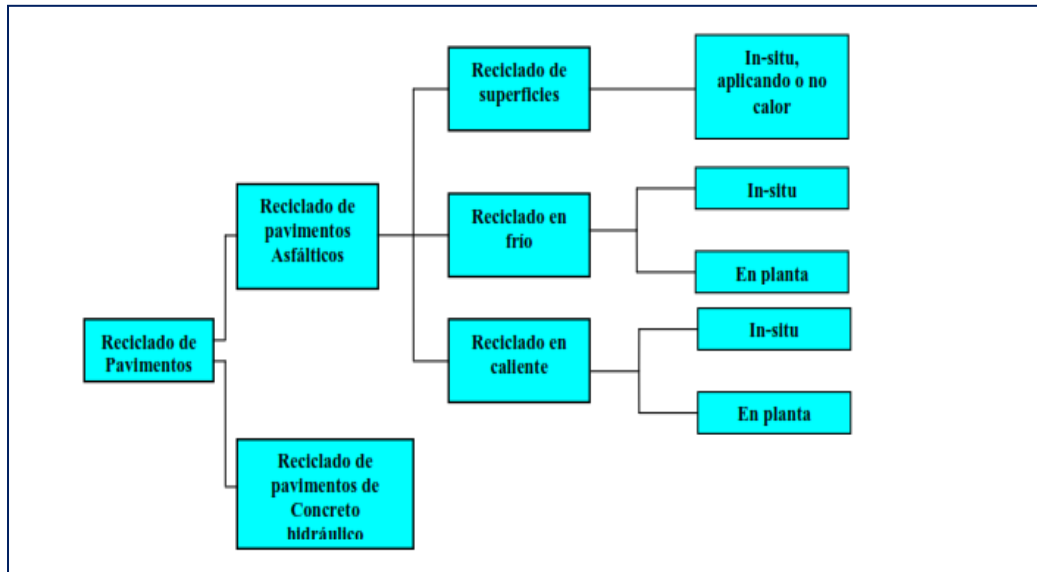
que no haya llegado a un grado de degradación tal que no permita un rejuvenecimiento eficiente.

### **Ventajas del reciclaje de pavimentos**

- Posibilita la mejora estructural del pavimento existente.
- Permite el uso de refinada técnica de control de calidad.
- Es aplicable a la solución de todos los problemas que afectan la capacidad resistente del pavimento.
- Facilita la eliminación de grietas reflejas.
- Permite corregir los diseños y/o elaboración incorrecta de las mezclas asfálticas existentes.
- Reduce los costos de reconstrucciones y obras de refuerzo estructural.
- Produce un efecto de conservación de las fuentes de materiales viales, de energía y de menor utilización de los caminos para el transporte de materiales viales.
- Permite la utilización de rejuvenecedores y/o mejoradores de cemento asfáltico, lo que confiere una más larga vida de comportamiento visco-elástico de los pavimentos.
- Posee un menor grado de impacto ambiental.

### **Técnicas de reciclaje**

1. **El reciclado en frío:** Generalmente in-situ, adolece de limitaciones técnicas en lo referente al logro de refinados y precisos procesos constructivos, por lo que produce estructuras de inferior calidad que las elaboradas con materiales de alta calidad.
2. **El reciclado en caliente:** producen estructuras de alta calidad comparables a los de los pavimentos realizados con materiales de alta calidad nuevas, elaboradas en caliente.  
Se realiza según dos metodologías distintas, una in-situ y la otra realizada en planta.



**Clasificación general del reciclado de pavimentos**

## 2.3 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS

### Carpeta asfáltica

La carpeta asfáltica es la parte superior del pavimento flexible que proporciona la superficie de rodamiento, es elaborada con material pétreo seleccionado y un producto asfáltico dependiendo del tipo de camino que se va a construir

### Deterioro

Degeneración, empeoramiento gradual de algo

### Pavimento

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. .

### 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.

## **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.

### **Tránsito:**

Movimiento de personas o vehículos de un lugar a otro

**Vía:** Sistema de transporte o comunicación

## **2.4 Muestreo y unidades de muestra.**

El muestreo se llevará a cabo siguiendo el procedimiento detallado a continuación:

1. Identificar tramos o áreas en el pavimento con diferentes usos en el plano de distribución de la red, tales como caminos y estacionamientos.
2. Dividir cada tramo en secciones basándose en criterios como diseño del pavimento, historia de construcción, tráfico y condición del mismo.
3. Dividir las secciones establecidas del pavimento en unidades de muestra.
4. Identificar las unidades de muestras individuales a ser inspeccionadas de tal manera que permita a los inspectores, localizarlas fácilmente sobre la superficie del pavimento. Es necesario que las unidades de muestra sean fácilmente reubicables, a fin de que sea posible la verificación de la información de fallas existentes, la examinación de variaciones de la unidad de muestra con el tiempo y las inspecciones futuras de la misma unidad de muestra si fuera necesario.
5. Seleccionar las unidades de muestra a ser inspeccionadas. El número de unidades de muestra a inspeccionar puede variar de la siguiente manera: considerando todas las unidades de muestra de la sección, considerando un número de unidades de muestras que nos garantice un nivel de confiabilidad del 95% o considerando un número menor de unidades de muestra.

6. Todas las unidades de muestra de la sección, pueden ser inspeccionadas para determinar el valor de PCI promedio en la sección. Este tipo de análisis es ideal para una mejor estimación del mantenimiento y reparaciones necesarias.
7. El número mínimo de unidades de muestra “n” a ser inspeccionadas en una sección dada, para obtener un valor estadísticamente adecuado (95% de confiabilidad), es calculado empleando la Ecu. 1 y redondeando el valor obtenido de “n” al próximo número entero mayor.

$$n = \frac{Ns^2}{\left(\frac{e^2}{4}\right) * (N - 1) + s^2} \quad \text{(Ecu.1)}$$

Donde:

e = error admisible en el cálculo del PCI de la sección, comúnmente, e=+/- 5 puntos del PCI.

s = desviación estándar del PCI de una unidad de muestra a otra en la misma sección. Asumir 10 para pavimentos flexibles y 15 para rígidos.

N = número total de unidades de muestra en la sección.

8. Si obtener el 95% de confiabilidad es crítico, la conveniencia del número de unidades inspeccionadas debe ser verificada. El número de unidades de muestra fue estimado en base a un valor de desviación estándar asumido. Calcular el valor actual de la desviación (es) estándar de la siguiente manera (ver Ec.2):

$$S = \left( \sum_{i=1}^n \frac{PCI_i - PCI_s}{n-1} \right)^{1/2} \quad \text{(Ecu.2)}$$

Donde:

PCLi = valor PCI de las unidades de muestra inspeccionadas i.

PCIs = valor PCI de la sección.

n = número total de unidades de muestra inspeccionadas.

9. Calcular el número revisado mínimo de unidades de muestra (Ec.1) a ser Inspeccionadas utilizando la desviación estándar calculada (Ec.2). Si el número de unidades de muestra revisado a ser inspeccionadas es mayor que el número de muestras ya inspeccionadas, seleccionar e inspeccionar unidades de muestra adicionales al azar. Estas unidades de muestra deben ser espaciadas uniformemente a través de la sección. Repetir este proceso de chequeo del número de unidades de muestra revisado, e inspeccionar las unidades de muestra adicionales al azar hasta que el número total de unidades de muestra inspeccionadas sea igual o mayor al número mínimo requerido de unidades de muestra “n” obtenido de la Ec.1, usando la desviación estándar total de muestras real.
10. Una vez que el número de unidades de muestra a ser inspeccionadas esté definido, calcular el intervalo de espaciamiento de las unidades utilizando el muestreo sistemático al azar. Las muestras deben ser igualmente espaciadas a través de toda la sección seleccionando la primera muestra al azar. El intervalo del espaciamiento “i” de las unidades a ser muestreadas debe ser calculado mediante la siguiente fórmula , (Ecu. 3) redondeando el resultado al próximo número entero menor:

$$i = N/n \quad (\text{Ecu.3})$$

Donde:

N = número total de unidades de muestra en la sección.

n = número de unidades de muestra a ser inspeccionadas.

La primera unidad de muestra a ser inspeccionada es seleccionada al azar entre las unidades de muestra 1 hasta “i”. Las unidades de muestra en la sección que son incrementos sucesivos del intervalo “i” después de la primera unidad seleccionada al azar también son inspeccionadas.



11. Las unidades de muestra adicionales deben ser inspeccionadas sólo cuando se observan fallas no representativas. Estas unidades de muestra son escogidas por el usuario.

## **2.5 Procedimiento de Inspección**

1. Inspeccionar individualmente cada unidad de muestra seleccionada.
2. Registrar el tramo y número de sección así como el número y tipo de unidad de muestra (al azar o adicional).
3. Registrar el tamaño de unidad de muestra medido con la cinta métrica manual.
4. Realizar la inspección de las fallas, cuantificando cada nivel de severidad y Registrando la información obtenida. Los tipos de fallas y el grado de severidad.
5. El método de medición se encuentra incluido en la descripción de cada falla.
6. Repetir este procedimiento para cada unidad de muestra a ser inspeccionada.

## **2.6 Calculo del PCI**

### **2.6.1 Determinación del PCI de la unidad de muestra**

1. Sumar la cantidad total de cada tipo de falla para cada nivel de severidad, y registrar esta información en la columna "Total de Severidades". Por ejemplo, en la tabla 2.0 se muestra que la falla piel de cocodrilo tiene 1.2m<sup>2</sup> de pavimento de severidad baja y 1.29m<sup>2</sup> de severidad media. Las unidades para las cantidades deben ser en metro cuadrado, metro lineal, o número de ocurrencia, dependiendo del tipo de falla.
2. Dividir la cantidad total de cada tipo de falla en cada nivel de severidad (columna total de severidades) entre el área total de la unidad de muestra y multiplicar el resultado por 100 para obtener la densidad porcentual, como se aprecia en la tabla 2.

3. Determinar el valor deducido (DV) para cada combinación de tipo de falla y nivel de severidad utilizando las **curvas de valor deducido** de fallas que se encuentran en el anexo 04.
4. Determinar el máximo valor deducido corregido (CDV), mediante los siguientes pasos:
  - 4.1 Si ninguno o solamente un valor deducido individual es mayor que dos. El valor total es usado en lugar del máximo CDV para determinar el PCI; de otro modo, el máximo CDV debe ser determinado usando el procedimiento descrito en 4.2. – 4.5.
  - 4.2 Crear una lista de valores deducidos individuales en orden descendente. Por ejemplo, en la tabla 2.0 esta lista será 25.1, 23.4, 17.9, 11.2, 7.9, 7.5, 6.9, y 5.3.
  - 4.3 Determinar el número de deducciones permisibles, “m”, del gráfico 4.0., o empleando la siguiente fórmula (ver Ecu. 4):

$$m = 1 + \left( \frac{9}{98} \right) 100 - HDV \leq 10 \quad \text{(Ecu.4)}$$

Donde:

m = número máximo admisible de valores deducidos incluyendo fracciones (debe ser menor o igual a diez).

HDV = el mayor valor deducido individual para la unidad de muestra.

Por ejemplo en la tabla 2.0,  $m = 1 + (9/98) (100-25.1) = 7.9$

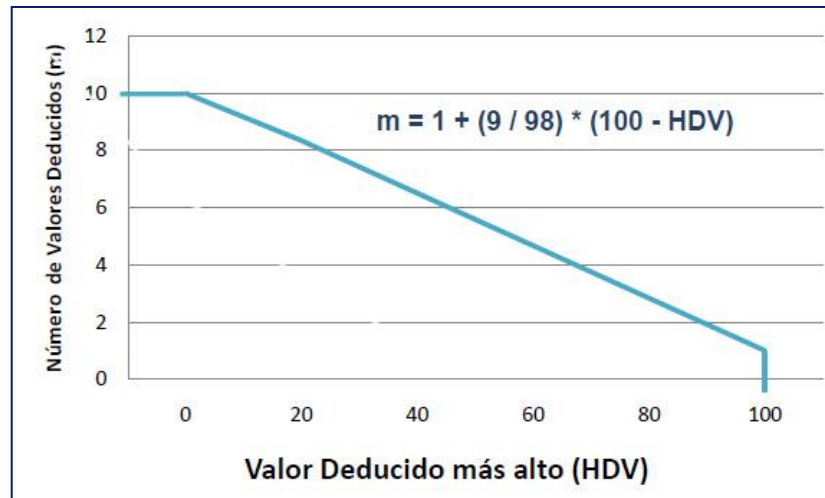
4.4 El número de valores deducidos individuales es reducido al máximo admisible de valores deducidos “m”, incluyendo su parte fraccionaria. Por ejemplo en la tabla 3.0, los valores son 25.1, 23.4, 17.9, 11.2, 7.9, 7.5, 6.9, y 4.8 (el valor 4.8 es obtenido multiplicando 5.3 por 0.9). Si contamos con un número de valores deducidos menor a “m”, todos los valores deducidos deben ser usados.

**Tabla 2.0 Ejemplo de hoja de registro en una vía de pavimento flexible**

METODO PCI						ESQUEMA			
INDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO EN VÍAS DE PAVIMENTO FLEXIBLE									
HOJA DE REGISTRO									
Nombre de la vía: <u>Av. Matias Manzanilla</u>			Sección: <u>1</u>			Unidad de muestra: <u>U1</u>			
Nombre de Ejecutor : <u>José Celestino</u>			Fecha: <u>20/06/2016</u>			Área <u>230,90</u>			
1.Piel de cocodrilo	6. Depresión		11.Parches y Parches de cortes utilitarios			16.Fisura parabolica o por deslizamiento			
2.Exudación	7.fisura de borde		12.Agregado pulido			17.Hinchamiento			
3.fisuras en bloque	8.fisura de reflexion 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	
1L	0,25	0,45	0,5			1,20	0,52	7,9	
1M	0,72	0,57				1,29	0,56	23,4	
7L	5	6	1			12,00	5,20	7,5	
8M	4	3	2,5	1	2,7	13,20	5,72	25,1	
11H	1	1,03				2,03	0,88	17,9	
13L	0,09					0,09	0,04	11,2	
14L	1,04	0,9				1,94	0,84	6,96	
18L	23,1					23,10	10,00	5,3	

Fuente: Procedimiento estándar para la inspección del índice condición del pavimento en caminos y estacionamientos ASTM D 6433-03.

**Grafico 4.0. Ajuste del número de valores deducidos “m”**



Fuente: Procedimiento estándar para la inspección del índice de condición del pavimento en caminos y estacionamientos ASTM D6433-03

**Tabla 3.0 Cálculo del PCI en un Pavimento Flexible.**

$$m = 1 + (9 / 98) * (100 - 25.1) = 7.9 < 8.0$$

$$7.9 - 7.0 = 0.9 \quad 0.9 \times 5.3 = 4.8$$

#	Valor Deducido								Total	q	CDV
1	25.1	23.4	17.9	11.2	7.9	7.5	6.9	4.8	104.7	8	51
2	25.1	23.4	17.9	11.2	7.9	7.5	6.9	2	101.9	7	50
3	25.1	23.4	17.9	11.2	7.9	7.5	2	2	97	6	46
4	25.1	23.4	17.9	11.2	7.9	2	2	2	91.5	5	47
5	25.1	23.4	17.9	11.2	2	2	2	2	85.6	4	48
6	25.1	23.4	17.9	2	2	2	2	2	76.4	3	48
7	25.1	23.4	2	2	2	2	2	2	60.5	2	49
8	25.1	2	2	2	2	2	2	2	39.1	1	38
9											

Max CDV = 51

PCI = 49

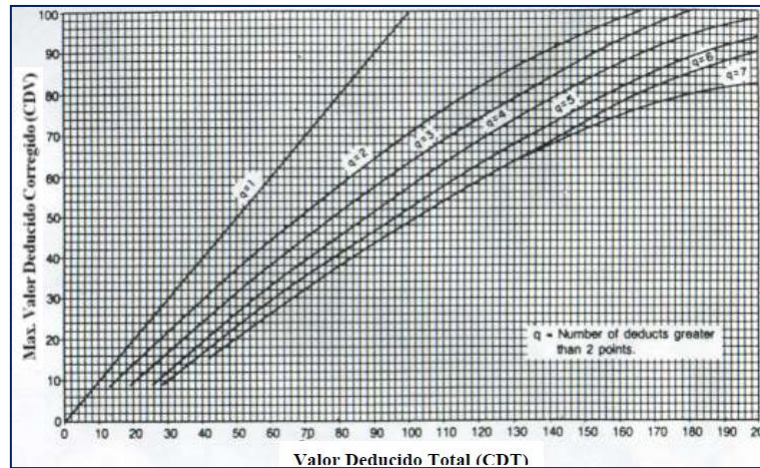
Rating = REGULAR

Fuente: Procedimiento estándar para la inspección del índice de condición del pavimento en caminos y estacionamientos ASTM D6433-03

- 4.5 Determinar el máximo valor deducido corregido (**CDV**) en forma iterativa Como se muestra en la tabla 4.0. de la curva de corrección.
- 4.6 Determinar el valor deducido total (**CDT**) mediante la suma de los valores deducidos individuales. El valor deducido total que se obtiene de la suma en 4.4 es 104.7.

- 4.7 Determinar  $q$  como el número de valores deducidos mayores a 2. Por ejemplo en la tabla 3.0  $q=8$ .
- 4.8 Determinar el valor de **CDV** a partir del valor deducido total (**CDT**) y del Valor de “ $q$ ” utilizando las curvas apropiadas de corrección para pavimentos flexibles de la tabla 4.0

**Tabla 4.0. Curvas de Corrección.**



### **Corrección del valor deducido para pavimentos asfálticos**

- 4.9 Reducir a 2 el menor valor deducido individual mayor que 2 y repetir el procedimiento de 4.6 – 4.8 hasta que “ $q$ ” sea igual a 1.
- 4.10 El **máximo CDV** es el mayor de todos los CDVs.
- 4.11 Calcular el **PCI** restándole a **100 el máximo CDV**.

### **2.7 Criterios de Inspección**

Se detallan algunos criterios muy importantes a tomar en cuenta durante la inspección visual que permitirán minimizar errores y aclarar interrogantes acerca de la identificación y medición de algunos tipos de fallas.

1. Si el agrietamiento tipo piel de cocodrilo y ahuellamiento ocurren en la misma área, cada falla es registrada por separado en su correspondiente nivel de severidad.
2. Si la exudación es considerada, entonces el agregado pulido no será tomado en cuenta en la misma área.
3. El agregado pulido debe ser encontrado en cantidades considerables para que la falla sea registrada.

4. Si una fisura no tiene un mismo nivel de severidad en toda su longitud, cada porción de la fisura con diferente nivel de severidad debe ser registrada en forma separada.
5. Se dice que una falla está desintegrada si el área que la rodea se encuentra fragmentada (algunas veces hasta el punto de desprendimiento de fragmentos).

## 2.8 Análisis de las Fallas, niveles y unidad de medida

Se describen los tres niveles de severidad: Low (L), Medium (M) y High (H); correspondiente a cada tipo de falla y que representan los efectos que éstas tienen sobre la calidad del tránsito.

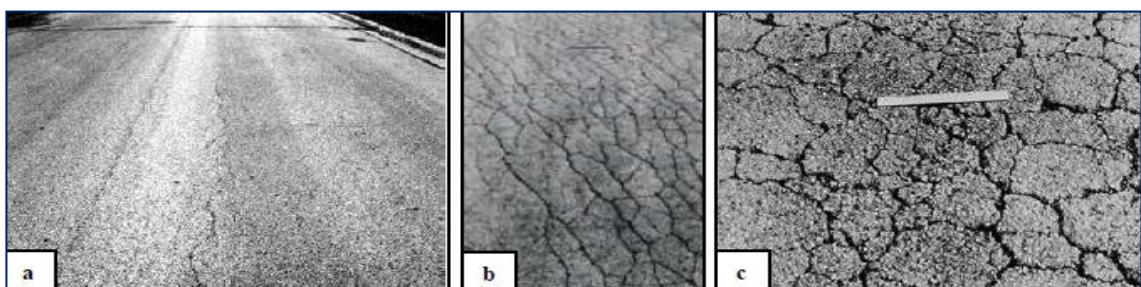
### 1. Piel de cocodrilo

**L** – Finas fisuras longitudinales del espesor de un cabello, con recorrido paralelo entre ellas y con algunas o ninguna fisura de interconexión. Las fisuras no están desintegradas. **Ver figura 3.4.a.**

**M** – Continuación del desarrollo de las fisuras de piel de cocodrilo, finas, en un patrón o red de fisuras que podrían estar ligeramente desintegradas. **Ver figura 3.4.b.**

**H** – El patrón o red de fisuras muestra un progreso tal que las piezas que conforman la piel de cocodrilo están bien definidas y descascaradas en los bordes. Algunas de las piezas podrían oscilar o moverse bajo tráfico. **Ver figura 3.4.c**

**Figura 3.4.Piel de Cocodrilo.**



**Piel de cocodrilo de nivel de severidad baja(a), medio (b), y alto(c).**

**Unidad de medida** – La piel de cocodrilo es medida en metros cuadrados.

### Exudación

**L** – La exudación sólo ha ocurrido a un nivel muy ligero y es percibida sólo durante algunos días al año. El asfalto no se pega a los zapatos o llantas de los vehículos. **Ver figura 3.5.a.**

**M** – La exudación ha ocurrido llegando al punto en que el asfalto se pega a los zapatos o a las llantas de los vehículos sólo durante algunas semanas en el año **Ver figura 3.5.b.**

**H** – La exudación ha ocurrido en forma extensiva y una cantidad considerable de asfalto se pega a los zapatos y llantas de los vehículos al menos durante varias semanas al año. **Ver figura 3.5.c.**

### Figura 3.5. Exudación



**Exudación de nivel de severidad baja(a), medio (b), y alto(c).**

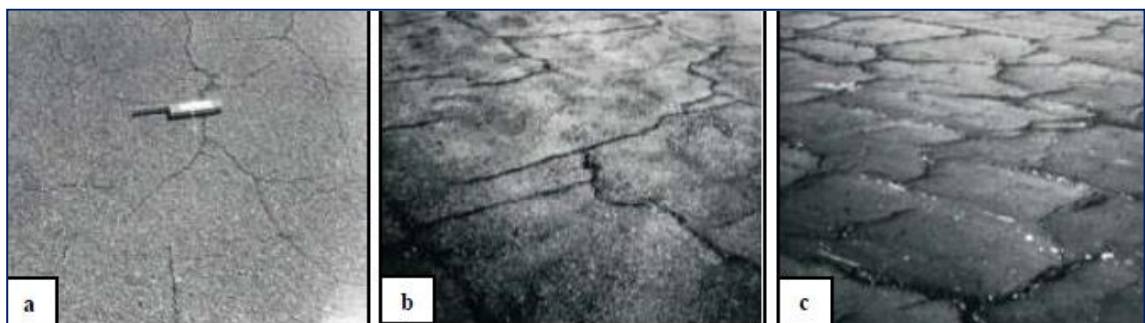
**Unidad de medida** – La exudación es medida en metros cuadrados.

### 2. Fisuras en Bloque

**L** – Los bloques están definidos por fisuras de baja severidad. **Ver figura 3.6.a.**

**M** – Los bloques están definidos por fisuras de mediana severidad. **Ver figura 3.6.b.**

**H** – Los bloques están definidos por fisuras de alta severidad. **Ver figura 3.6.c.**



**Fisuras en bloque de niveles de severidad baja(a), medio (b), y alto(c).**

**Unidad de medida** – Las fisuras en bloque son medidas en metros cuadrados.

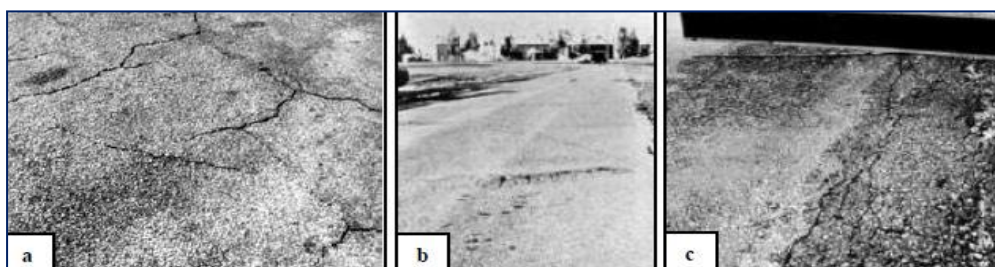
### 3. Abultamientos y Hundimientos

**L** – Los abultamientos o hundimientos producen una calidad de tránsito de baja severidad, es decir, que se perciben ciertas vibraciones dentro del vehículo al pasar sobre el área fallada, pero no es necesario reducir la velocidad por seguridad. **Ver figura 3.7.a.**

**M** – Los abultamientos o hundimientos producen una calidad de tránsito de mediana severidad. **Ver figura 3.7.b.**

**H** – Los abultamientos o hundimientos producen una calidad de tránsito de alta severidad.. **Ver figura 3.7.c.**

### **Figura 3.7 Abultamiento y Hundimientos**



**Abultamientos y Hundimientos de niveles de severidad baja(a), medio (b), y alto(c).**

**Unidad de medida** – Los abultamientos y hundimientos son medidos en metros lineales

#### **4. Corrugación**

**L** – Las corrugaciones producen una calidad de tránsito de baja severidad, como ya se vio en la falla anterior, se perciben ciertas vibraciones dentro del vehículo de inspección, pero no es necesario reducir la velocidad por seguridad o comodidad. **Ver figura 3.8.a.**

**M** – Las corrugaciones producen una calidad de tránsito de mediana severidad, es decir, se perciben vibraciones significativas dentro del vehículo y es necesario reducir la velocidad por seguridad y comodidad. **Ver figura 3.8.b.**

**H** – Las corrugaciones producen una calidad de tránsito de alta severidad. Se perciben vibraciones excesivas dentro del vehículo, por lo que es necesario reducir la velocidad considerablemente por seguridad y comodidad. **Ver figura 3.8.c.**

**Unidad de medida** – La corrugación es medida en metros cuadrados.



### Figura 3.8 Corrugación



Corrugación de nivel de severidad baja(a), medio (b), y alto(c).

### 5. Depresión

**L** – La depresión tiene una altura que varía de 13 a 25 mm. **Ver figura 3.9.a.**

**M** – La altura deprimida tiene un rango de 25 a 50 mm. **Ver figura 3.9.b.**

**H** – La depresión tiene más de 50 mm. **Ver figura 3.9.c.**

**Unidad de medida** – Las depresiones son medidas en metros cuadrados.



Figura 3.9 Depresión de nivel de severidad baja(a), medio (b), y alto(c).

### 6. Fisura de Borde

**L** – Se da un bajo o mediano fisuramiento sin fragmentación o desprendimiento. **Ver figura 3.10.a.**

**M** – Se aprecia un mediano fisuramiento con alguna fragmentación o desprendimiento. **Ver figura 3.10.b.**

**H** – Existe una desintegración considerable a lo largo del borde. **Ver figura 3.10.c.**

**Unidad de medida** – Las fisuras de borde son medidas en metros lineales.

### Figura 3.10 Fisuras de Borde



Fisura de Borde de nivel de severidad baja(a), medio (b), y alto(c).

## 7. Fisura de Reflexión de Junta (de losas de concreto longitudinales o transversales)

**L** – Se cumple una de las siguientes condiciones:

- a) fisura sin relleno de ancho menor a 10 mm
- b) fisura con relleno de cualquier ancho (el material de relleno se encuentra en buenas condiciones). **Ver figura 3.11.a.**

**M** – Se cumple una de las siguientes condiciones:

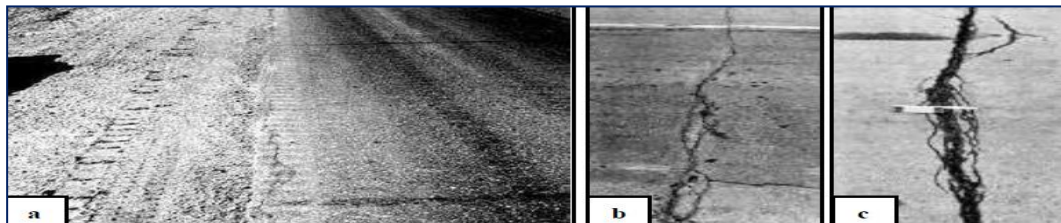
- a) fisura sin relleno de ancho mayor o igual a 10 mm y menor a 75mm.
- b) fisura sin relleno menor o igual a 75 mm rodeada de fisuras de baja severidad. **Ver figura 3.11.b.**

**H** – Se cumple una de las siguientes condiciones:

- a) fisura con o sin relleno rodeada de fisuras de mediana o alta severidad;
- b) fisura sin relleno de ancho mayor a 75 mm. **Ver figura 3.11.c.**

**Unidad de medida** – Las fisuras de reflexión de junta son medidas en metros lineales.

**Figura 3.11 Fisura de Reflexión de Junta**



**Fisura de Reflexión de junta de nivel de severidad baja(a), medio (b), y alto(c).**

## 9. Desnivel Carril - Berma

**L** – La diferencia entre las elevaciones del pavimento y la berma es mayor a 25mm y menor a 50 mm. **Ver figura 3.12.a.**

**M** – La diferencia entre las elevaciones del pavimento y la berma es mayor a 50mm y menor a 100 mm. **Ver figura 3.12.b.**

**H** – La diferencia entre las elevaciones del pavimento y la berma es mayor a



100 mm. **Ver figura 3.12.c.**

**Unidad de medida** – El desnivel carril-berma es medido en metros lineales.

### **Figura 3.12 Desnivel Carril-Berma**

## **10. Fisuras Longitudinales y Transversales**

**L** – Se cumple una de las siguientes condiciones:

- a) fisura sin relleno de ancho menor a 10 mm.
- b) fisura con relleno de cualquier ancho (el material de relleno está en buenas condiciones). **Ver figura 3.13.a.**

**M** – Se cumple una de las siguientes condiciones:

**H** – Se cumple una de las siguientes condiciones:

- a) fisura con o sin relleno, rodeada de fisuras en forma aleatoria, de mediana o alta severidad.
- b) fisura sin relleno de ancho mayor a 75 mm.
- c) fisura de cualquier ancho donde aproximadamente 100 mm del pavimento que la rodea está severamente fracturado. **Ver figura 3.13.c.**

**Unidad de medida** – Las fisuras longitudinales y transversales con medidas en metros lineales.

### **Figura 3.13 Fisuras Longitudinales y Transversales**



**Fisura Longitudinal y Transversal de nivel de severidad baja(a), medio (b), y alto(c).**

## **11. Parches y Parches de Cortes Utilitarios**

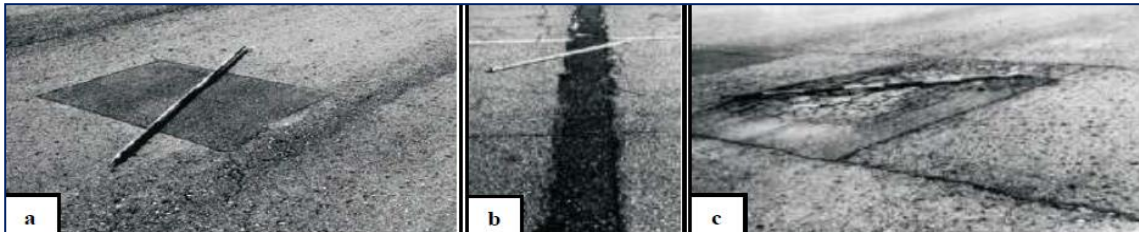
**L** – El parche se encuentra en buenas condiciones y la calidad de tránsito es de baja severidad. **Ver figura 3.14.a.**

**M** – El parche está deteriorado en forma moderada, la calidad de tránsito es calificada como de mediana severidad. **Ver figura 3.14.b.**

H – El parche se encuentra muy deteriorado y la calidad de tránsito es de alta severidad. **Ver figura 3.14.c.**

**Unidad de medida** – Los parches son medidos en metros cuadrados.

### Figura 3.14 Parche y Parches de Cortes Utilitarios



Parches de cortes Utilitarios de nivel de severidad baja(a), medio (b), y alto(c).

## 12. Agregado Pulido

No hay niveles de severidad definidos para este tipo de falla. El agregado pulido debe ser claramente notable en la unidad de muestra, y la superficie de agregado debe ser suave al tacto. **Ver figura 3.15.**

**Unidad de medida** – El agregado pulido es medido en metros cuadrados

### Figura 3.15 Agregado Pulido



**El agregado Pulido no tiene niveles de severidad definidos.**

## 13. Baches

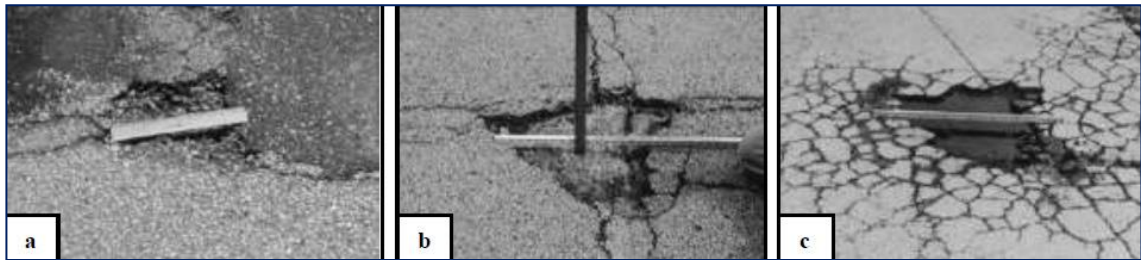
Los niveles de severidad para baches menores a 750 mm de diámetro.

Si el bache tiene un diámetro mayor a 750 mm, el área debe ser determinada en metros cuadrados y dividida entre 0.5 m<sup>2</sup> para hallar el número equivalente de baches. Si la profundidad es menor o igual a 25 mm los baches son considerados de mediana severidad (ver figura 3.16.b); en cambio, si la

profundidad es mayor a 25 mm, los baches son de alta severidad (ver figura 3.16.c).

**Unidad de medida** – Los baches no son medidos sino contados y registrados por separado de acuerdo a su nivel de severidad bajo, mediano o alto.

### Figura 3.16 Baches



Baches de niveles de severidad baja(a), medio (b), y alto(c).

### 14. Ahuellamientos

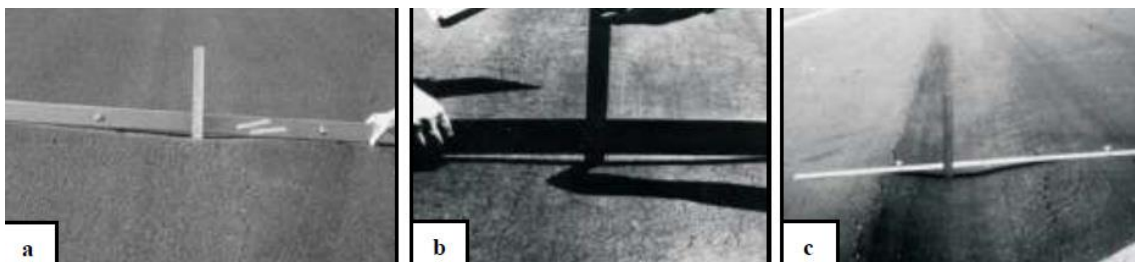
**L** – La depresión superficial, causada por las ruedas de los vehículos, varía entre 6 y 13 mm. **Ver figura 3.17.a.**

**M** – La depresión va entre 13 y 25 mm. **Ver figura 3.17.b.**

**H** – La depresión es mayor a 25 mm. **Ver figura 3.17.c.**

**Unidad de medida** – El ahuellamiento es medido en metros cuadrados.

### Figura 3.17 Ahuellamiento



Ahuellamiento nivel de severidad baja(a), medio (b), y alto(c).

### 15. Desplazamiento

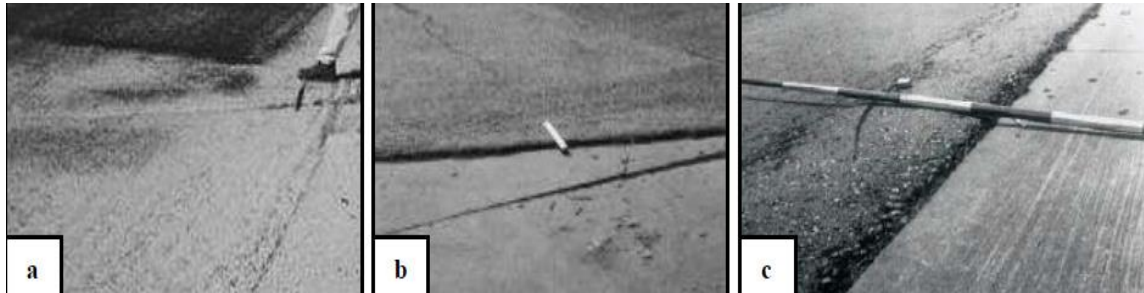
**L** –El desplazamiento genera una calidad de tránsito de baja severidad. **Ver figura 3.18.a.**

**M** – El desplazamiento genera una calidad de tránsito de mediana severidad. **Ver figura 3.18.b.**

**H** – El desplazamiento genera una calidad de tránsito de alta severidad. **Ver figura 3.18.c.**

**Unidad de medida** – Los desplazamientos son medidos en metros cuadrados.

### Figura 3.18 Desplazamiento



Desplazamiento de nivel de severidad baja(a), medio (b), y alto(c).

### 16. Fisura parabólica o por deslizamiento

**L** – El ancho promedio de la fisura es menor a 10 mm. **Ver figura 3.19.a.**

**M** – Se cumple una de las siguientes condiciones:

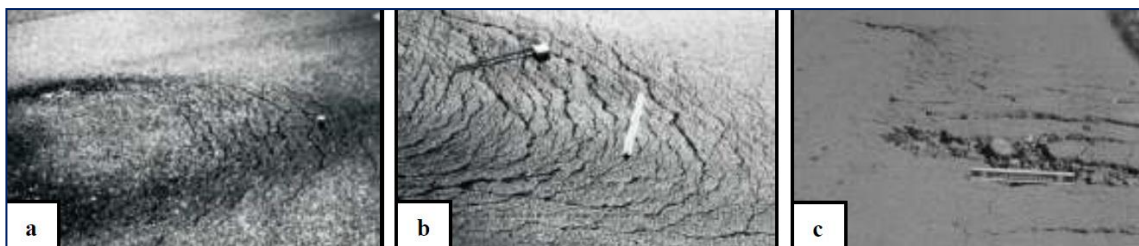
- a) el ancho promedio de la fisura es  $\geq 10$  y  $< 40$  mm;
- b) el área que rodea la fisura está descascarada en forma moderada, o rodeada de otras fisuras. **Ver figura 3.19.b.**

**H** – Se cumple una de las siguientes condiciones:

- a) el ancho promedio de la fisura es  $> 40$  mm;
- b) el área que rodea la fisura está fracturada en pequeñas piezas removidas.

**Ver figura 3.19.c.**

**Unidad de medida** – Las fisuras parabólicas o por deslizamiento son medidas en metros cuadrados. **Figura 3.19 Fisura Parabólica**



Fisura parabólica de nivel de severidad baja(a), medio (b), y alto(c).

### 17. Hinchamiento

**L** – Cuando el hinchamiento causa una calidad de tránsito de severidad baja.

**M** – Cuando el hinchamiento causa una calidad de tránsito de severidad mediana.

**H** – Cuando el hinchamiento causa una calidad de tránsito de severidad alta.

**Ver figura 3.20.**

**Unidad de medida** –El área de hinchamiento es medido en metros cuadrados.

**Figura 3.20 Hinchamiento**



### **18. Peladura por intemperismo y desprendimiento de agregado**

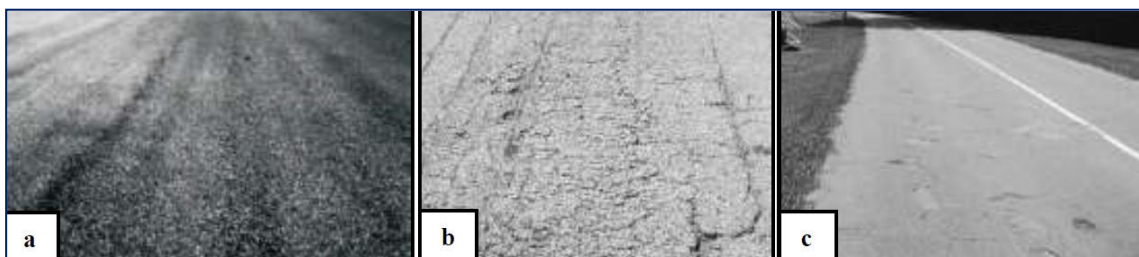
**L** – El agregado o el ligante ha comenzado a desprenderse. En algunas áreas de la pista se aprecian huecos. En el caso de derrames, las manchas de aceite son visibles, pero la superficie está dura y no puede ser penetrada con una moneda. **Ver figura 3.21.a.**

**M** – Se han desprendido los agregados o el ligante. La textura en la superficie es moderadamente rugosa y presenta pequeños huecos. **Ver figura 3.21.b.**

**H** – El desprendimiento del ligante y el agregado es considerable. La textura de la superficie es muy rugosa y está severamente ahuecada. **Ver figura 3.21.c.**

**Unidad de medida** –Las peladuras y desprendimientos son medidos en metros cuadrados.

**Figura 3.21 Peladura por Intemperismo**



**Peladura por Intemperismo de nivel de severidad baja(a), medio (b), y alto(c).**

## CAPÍTULO III

# PRESENTACIÓN, ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

### 3.1. ANÁLISIS DE TABLAS Y GRÁFICOS

#### EVALUACIÓN DE LA AV. JOSÉ MATÍAS MANZANILLA

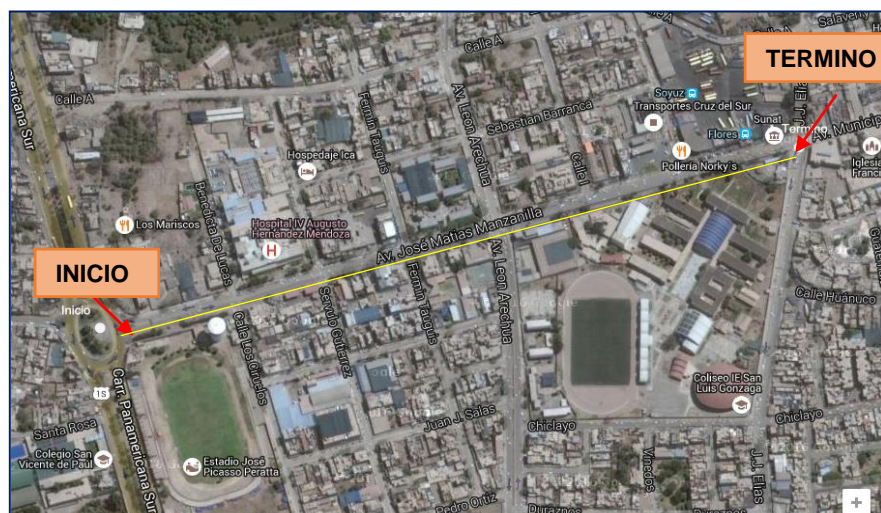
##### A. Información Preliminar

A continuación, se dará una explicación general de la zona de estudio, donde se llevó a cabo la inspección visual; con el fin de conocer el lugar de trabajo y tener en cuenta las características de tránsito de la avenida a analizar.

##### B. Ubicación

La zona a estudiar se ubica en la Av. José Matías Manzanilla, provincia de Ica, departamento de Ica; que comprende 437 metros lineales de pavimento Flexible. Como la Av. José Matías Manzanilla es de un solo sentido, se analizarán 400 metros lineales de vía. El punto de inicio es en el ovalo Renán Elías, a partir de ahí se recorrerá 400 metros lineales, hasta llegar al cruce de las avenidas JJ. Elías con la Av. Municipalidad, esquina de la Sunat. **Ver figura 4.1.**

**Figura 4.1 Plano de Localización**



##### C. Antecedentes

En los antecedentes, se hace referencia a las obras de reparación previas a la auscultación vial, que han sido ejecutadas en la calle de estudio. Una de



ellas se denomina “mejoramiento de los servicios de agua potable y alcantarillado en la urbanización san miguel, provincia de Ica, departamento de Ica”. Cuya obra afecto el tramo de la av. Matías manzanilla.

Que comprende la rehabilitación de veredas y sardineles, incluyendo trabajos de demolición de sardineles existentes. Es por ello que se ha considerado el bacheo de la vía con el fin de reparar las zonas aledañas de la vía asfaltada, que puedan dañarse con la demolición. Los trabajos que se realizaron en el proyecto fueron:

- a) Construcción de veredas de concreto simple  $f'c=140\text{kg/cm}^2$
- b) Demolición y reconstrucción de sardineles de concreto simple  $f'c=175\text{kg/cm}^2$
- c) Bacheo de pavimento flexible deteriorado por efecto de la demolición de sardineles y veredas colindantes. Se reemplazó la capa de base afirmada de  $e=0.20\text{m}$  y se aplicó un recapeo o capa nivelante (con asfalto en frio de 2” de espesor promedio en la superficie del pavimento flexible, previo riego de liga.
- d) El riego de liga se realizó con asfalto líquido de curado rápido RC-250.

#### **D. Carga de Tránsito**

Las cargas de transito hacen referencia a las tensiones producidas por las solicitaciones externas debido al flujo o circulación constantes en una calle o avenida. Todo pavimento debe ser diseñado para resistir una determinada carga de tránsito, ya que, de lo contrario, la pista sufriría daños permanentes, pues soportarían cargas muchos mayores a las esperadas.

Es por esto, que es de suma importancia conocer el tipo de vehículos que van a transitar una determinada vía. Para nuestro caso, los vehículos que recorren la avenida J.M Manzanilla son los siguientes: motos lineales, moto taxis, autos, combis, microbuses, buses interprovinciales, etc.

El flujo vehicular que circula en la red de pavimento es constante, es decir, que no hay variaciones significativas del tránsito entre los dos tramos existentes. Se puede considerar que, en los 437 metros lineales de pavimento, el tráfico es el mismo.

## E. Aplicación de PCI

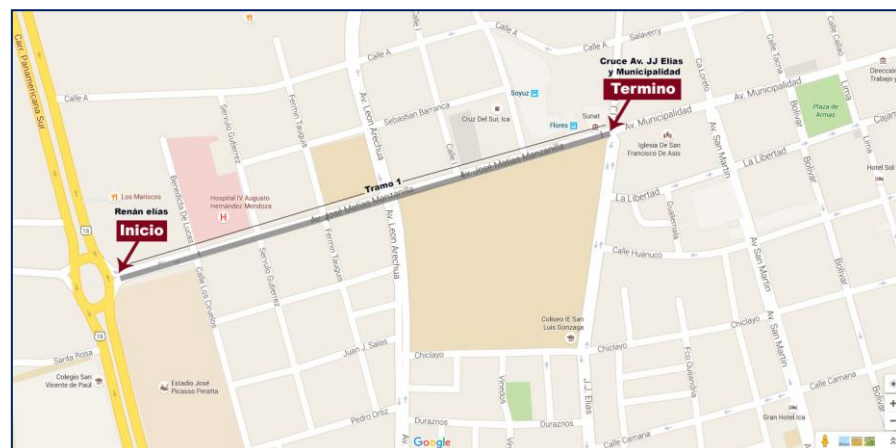
Se detallará la metodología aplicada para el caso particular de la Av. J.M Manzanilla, siguiendo los lineamientos definidos por el **ASTM D6433-03**, procedimiento estándar para la inspección del índice de condición del pavimento en caminos y estacionamientos.

## F. Muestreo y Unidades de Muestra

El muestreo se llevará a cabo siguiendo el procedimiento detallado a continuación.

1. Identificar tramo o áreas en el pavimento con diferentes usos en el plano de distribución de la red, tales como caminos y estacionamientos. Para ello tiene que quedar completamente definido el sistema de pavimentos a ser analizados, es decir, la red de pavimento.

Se ha definido como red de pavimento, a 437 metros lineales de pavimento flexible que forman parte de la av. J.M. Manzanilla. dentro de ese sistema, se encuentra el tramo de pavimento, son los 400 metros lineales de pista correspondientes al sentido de la vía, como se puede apreciar en la figura, se ha llamado tramo 1.



2. Dividir el tramo en secciones basándose en criterios como diseño del pavimento, historia de construcción, tráfico y condición del mismo.
3. El criterio de diseño también es descartado, pues la presente investigación abarca únicamente pavimentos urbanos flexibles.



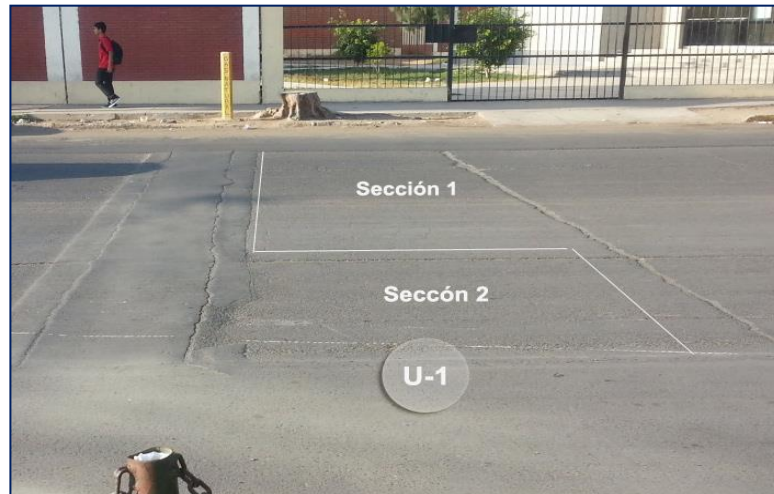
4. Para hacer la división del tramo, se toma en cuenta el estado en que se encuentra el pavimento. Se hace un recorrido por el tramo, observando la condición de la vía e identificando los cambios de estado de la pista. se definen dos secciones pertinentes del tramo 1



5. Dividir las secciones establecidas del pavimento en unidades de muestra. Como el ancho de pista es un valor constante igual a 6.10 m, se definieron las siguientes dimensiones para las unidades de muestra: 6.10\*37.5 metros, abarcando un área de 228.75  $m^2$ . En cada tramo se analizaron 2 unidades de a ser inspeccionadas en la red.
6. Cada unidad de muestra es señalada en el pavimento e identificada por medio de un código, como, por ejemplo, U-1 indica que se trata de la

unidad de muestra 1. Esto permitirá su fácil localización en caso se quiera verificar alguna información. ver en la figura.6.1

**Figura 6.1. Unidad de Muestra.**



7. Selecciona las unidades de muestra a ser inspeccionadas. En este caso, se estudiarán todas las unidades de muestra existentes dentro de la red de pavimentos, para obtener una mejor estimación del estado en que se encuentran.

#### **G. Procedimiento de Inspección**

8. Inspeccionar cada unidad de muestra seleccionada.
9. Registrar el tramo y número de sección, así como el número de unidad de muestra.
10. Registrar el tamaño de unidad de muestra con la cinta métrica.
11. Realizar la inspección de las fallas, cuantificado cada nivel de severidad y llenando la información obtenida en las hojas de registro. Los tipos de fallas y el grado de severidad que se encuentran descritos en la tesis.
12. Repetir este procedimiento para cada unidad de muestra a ser inspeccionada.

## Resultados

### 1. Determinación del índice de estado del pavimento

A continuación, se explican los datos de campo obtenidos durante la inspección visual de fallas en la Av. J.M. manzanilla; así como el cálculo del índice de condición de pavimento de la unidad de la muestra analizada.

### 2. Resultado del Tramo 1

#### Unidad de muestra U1

La unidad de muestra U1 tiene  $228.75m^2$  y pertenece al tramo 1 de la Av. Manzanilla. No presenta cambios de sección dentro de su área, por lo que se le ha denominado sección 1 del pavimento.

Las fallas encontradas con nivel de severidad bajo fueron: corrugación, depresión, fisuras de bore, ahuellamiento, desplazamiento, hinchamiento y piel de cocodrilo, etc. Además, se registraron parches de mediana a alta severidad.

Las fallas más influyentes en el deterioro del pavimento son los baches, grietas longitudinales y transversales, intemperismo, exudación, que son fallas que afectan a la estructura del pavimento, y se presentan en gran parte de la superficie analizada.

La exudación, fisuras de borde, desplazamiento, hinchamiento y parche de alta severidad, no afectan el estado del pavimento, pues el tamaño de estas fallas no es representativo comparado con toda la unidad de muestra. Es por ello que el valor deducido es cero.

El resultado es el siguiente se obtuvieron 5 valores deducidos: 39, 15, 14,5 y 4 siguiendo el procedimiento del PCI.se obtiene como máximo valor deducido corregido 47, dando como resultado un índice de 53 que representa a un pavimento regular. Ver tabla 2.1

**Tabla 2.1. Hoja de Registro de la unidad de muestra U1, seccion1, de la Av. José Matías Manzanilla.**

METODO PCI						ESQUEMA											
INDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO EN VÍAS DE PAVIMENTO FLEXIBLE																	
HOJA DE REGISTRO																	
Nombre de la vía:		Av. Matias Manzanilla			Sección:		1		Unidad de muestra:		U1						
Nombre de Ejecutor :		José Celestino			Fecha:		20/06/2016		Área		228.75						
1.Piel de cocodrilo	2.Exudación	3.fisuras en bloque	4.Abultamientos y hundimientos	5.Corrugación	6. Depresión	7.fisura de borde	8.fisura de reflexion de junta	9.desnivel carril-berma	10.Fisuras longitudinales y transversales	11.Parches y Parches de cortes utilitarios	12.Agregado pulido	13.Baches	14.Ahuellamiento	15.Desplazamiento	16.Fisura parabolica o por deslizamiento	17.Hinchamiento	18.Peladura por intemperismo y desprendimiento de agregados
FALLA	CANTIDAD					TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO									
2L	0.024	0.0023	0.5			0.53	0.23	0									
5L	13.45	25.5	50.2	25.8	36	77.8	228.75	100.00	39								
6L	0.4	0.23	0.2	0.8	0.8	0.25	2.68	1.17	5								
7L	0.07	0.15	0.01				0.23	0.10	0								
11M	0.275						0.28	0.12	4								
11M	0.08						0.08	0.03	0								
14L	0.13	0.04	1.15	2.25	0.35	0.28	4.20	1.84	14								
15L	0.102	0.06	0.075	0.082	0.056	0.01	0.39	0.17	0								
17L	0.26	0.38					0.64	0.28	0								
18L	13.64	23.48	42.2	25.8	45.95	77.4	228.47	99.88	15								

**Tabla2.2** Calculo del PCI de la unidad de muestra U1

**Valores Deducidos Corregidos**

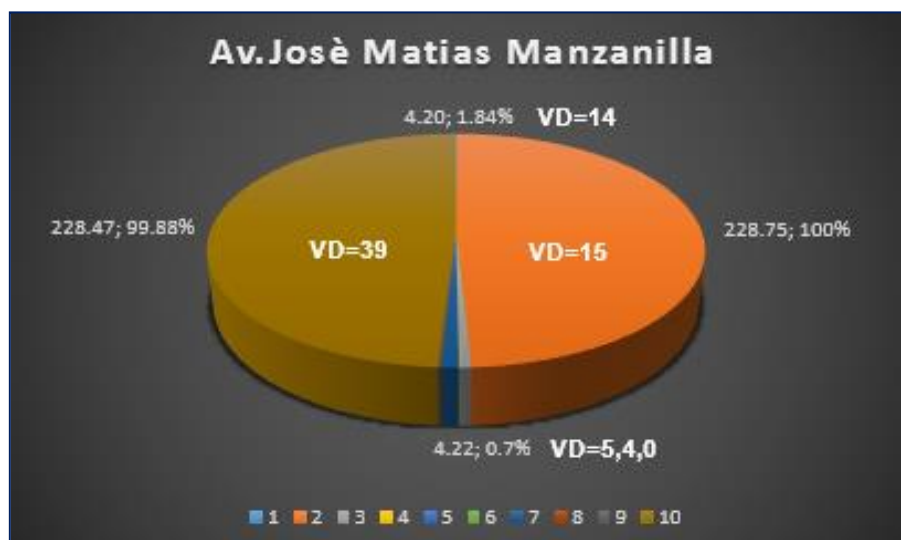
#	Valor Deducido					Total	q	CDV
1	39	15	14	5	4	77	5	40
2	39	15	14	5	2	75	4	42
3	39	15	14		2	70	3	46
4	39	15	2	2	2	60	2	44
5	39	2	2	2	2	47	1	47

**Max CDV = 47**

**PCI = 53**

**Rating = REGULAR**

RANGOS DE CALIFICACIÓN DEL PCI	
RANGO	CLASIFICACIÓN
100 – 85	Excelente
85 – 70	Muy bueno
70 – 55	Bueno
<b>55 – 40</b>	<b>Regular</b>
40 – 25	Malo
25 – 10	Muy malo
10 - 0	Fallado

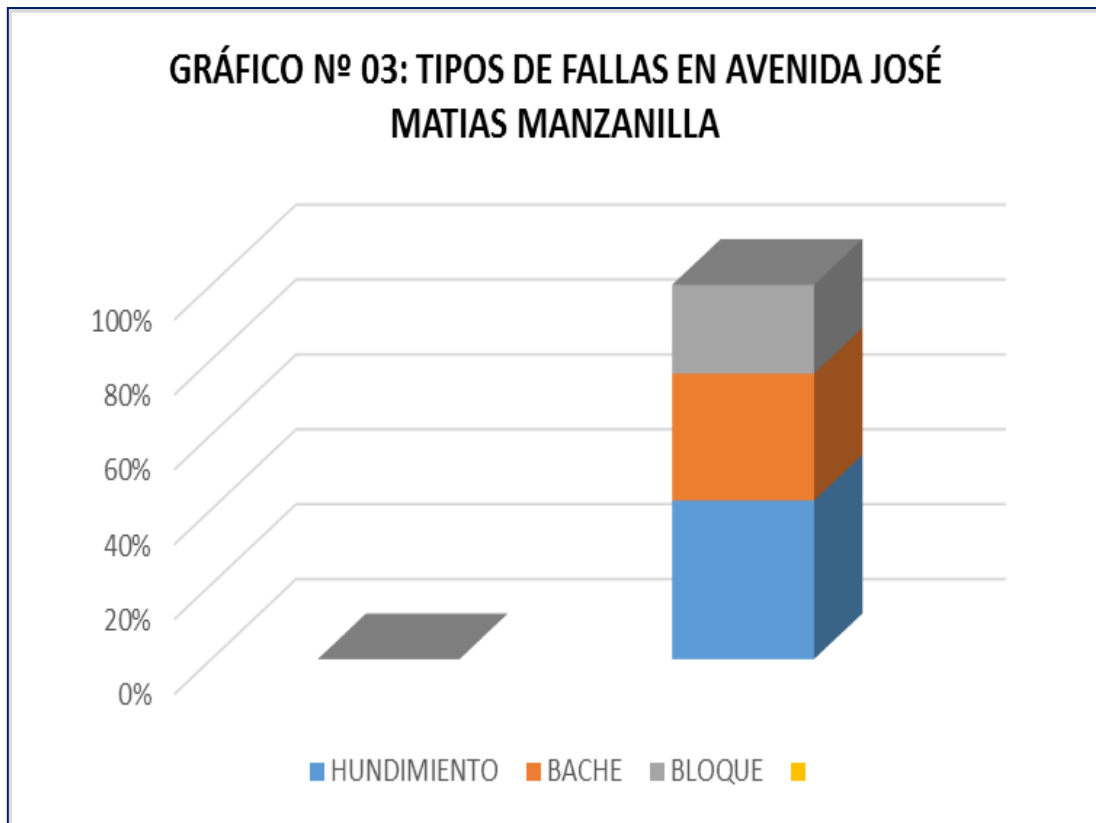


**TABLA N° 01: FALLAS EN LA AVENIDA JOSE MATIAS MANZANILLA**

**INDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO**

**53**

	DENSIDAD	VALOR REDUCCIÒN
HUNDIMIENTO	1.17%	39
BACHE	1.84%	20
BLOQUE	0.17%	5
PELADURA	99.88%	15



Fuente: observación visual en la avenida José Matías Manzanilla



## ILUSTRACIONES FOTOGRAFICAS

Tema: Evaluación de fallas en la Avenida José Matías Manzanilla

Fecha: 18 junio del 2016

### FALLA: BACHE



**DETALLES:** Se observa la falla de desnivel producido en el pavimento de las pistas de la Avenida José Matías Manzanilla

## FICHA TECNICA

Tema: Patología del pavimento

Fecha: 18 de junio del 2016

### FALLA: BLOQUE



**DETALLES:** Se observa en la foto grietas lineales en bloque.

## FICHA TECNICA

Tema: Patología del pavimento

Fecha: 18 de junio del 2016

### FALLA: HUNDIMIENTO



#### DETALLES:

En la foto se puede apreciar la falla del pavimento representado por hundimiento en la avenida José Matías Manzanilla.

## FICHA TECNICA

Tema: Patología del pavimento

Fecha: 18 de junio del 2016

### FALLA: HUNDIMIENTO



**DETALLES:** Observamos la presencia de pavimentos con fallas de hundimiento en la avenida José Matías Manzanilla.

## EVALUACIÓN DE LA AV. SAN MARTIN

### H. Información Preliminar

A continuación, se dará una explicación general de la zona de estudio, donde se llevó a cabo la inspección visual; con el fin de conocer el lugar de trabajo y tener en cuenta las características de tránsito de la avenida a analizar.

### I. Ubicación

La zona a estudiar se ubica en la Av. San Martín, provincia de Ica, departamento de Ica; que comprende 950 metros lineales de pavimento Flexible. Como la Av. San Martín es de un solo sentido, se analizarán 400 metros lineales de vía.

El punto de inicio es en el cruce de la Av. Municipalidad, a partir de ahí se recorrerá 400 metros lineales, hasta llegar al cruce de la Av. Cutervo. **Ver figura 4.2.**

**Figura 4.2 Plano de Localización**



### J. Antecedentes

Proyecto de ensanchamiento de la doble vía de la Av. San Martín, denominado “Mejoramiento de la Av. San Martín entre la Av. Municipalidad y calle Camaná, Provincia de Ica – Ica”, es sin duda es una ejecución de la doble vía de la Av. San Martín.

Donde uno de los pedidos formulados por el regidor William de la Cruz fue sobre los informes de la expropiación de los predios de la primera y cuarta cuadra de la citada avenida, donde se diseñará la doble vía.

Este Proyecto consiste en mejorar la accesibilidad de los vehículos con lo cual se llevó acabo la pavimentación con carpeta asfáltica en caliente  $e=2$ , ancho de calzada de 6.10 m. El área de pavimentación es 15752.65 metros cuadrados.; Construcción de 3,556.01 m<sup>2</sup> de veredas de concreto de  $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$ , con un acabado de cemento pulido y lisado, con un ancho de la Acera entre 1.75 a 1.50 m y un espesor de 0.15 m.

### **K. Carga de Tránsito**

Las cargas de transito hacen referencia a las tensiones producidas por las solicitudes externas debido al flujo o circulación constantes en una calle o avenida.

Es por esto, que es de suma importancia conocer el tipo de vehículos que van a transitar una determinada vía. Para nuestro caso, los vehículos que recorren la avenida San Martin son los siguientes: motos lineales, bicicletas, furgonetas, camionetas, moto taxis, autos, combis, microbuses, taxis, etc.

El flujo vehicular que circula en la red de pavimento es constante, es decir, que no hay variaciones significativas del tránsito entre los dos tramos existentes. Se puede considerar que, en los 950 metros lineales de pavimento, el tráfico es el mismo.

### **L. Aplicación de PCI**

Se detallará la metodología aplicada para el caso particular de la Av. San Martin, siguiendo los lineamientos definidos por el **ASTM D6433-03**, procedimiento estándar para la inspección del índice de condición del pavimento en caminos y estacionamientos.

### **M. Muestreo y Unidades de Muestra**

El muestreo se llevará a cabo siguiendo el procedimiento detallado a continuación.

13. Identificar tramo o áreas en el pavimento con diferentes usos en el plano de distribución de la red, tales como caminos y estacionamientos. Para ello tiene que quedar completamente

definido el sistema de pavimentos a ser analizados, es decir, la red de pavimento.

Se ha definido como red de pavimento, a 950 metros lineales de pavimento flexible que forman parte de la av. San Martín. dentro de ese sistema, se encuentra el tramo de pavimento, son los 400 metros lineales de pista correspondientes al sentido de la vía, como se puede apreciar en la figura, se ha llamado tramo 2.



14. Dividir el tramo en secciones basándose en criterios como diseño del pavimento, historia de construcción, tráfico y condición del mismo.
15. El criterio de diseño también es descartado, pues la presente investigación abarca únicamente pavimentos urbanos flexibles.
16. Para hacer la división del tramo, se toma en cuenta el estado en que se encuentra el pavimento. Se hace un recorrido por el tramo, observando la condición de la vía e identificando los cambios de estado de la pista. Así, se identificaron un total de dos secciones bien marcadas. El tramo 2 se dividió en dos secciones. Tal como se muestra en la figura, sección de pavimento encontrado en tramo 2.



Primer cambio de estado del pavimento .se definen dos secciones pertinentes al tramo 2 de la av. San Martin.



17. Dividir las secciones establecidas del pavimento en unidades de muestra. Como el ancho de pista es un valor constante igual a 6.10 m, se definieron las siguientes dimensiones para las unidades de muestra: abarcando un área de 228.75  $m^2$ . En cada tramo se analizaron 2 unidades de a ser inspeccionadas en la red.

18. Cada unidad de muestra es señalada en el pavimento e identificada por medio de un código, como, por ejemplo, U-2 indica que se trata de la unidad de muestra 2. ver en la **figura.4.3**

**Figura 4.3. Unidad de Muestra.**



19. Selecciona las unidades de muestra a ser inspeccionadas.

#### **N. Procedimiento de Inspección**

20. Inspeccionar cada unidad de muestra seleccionada.

21. Registrar el tramo y número de sección, así como el número de unidad de muestra.



22. Registrar el tamaño de unidad de muestra con la cinta métrica.
23. Realizar la inspección de las fallas, cuantificado cada nivel de severidad y llenando la información obtenida en las hojas de registro. Los tipos de fallas y el grado de severidad que se encuentran descritos en la tesis.
24. Repetir este procedimiento para cada unidad de muestra a ser inspeccionada.

## Resultados

### 3. Determinación del índice de estado del pavimento

A continuación, se explican los datos de campo obtenidos durante la inspección visual de fallas en la Av. San Martín; así como el cálculo del índice de condición de pavimento de la unidad de la muestra analizada.

### 4. Resultado del Tramo 2

#### Unidad de muestra U2

La unidad de muestra U2 tiene  $228.75m^2$  y pertenece al tramo 2 de la Av. San Martín. No presenta cambios de sección dentro de su área, por lo que se le ha denominado sección 1 y 2 del pavimento.

Las fallas encontradas con nivel de severidad bajo fueron: depresión, fisuras de bote, peladuras por intemperismo, ahuellamiento, corrugación, desplazamiento, hinchamiento, etc. Además, se registraron parches de mediana a alta severidad.

Las fallas más influyentes en el deterioro del pavimento son los baches, hundimientos, grietas longitudinales y transversales, intemperismo, exudación, que son fallas que afectan a la estructura del pavimento, y se presentan en gran parte de la superficie analizada.

. Ver tabla 2.1

**Tabla 2.1. Hoja de Registro de la unidad de muestra U2, sección 1, de la Av. San Martín.**

METODO PCI						ESQUEMA		
INDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO EN VÍAS DE PAVIMENTO FLEXIBLE								
HOJA DE REGISTRO								
Nombre de la vía: _____ Av. San Martín _____		Sección: <u>1</u>		Unidad de muestra: <u>U2</u>				
Nombre de Ejecutor : _____ José Celestino _____		Fecha: <u>21/06/2016</u>		Área <u>228.75</u>				
1.Piel de cocodrilo	6. Depresión	11.Parches y Parches de cortes utilitarios		16.Fisura parabolica o por deslizamiento				
2.Exudación	7.fisura de borde	12.Agregado pulido		17.Hinchamiento				
3.fisuras en bloque	8.fisura de reflexion 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
6L	30	40.4	20	20		110.40	48.26	30.5
18L	65.4	35.1	32.5	31	7.25	171.25	74.86	14.4
11L	0.253					0.25	0.11	0
5L	0.05	0.15				0.20	0.09	0
10M	6.25	20.18	9.5	15		50.93	22.26	27.9

**Tabla 2.2** Calculo del PCI de la unidad de muestra U2

**Valores Deducidos Corregidos**

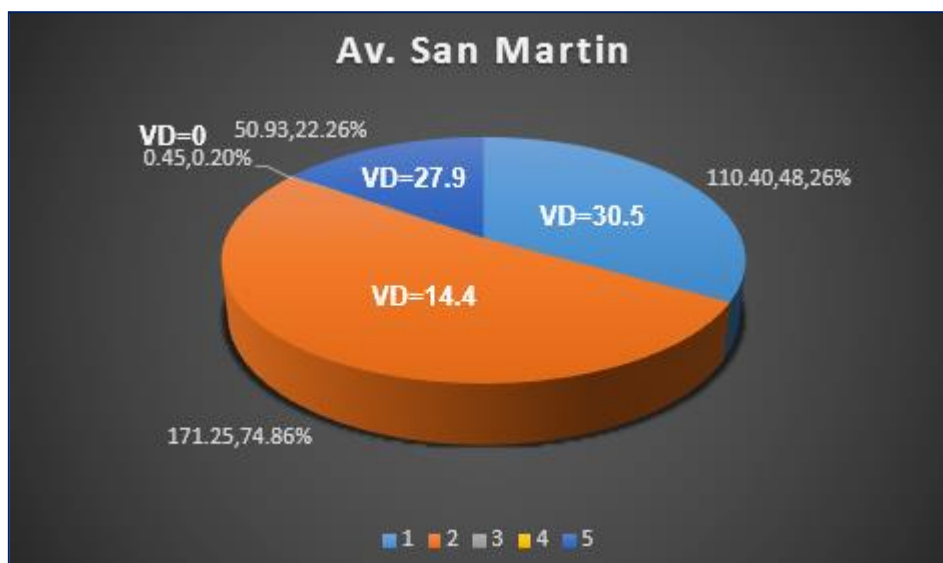
#	Valor Deducido					Total	q	CDV
1	30.5	27.9	14.4			72.8	3	41
2	30.5	27.9	2			60.4	2	45
3	30.5	2	2			34.5	1	34
4								
5								

**Max CDV = 45**

**PCI = 55**

**Rating = REGULAR**

RANGOS DE CALIFICACIÓN DEL PCI	
RANGO	CLASIFICACIÓN
100 – 85	Excelente
85 – 70	Muy bueno
70 – 55	Bueno
<b>55 – 40</b>	<b>Regular</b>
40 – 25	Malo
25 – 10	Muy malo
10 - 0	Fallado

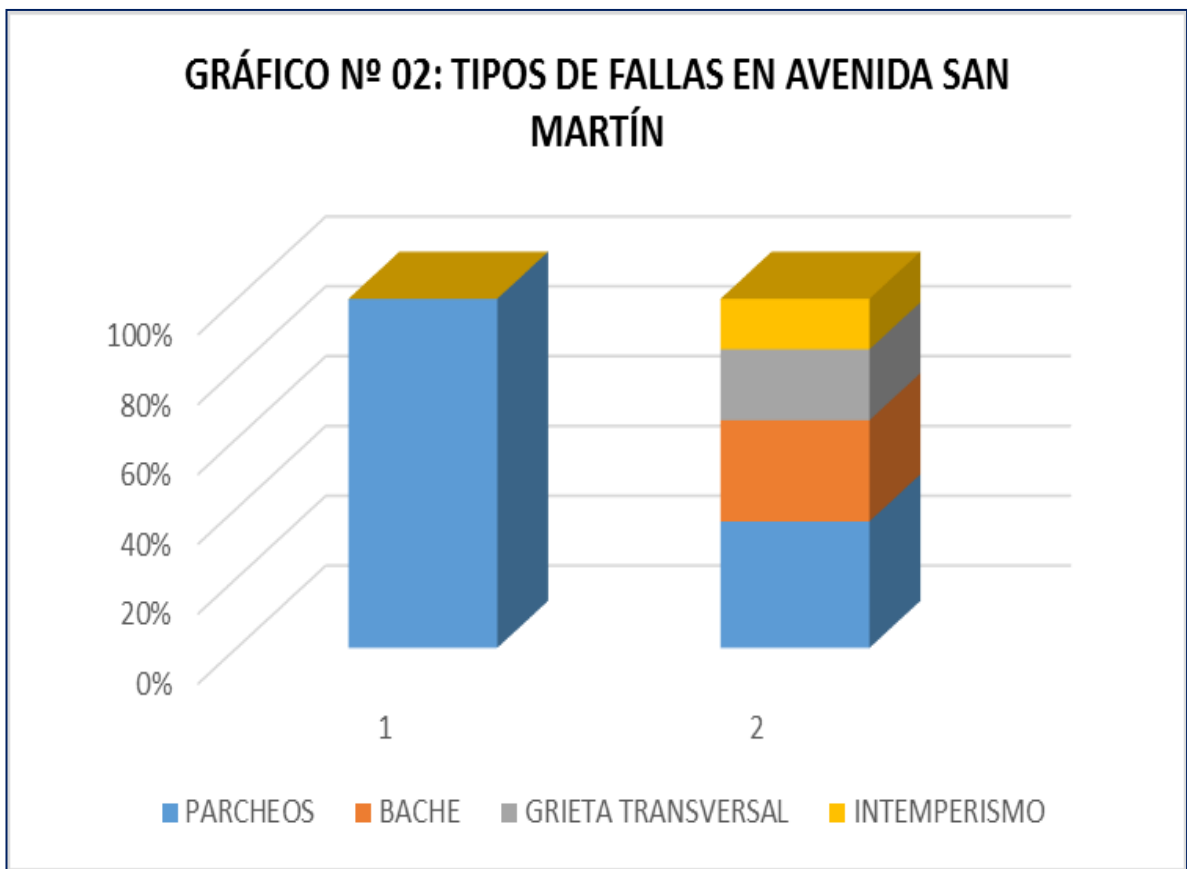


**TABLA N° 02: FALLAS EN LA AVENIDA SAN MARTÍN**

**INDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO**

55

	DENSIDAD	VALOR REDUCCIÒN
PARCHEOS	53,20%	25
BACHE	48.26%	30
GRIETA TRANSVERSAL	22.26%	27
INTEMPERISMO	74.86%	14



Fuente: observación visual en la avenida San Martín

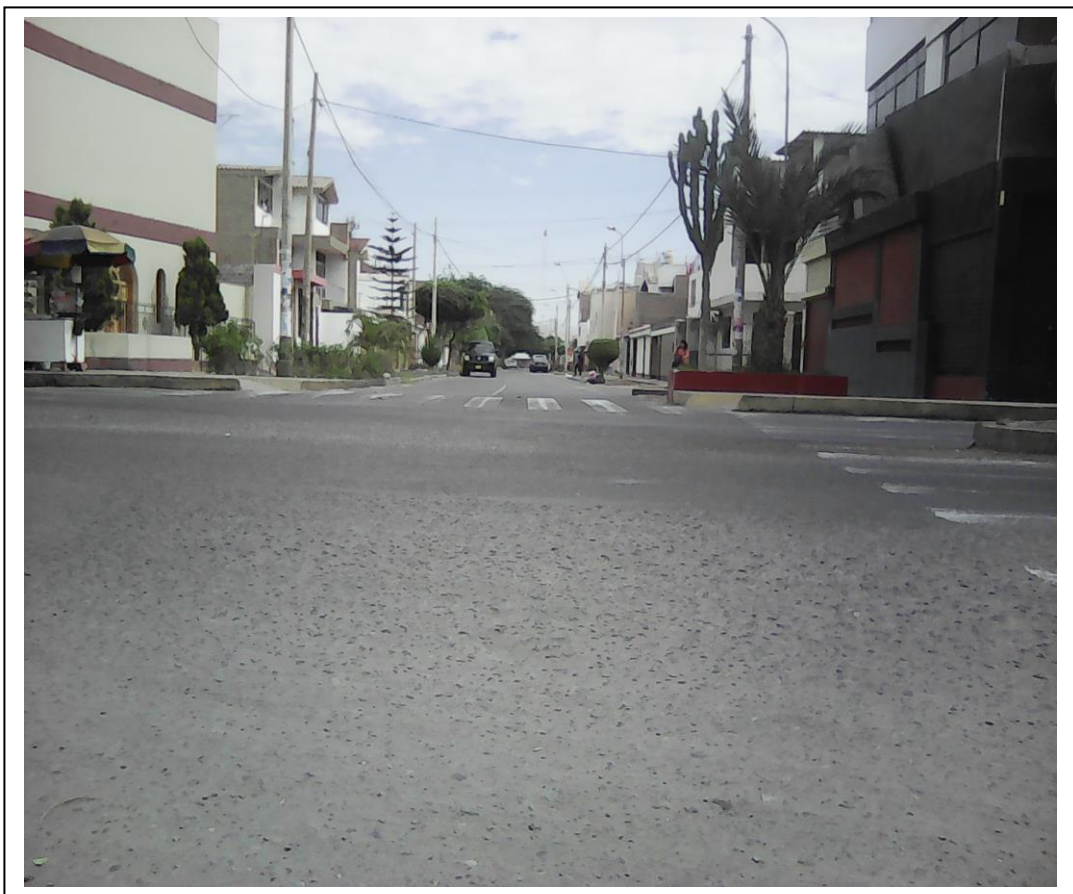
## ILUSTRACIONES FOTOGRAFICAS

### FICHA TECNICA

Tema: Patología del pavimento

Fecha: 18 de junio del 2016

### FALLA: INTEMPERISMO



**DETALLES:** La falla observada corresponde a Intemperismo, observándose el desgaste del material que conforma el pavimento.

## FICHA TECNICA

Tema: Patología del pavimento

Fecha: 18 de Junio del 2016

### FALLA: GRIETA TRANSVERSAL



**DETALLES:** En la foto observada se nota claramente la presencia de la falla en forma de grieta transversal.

## FICHA TECNICA

Tema: Patología del pavimento

Fecha: 18 de Junio del 2016

### FALLA: BACHE



#### DETALLES:

Observando la foto se detalla el tipo de falla, es un desnivel que se encuentra alrededor o entre las vías.

## FICHA TECNICA

Tema: Patología del pavimento

Fecha: 18 de Junio del 2016

### FALLA: PARCHE



**DETALLES:** En la foto se observa claramente la presencia de parches en el pavimento de la avenida San Martin



## EVALUACIÓN DE LA AV. CUTERVO

### O. Información Preliminar

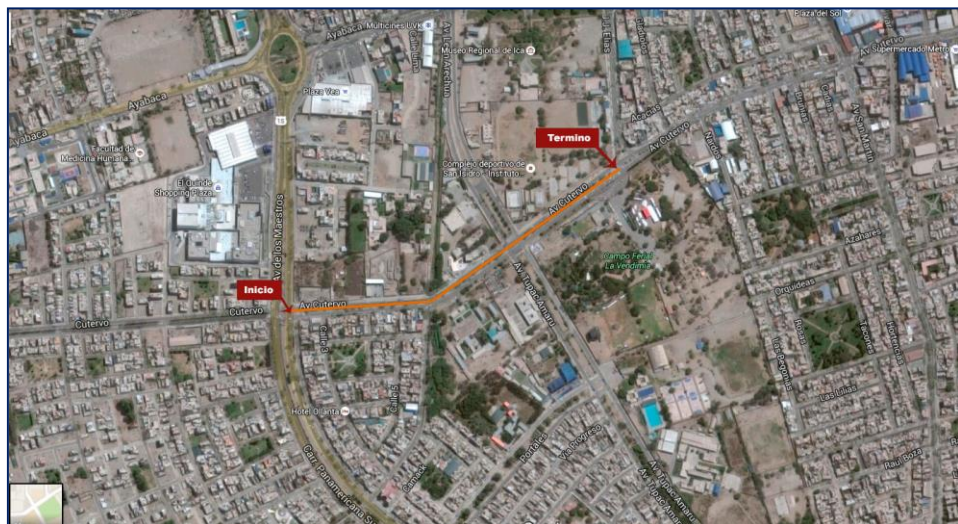
A continuación, se dará una explicación general de la zona de estudio, donde se llevó a cabo la inspección visual; con el fin de conocer el lugar de trabajo y tener en cuenta las características de tránsito de la avenida a analizar.

### P. Ubicación

La zona a estudiar se ubica en la Av. Cutervo, provincia de Ica, departamento de Ica; que comprende 1.32 km de pavimento Flexible.

Como la Av. Cutervo es de dos sentidos, se analizarán 500 metros lineales de vía en un sentido. El punto de inicio es en el cruce de la Av. Los Maestros, a partir de ahí se recorrerá 500 metros lineales, hasta llegar al cruce de la Av.J.J Elías. **Ver figura 4.4.**

### Figura 4.4 Plano de Localización



### Q. Antecedentes

#### **OBRA: “REHABILITACIÓN DEL PAVIMENTO, SARDINELES Y VEREDAS DE LA Av. CUTERVO, ENTRE EL PUENTE CUTERVO y LA Av. LOS MAESTROS, PROVINCIA DE ICA - ICA”**

Con la finalidad de darle aumento de la calidad de vida de la población de la Av. Cutervo, se llevó a cabo la pavimentación con carpeta asfáltica en caliente  $e=2$ , ancho de calzada de 6.10 m. El área de pavimentación es

12892.78 m<sup>2</sup>; Construcción de 3,556.01 m<sup>2</sup> de veredas de concreto de  $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$ , con un acabado de cemento pulido, y un ancho de la Acera entre 1.80 a 1.50 m y un espesor de 0.15 m.

### **R. Carga de Tránsito**

Las cargas de tránsito hacen referencia a las tensiones producidas por las sollicitaciones externas debido al flujo o circulación constantes en una calle o avenida.

Es por esto, que es de suma importancia conocer el tipo de vehículos que van a transitar una determinada vía. Para nuestro caso, los vehículos que recorren la avenida Cutervo son los siguientes: camionetas pick up, motos lineales, bicicletas, volquetes, furgonetas, moto taxis, autos, combis, microbuses, taxis, etc.

### **S. Aplicación de PCI**

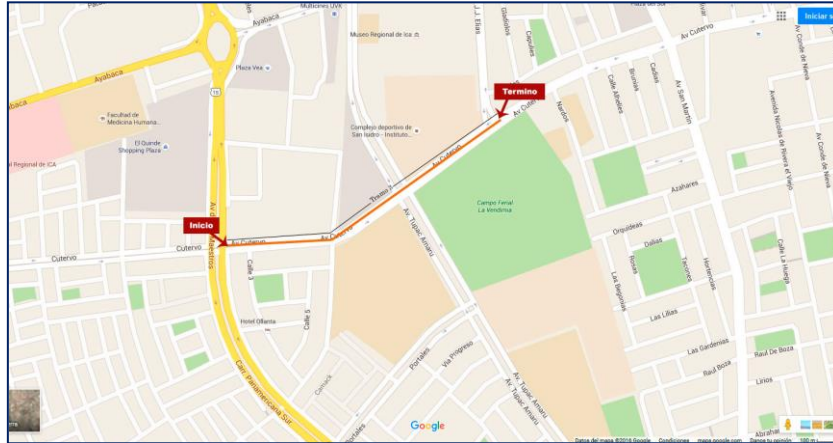
Se detallará la metodología aplicada para el caso particular de la Av. San Martín, siguiendo los lineamientos definidos por el **ASTM D6433-03**, procedimiento estándar para la inspección del índice de condición del pavimento en caminos y estacionamientos.

### **T. Muestreo y Unidades de Muestra**

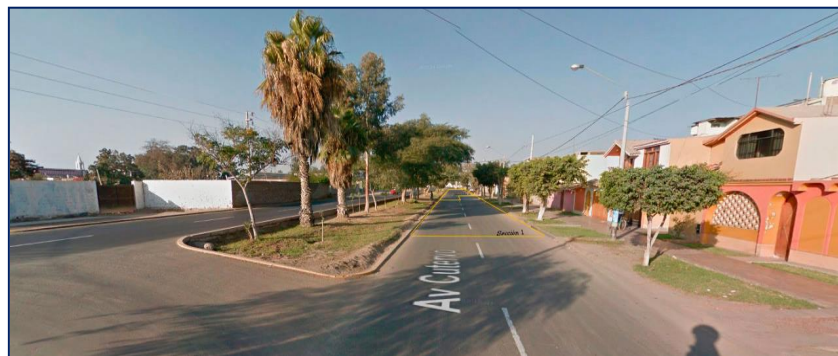
El muestreo se llevará a cabo siguiendo el procedimiento detallado a continuación.

25. Identificar tramo o áreas en el pavimento con diferentes usos en el plano de distribución de la red, tales como caminos y estacionamientos. Para ello tiene que quedar completamente definido el sistema de pavimentos a ser analizados, es decir, la red de pavimento.

Se ha definido como red de pavimento, a 1.32km metros lineales de pavimento flexible que forman parte de la av. Cutervo. dentro de ese sistema, se encuentra el tramo de pavimento, son los 500 metros lineales de pista correspondientes al sentido de la vía, como se puede apreciar en la figura, se ha llamado tramo 3.



26. Dividir el tramo en secciones basándose en criterios como diseño del pavimento, historia de construcción, tráfico y condición del mismo.
27. El criterio de diseño también es descartado, pues la presente investigación abarca únicamente pavimentos urbanos flexibles.
28. Para hacer la división del tramo, se toma en cuenta el estado en que se encuentra el pavimento. Se hace un recorrido por el tramo, observando la condición de la vía e identificando los cambios de estado de la pista. Así, se identificaron un total de dos secciones bien marcadas. El tramo 3 se dividió en dos secciones. Tal como se muestra en la figura, sección de pavimento encontrado en tramo 3.

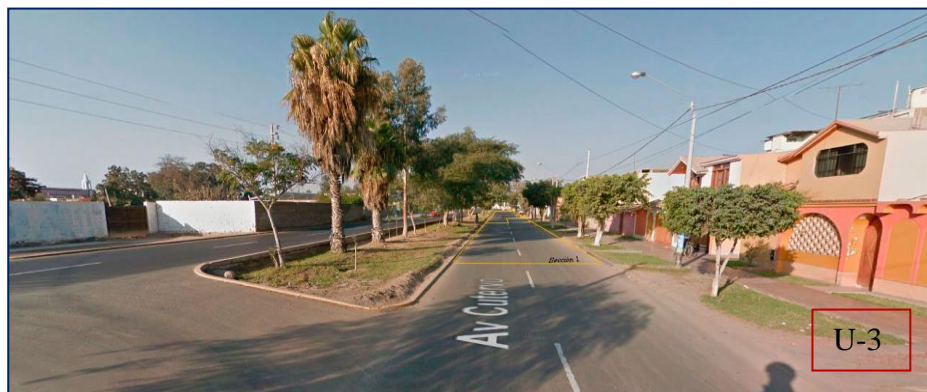


29. Dividir las secciones establecidas del pavimento en unidades de muestra. Como el ancho de pista es un valor constante igual a 6.10 m, se definieron las siguientes dimensiones para las unidades de muestra: 6.10\*37.5 metros, abarcando un área de 228.75  $m^2$ . En cada tramo se analizaron 2 unidades de a ser inspeccionadas en la red.

30. Cada unidad de muestra es señalada en el pavimento e identificada por medio de un código, como, por ejemplo, U-3 indica que se trata de la unidad de muestra 3. Esto permitirá su fácil localización en caso se quiera verificar alguna información. **ver figura.4.6**

#### **Figura 4.6. Unidad de Muestra.**

31. Selecciona las unidades de muestra a ser inspeccionadas. En este caso, se estudiarán todas las unidades de muestra existentes dentro de la red de pavimentos, para obtener una mejor estimación del estado en que se encuentran.



#### **U. Procedimiento de Inspección**

32. Inspeccionar cada unidad de muestra seleccionada.

33. Registrar el tramo y número de sección, así como el número de unidad de muestra.

34. Registrar el tamaño de unidad de muestra con la cinta métrica.

35. Realizar la inspección de las fallas, cuantificado cada nivel de severidad y llenando la información obtenida en las hojas de registro. Los tipos de fallas y el grado de severidad que se encuentran descritos en la tesis.

36. Repetir este procedimiento para cada unidad de muestra a ser inspeccionada.

## Resultados

### 5. Determinación del índice de estado del pavimento

A continuación, se explican los datos de campo obtenidos durante la inspección visual de fallas en la Av. Cutervo; así como el cálculo del índice de condición de pavimento de la unidad de la muestra analizada.

### 6. Resultado del Tramo 3

#### Unidad de muestra U3

La unidad de muestra U3 tiene  $228.75m^2$  y pertenece al tramo 3 de la Av. Cutervo. No presenta cambios de sección dentro de su área, por lo que se le ha denominado sección 1 y 2 del pavimento.

Las fallas encontradas con nivel de severidad bajo fueron: exudación, depresión, fisuras, ahuellamiento,, hinchamiento y peladuras, etc. Además, se registraron parches de mediana a alta severidad. **Ver tabla 2.1**

**Tabla 2.1. Hoja de Registro de la unidad de muestra U3, sección 1, de la Av. Cutervo.**

METODO PCI						ESQUEMA			
INDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO EN VÍAS DE PAVIMENTO FLEXIBLE									
HOJA DE REGISTRO									
Nombre de la vía: <u>Av. Cutervo</u>			Sección: <u>1</u>			Unidad de muestra: <u>U3</u>			
Nombre de Ejecutor : <u>Josè Celestino</u>			Fecha: <u>21/06/2016</u>			Área <u>228.75</u>			
1.Piel de cocodrilo	6. Depresión		11.Parches y Parches de cortes utilitarios			16.Fisura parabolica o por deslizamiento			
2.Exudación	7.fisura de borde		12.Agregado pulido			17.Hinchamiento			
3.fisuras en bloque	8.fisura de reflexion 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	
2L	0.12	0.02	0.3			0.44	0.19	0	
3L	0.15	0.12				0.27	0.12	0	
5L	23.5	25	40	10	5	2.5	106.00	46.34	30
6L	14.2	4.5	2.4				21.10	9.22	15.1
11M	5	3	1				9.00	3.93	19.9
18L	25.4	15.6	20.5	8.2	3.5		73.20	32.00	10.3

**Tabla 2.2** Calculo del PCI de la unidad de muestra U3

**Valores Deducidos Corregidos**

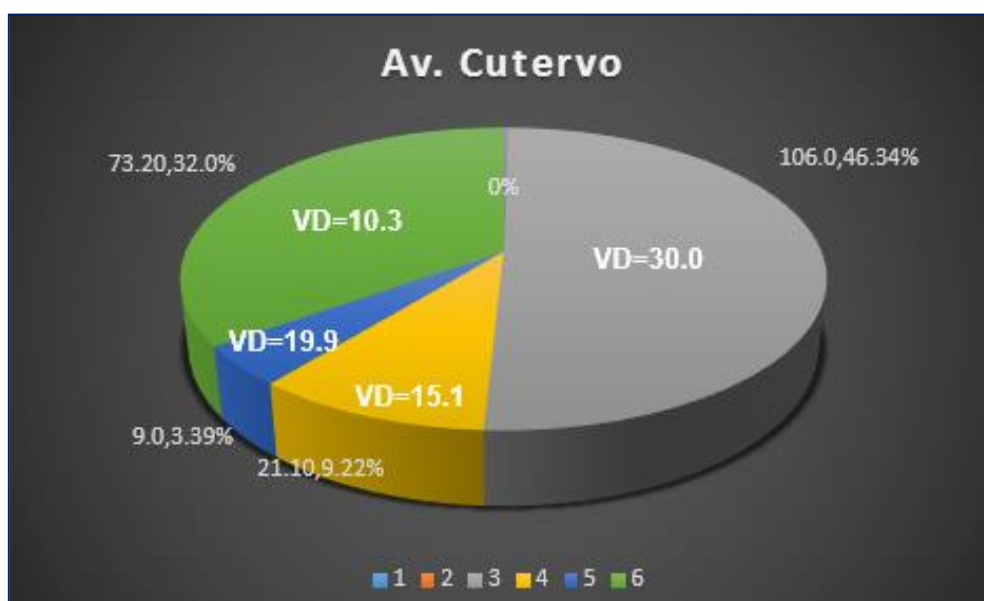
#	Valor Deducido					Total	q	CDV
1	30	19.9	15.1	10.3		75.3	4	41
2	30	19.9	15.1	2		67.0	3	43
3	30	19.9	23	2		74.9	2	40
4	30	2	2	2		36.00	1	36

**Max CDV = 43**

**PCI = 57**

**Rating = BUENO**

RANGOS DE CALIFICACIÓN DEL PCI	
RANGO	CLASIFICACIÓN
100 – 85	Excelente
85 – 70	Muy bueno
<b>70 – 55</b>	<b>Bueno</b>
55 – 40	Regular
40 – 25	Malo
25 – 10	Muy malo
10 - 0	Fallado

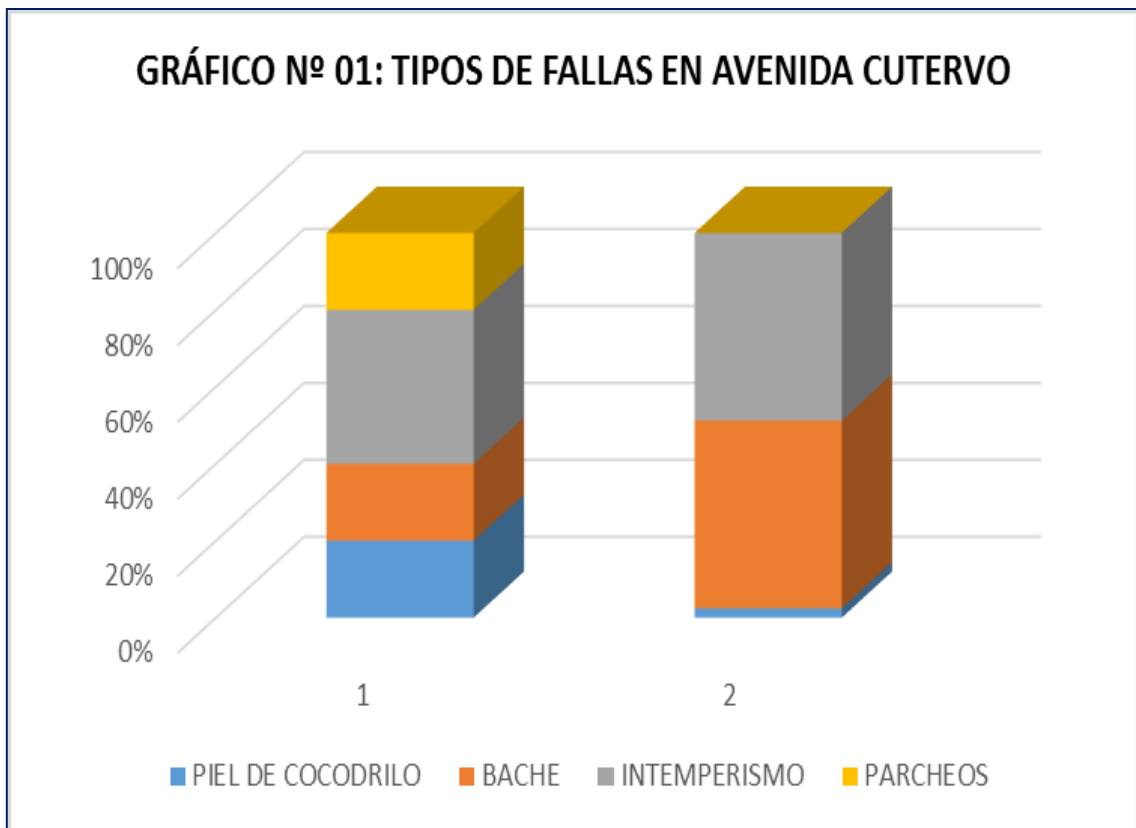


### TABLA N° 01: FALLAS EN LA AVENIDA CUTERVO

#### INDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO

57

	DENSIDAD	VALOR REDUCCIÓN
PIEL DE COCODRILO	29,16%	1
BACHE	29,16%	15
INTEMPERISMO	58,33%	20
PARCHEOS	29,16%	19



Fuente: observación visual en la avenida Cutervo



## ILUSTRACIONES FOTOGRAFICAS

### FICHA TECNICA

Tema: Patología del pavimento en la avenida Cutervo

Fecha: 17 de junio

### FALLA: PIEL DE COCODRILO



### DETALLES:

Observando la foto se detalla el tipo de falla, es piel de cocodrilo en el pavimento ligeramente descascarado.

## FICHA TECNICA

Tema: Patología del pavimento en la avenida Cutervo

Fecha: 17 de junio

### FALLA: INTEMPERISMO



#### DETALLES:

Observando la foto se detalla el tipo de falla por intemperismo o desgaste por efecto de agente externos.

## FICHA TECNICA

Tema: Patología del pavimento en la avenida Cutervo

Fecha: 17 de junio

### FALLA: BACHE



#### DETALLES:

De la foto observada se puede educir que el tipo de falla es un desnivel que se encuentra entre las vías.

## FICHA TECNICA

Tema: Patología del pavimento en la avenida Cutervo

Fecha: 17 de junio

### FALLA: PARCHE



#### DETALLES:

De la foto observada se detalla el tipo de falla, es por el reemplazo de un área de pavimento, apreciándose que no ha sido totalmente satisfactoria esta rehabilitación, por cuanto el material se esta desprendiendo.

### 3.1.3 Discusión de resultados.

En la presente investigación se logró, la evaluación de los pavimentos de las avenidas Cutervo, San Martín y José Matías Manzanilla del distrito de Ica.

Mediante el método utilizado PCI, se logró determinar el índice de condición de pavimento  $PCI = 55$  lo cual nos permite aseverar que tienen un estado REGULAR en un sentido genérico dado que es un promedio, es decir que el 50% de los pavimentos en estudio están en un nivel regular y el 34 % en un nivel de bueno, implicando con ello la importancia de resaltar el cambio de las estructuras de pavimento que se debe desarrollar en esta áreas del pavimento, por parte de las autoridades locales.

Los pavimentos tienen mayor incidencia en la patología de huecos o baches, hundimiento, intemperismo, parches y piel de cocodrilo, podemos observar que dos avenidas se encuentra en un nivel de 55 equivalente a regular, de tal manera que depende también del proceso constructivo que se ha realizado en estas plataformas que como lo dijimos anteriormente depende de un buen mantenimiento preventivo.

Podemos observar la importancia que tiene realizar, un análisis de campo para poder comprender como es el mecanismo de la investigación, aplicando el método deductivo generando mayores capacidades para una mejor evaluación, de los pavimentos dentro de las obras civiles en función a los hechos que se ven, además de los hechos que no se reflejan los cuales serán estudiados con el método analítico u otro que sea necesario.

## 3.2 CONCLUSIONES

Esta investigación ha concluido con los objetivos establecidos

### **PRIMERA:**

Se determinó el índice de condición de pavimento asfáltico, para el distrito de Ica, a partir de la evaluación de la incidencia de las patologías del pavimento, el promedio obtenido de las avenidas José Matías Manzanilla, Cutervo y San Martín fue de 55.

### **SEGUNDA:**

Se determinó las patologías del pavimento asfáltico existentes en el distrito de Ica, las mismas que tienen mayor incidencia fueron los baches el cual fue observado en un nivel de severidad medio, los parches con un nivel de severidad medio y el intemperismo se ha observado con un nivel de severidad alto.

### **TERCERA:**

Se calculó un promedio de 50% patologías del pavimento asfáltico e incidencias de las patologías en las avenidas del distrito de Ica.

### **CUARTA:**

Finalmente se observa que se establecieron las medidas correctivas y las provisiones para la seguridad de las estructuras del pavimento asfáltico en el distrito de Ica, teniendo en cuenta que el material utilizado no es el adecuado para estas avenidas investigadas, afirmación que podemos deducir debido al estado actual de los parches.

### **3.3 RECOMENDACIONES**

#### **PRIMERA**

Se recomienda al Municipio y Dirección regional de Ica para que se pueda aplicar un mantenimiento correctivo en las pistas de las avenidas Cutervo, San Martín y José Matías Manzanilla en aquellas partes que lo requieren y en aquellas que requiere de una rehabilitación o renovación del pavimento.

#### **SEGUNDA**

Se estima conveniente continuar con un mantenimiento rutinario de limpieza y mantenimiento preventivo en las pistas de las avenidas en mención para evitar que bajen de nivel en el que se encuentran.

#### **TERCERA**

Se recomienda aplicar un mantenimiento rutinario de limpieza y preventivo en estas pistas para alcanzar el nivel de excelente.

#### **CUARTA**

Se recomienda profundizar en el tema de las emulsiones asfálticas, como el uso de ellas reduce los espesores a reciclar y aumentan las resistencias que alcanzan los materiales estabilizados sin llegar a los agrietamientos, son experiencias que se viven donde el uso de emulsiones asfálticas, han llevado a obtener excelentes resultados en el reciclaje de pavimentos, por lo que se considera importante conocer acerca de su uso y poderlas aplicar en nuestros País.

### 3.4 FUENTES DE INFORMACIÓN

American Society for Testing and Materials. (2004). *Procedimiento estándar para la inspección del índice de condición del pavimento en caminos y estacionamientos (ASTM D6433-03)*. Estados Unidos. 81 pp.

Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional, Secretaría de Integración Económica Centroamericana, SIECA. (2002). *Manual Centroamericanopara diseño de pavimentos*. 289 pp.

Cabrera,J. (2012). *Análisis de las fallas más comunes en el funcionamiento del automóvil por las que se originan los accidentes de tránsito en la provincia de Azuay*, Universidad Politécnica Salesiana, Ecuador.

Cardoso, S.H. & Fernández, M.E. (1999). *Aplicaciones prácticas del Método PCI para el mantenimiento de pavimentos de aeropuertos*. Lima, Perú. 232 pp.

Chang,C. (2005). *Evaluación, diseño, construcción, gestión:pavimentos, un enfoque al futuro*. Instituto de la Construcción y Gerencia. Lima, Perú.150 pp.

Cortez,H.(2010). *Factores de riesgo y consecuencias inmediatas de los accidentes de tránsito en la ciudad de Xalapa*, Universidad Veracruzana, México.

Consejo de directores de carreteras de Iberia e Iberoamérica. (2002). *Catálogo de deterioros de pavimentos flexibles*. Volumen nº 11. 29 pp.

Gamboa,R. (2013). *“Mal estado de los pavimentos y su efecto en el tránsito vehicular del distrito de Trujillo, año 2012”*, Universidad César Vallejo, sede Trujillo



- González,W. (2009). “*Propuesta de instrumentos de medición de niveles de serviciabilidad de carreteras asfaltadas: un aporte de innovación tecnológica al mantenimiento de obras de infraestructura vial*”, Universidad Nacional de Ingeniería. Lima, Perú.
- Hernández, S., Fernández, C. y Baptista, L. (2010). *Metodología de la investigación*. México: Mc Graw Hill.
- Huamán,N. (2011). “*La deformación permanente de las mezclas asfálticas y el consecuente deterioro de los pavimentos en el Perú*” Universidad Nacional de Ingeniería, Lima –Perú.
- Luc, G. (2005) *Evaluación de pavimentos e inventario vial*. Diseño, Construcción, Mantenimiento de Carreteras. I y IV Congreso de Obras de Infraestructura Vial. Instituto de la Construcción y Gerencia. 160 pp.
- Melchor A. (2005). *Diseño y evaluación de pavimentos flexibles*. Curso de titulación profesional por actualización de conocimientos. Universidad Nacional de Ingeniería, Facultad de Ingeniería Civil. Lima, Perú. 154 pp.
- Ministerio de Obras Públicas, Dirección de aeropuertos. (1999). *Programa de diagnóstico y seguimiento de pavimentos P.C.I*. Gobierno de Chile. 39 pp.
- MTAG. Maintenance Technical Advisory Guide. Volume I, 2nd Edition. *Flexible Pavement Preservation. Slurry Seals (2007)*. Caltrans Division of Maintenance. 20 pp.
- Peña, Al. (2005). *Cálculo del índice de estado para establecer una estrategia de recuperación vial en la carretera Piura-Sechura*. Tesis (Ingeniero Civil) Piura; Universidad de Piura. 117pp.

- U.S. Army Engineer Research and Development Center. (2001). *Manual: Paver asphalt surfaced airfields Pavement Condition Index (PCI)*. United States of America. 114 pp.
- Rodríguez, D. (2009). Cálculo del índice de condición del pavimento flexible en la Av. Luis Montero, distrito Castilla, para optar el título de Ingeniero Civil en la Universidad de Piura, Perú.
- Ruíz, C. (2011). Análisis de los factores que producen el deterioro de los pavimentos rígidos, Universidad del Oriente, Venezuela.
- Sánchez, H y Reyes, C (2006). *Metodología y diseños de investigación científica*. Editorial Visión Universitaria, Lima, Perú.
- Suárez, W. (2005). *Técnicas de reparación, conservación y rehabilitación de pavimentos asfálticos*. Tesis (Ingeniero Civil). Piura; Universidad de Piura. 153 pp.
- Solminihaq T. I (2006). *Planificación y Gestión Vial. Gestión de Infraestructura Vial* Pontificia Universidad Católica de Chile. Curso de Maestría de la Universidad de Piura. 48 pp.
- Timaná, J. (2003). *Concepto de performance o comportamiento*. Tecnología de pavimentos. Universidad de Piura. 49 pp.

## **4.5 ANEXOS**

- 5 ANEXO 01: MATRIZ DE CONSISTENCIA.**
- 6 ANEXO 02: INSTRUMENTOS**
- 7 ANEXO 03: FICHAS DE VALIDACIÓN DE EXPERTOS**
- 8 ANEXO 04: CURVAS DEL VALOR DEDUCIDO**
- 9 ANEXO 05: PLANOS DE UBICACIÓN**

## EVALUACIÓN DEL NIVEL DE PATOLOGÍAS DEL PAVIMENTO EN EL DISTRITO DE ICA DURANTE EL PERIODO DE MARZO A AGOSTO DEL AÑO 2016

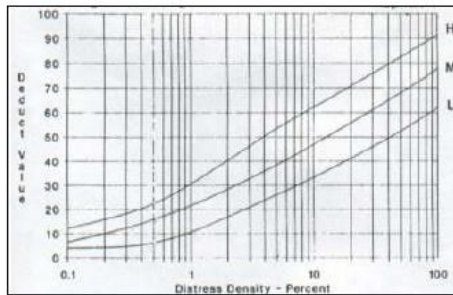
PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES
<p><b>Problema General</b> ¿En qué medida la evaluación del nivel de las patologías del pavimento existente en el distrito de Ica, nos permitirá evaluar el estado actual del pavimento de las avenidas?</p> <p><b>Problemas Específicos</b> ¿Cuáles son las patologías del pavimento asfáltico existentes en el distrito de Ica durante el periodo de marzo a agosto del año 2016?</p> <p>¿Cuál es el nivel de las patologías del pavimento asfáltico e incidencias de las patologías en las avenidas del distrito de Ica durante el periodo de marzo a agosto del año 2016?</p> <p>¿Cuáles son las correctivas y las previsiones para la seguridad de las estructuras del pavimento asfáltico en el distrito de Ica durante el periodo de marzo a agosto del año 2016?</p>	<p><b>Objetivo General</b> Determinar el índice de condición de pavimento asfáltico, para el distrito de Ica, a partir de la evaluación de la incidencia de las patologías del asfalto.</p> <p><b>Objetivos Específicos</b> Determinar las patologías del pavimento asfáltico existentes en el distrito de Ica durante el periodo de marzo a agosto del año 2016.</p> <p>Calcular el nivel de las patologías del pavimento asfáltico e incidencias de las patologías en las avenidas del distrito de Ica durante el periodo de marzo a agosto del año 2016.</p> <p>Establecer las correctivas y las previsiones para la seguridad de las estructuras del pavimento asfáltico en el distrito de Ica durante el periodo de marzo a agosto del año 2016.</p>	<p><b>Hipótesis General</b> Existe un alto índice de las patologías en el pavimento asfáltico en el distrito de Ica.</p> <p><b>Hipótesis Específicas</b> Existen diversas patologías del pavimento asfáltico en el distrito de Ica durante el periodo de marzo a agosto del año 2016.</p> <p>Existe un significativo nivel de incidencias patológicas en las avenidas del distrito de Ica durante el periodo de marzo a agosto del año 2016.</p> <p>Si se tiene previsiones y medidas correctivas tendremos mayor seguridad de las estructuras del pavimento asfáltico en el distrito de Ica.</p>	PATOLOGÍA DE LOS PAVIMENTOS	Piel de cocodrilo Exudación Agrietamiento en bloque Abultamientos y hundimientos Corrugación Depresión Ahuellamiento Hinchamiento

### ANEXO N° 03: FICHAS DE VALIDACIÓN DE EXPERTOS HOJA DE INSPECCIÓN DE CONDICIONES PARA UNIDAD DE MUESTRA

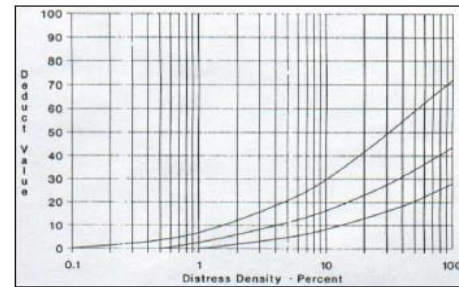
METODO PCI				ESQUEMA				
INDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO EN VÍAS DE PAVIMENTO FLEXIBLE								
HOJA DE REGISTRO								
Nombre de la vía: _____		Sección: _____		Unidad de muestra: _____				
Ejecutor: _____		Fecha: _____		Área: _____				
1.Piel de cocodrilo	6. Depresión	11.Parches y Parches de cortes utilitarios	16.Fisura parabolica o por deslizamiento					
2.Exudación	7.fisura de borde	12.Agregado pulido	17.Hinchamiento					
3.fisuras en bloque	8.fisura de reflexion 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

## ANEXO 04 CURVAS DEL VALOR DEDUCIDO

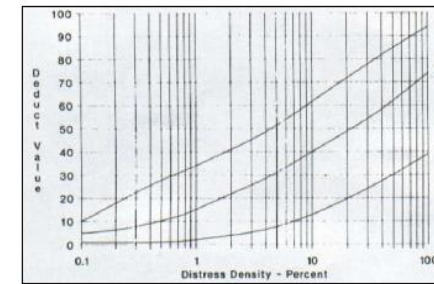
1. Piel de Cocodrilo



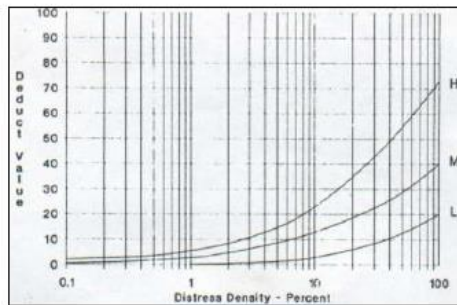
3. Fisuras en bloque



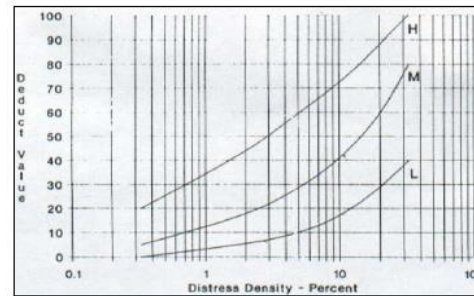
5. Corrugación



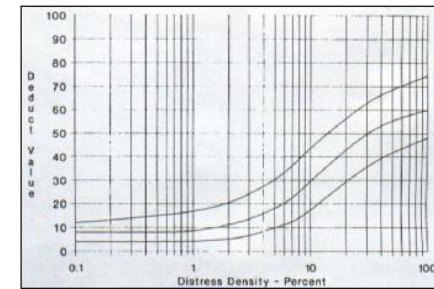
2. Exudación



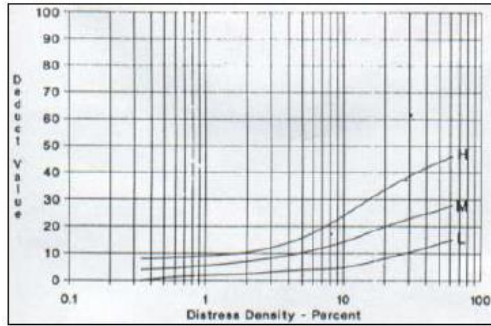
4. Abultamientos y hundimientos



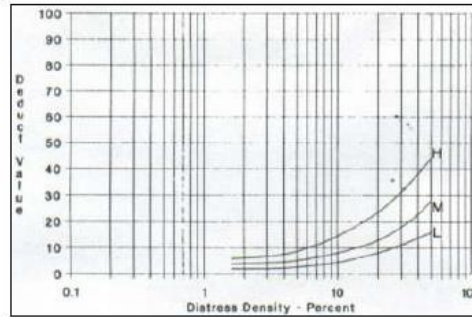
6. Depresión



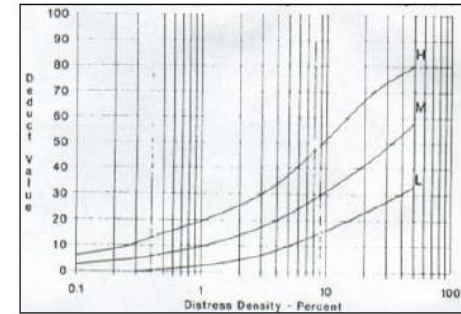
7. Fisuras de borde



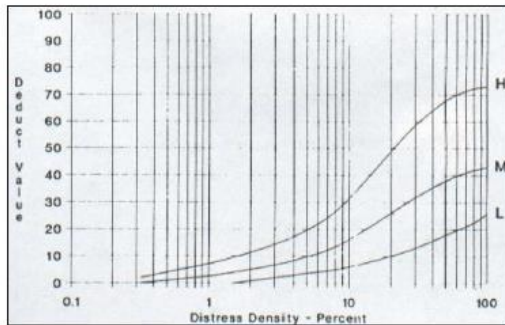
9. Desnivel carril - berma



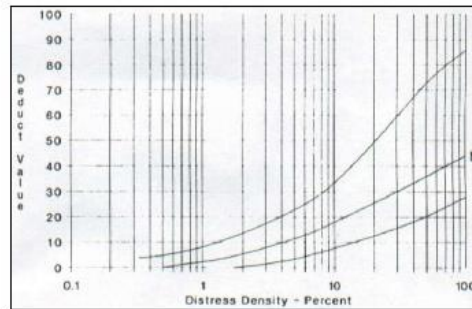
11. Parches y parches de cortes utilitarios



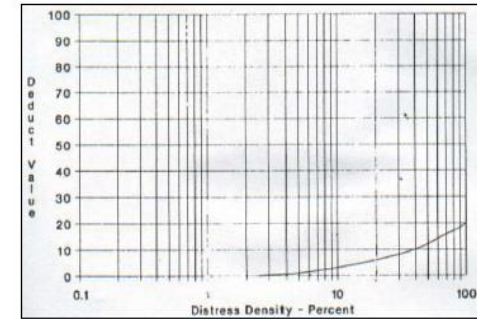
8. Fisuras de reflexión de junta



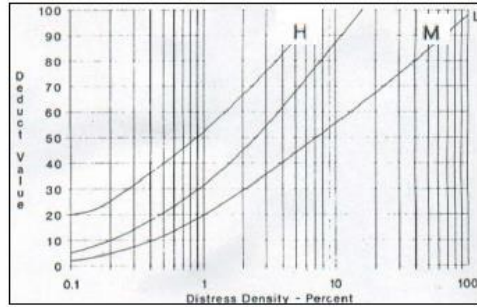
10. Fisuras longitudinales y transversales



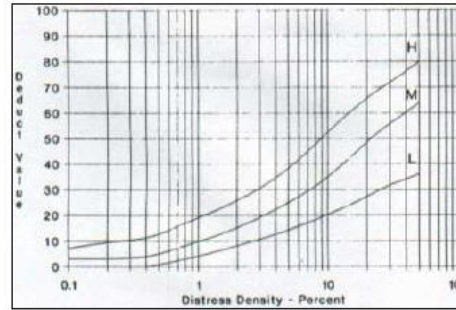
12. Pulimento de agregados



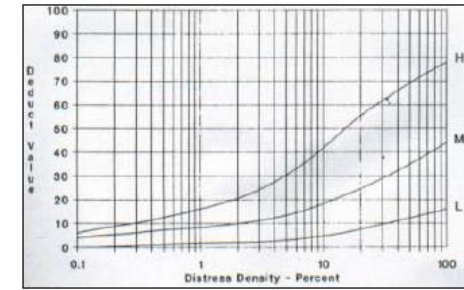
13. Baches



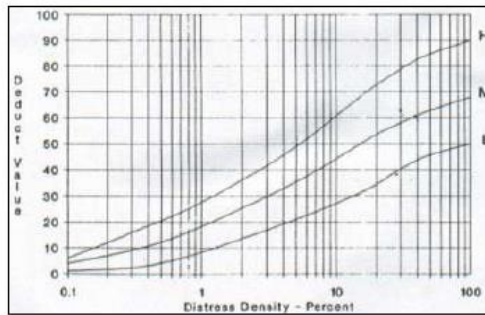
15. Desplazamiento



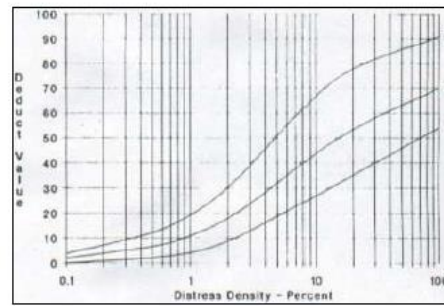
17. Peladura y desprendimiento



14. Ahuellamiento



16. Fisura parabólica



18. Hinchamiento

