

**UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**TESIS**

**“USO DEL MÉTODO DE ÍNDICE DE CONDICIÓN PARA EL  
ANÁLISIS DE LA CARPETA ASFÁLTICA DE LA AVENIDA  
SAN CARLOS, HUANCAYO”**

**PRESENTADO POR:**

**Bach. GASPAR ALVAREZ CLAUDIO**

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN INSTITUCIONAL  
ESTRUCTURAS Y CONSTRUCCIÓN**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO CIVIL**

**HUANCAYO PERÚ**

**2023**

**ASESOR**

Ing. FERNANDO ANACLETO BOZA CCORA

## **DEDICATORIA**

A Dios, quien en su infinito amor ilumino mi camino con sabiduría e inteligencia para ser una profesional de bien, quien siempre me sostuvo de su diestra y con su fuerza logre avanzar un peldaño más en mi vida.

Bach. Gaspar Alvarez Claudio

## **AGRADECIMIENTO**

A la Universidad Peruana Los Andes y a sus docentes quienes con su experiencia y profesionalismo contribuyeron a mi formación académica y me inculcaron el amor a mi profesión.

Bach. Gaspar Alvarez Claudio

## CONSTANCIA 117

### DE SIMILITUD DE TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN POR EL SOFTWARE DE PREVENCIÓN DE PLAGIO TURNITIN

La Dirección de Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería, hace constar por la presente, que el informe final de tesis titulado:  
"USO DEL MÉTODO DE ÍNDICE DE CONDICIÓN PARA EL ANÁLISIS DE LA CARPETA ASFÁLTICA DE LA AVENIDA SAN CARLOS, HUANCAYO".

**Cuyo autor (a)** : Claudio, Gaspar Alvarez.

**Facultad** : Ingeniería

**Escuela Profesional** : Ingeniería Civil

**Asesor (a) (es)** : Ing. Fernando Anacleto Boza Ccora .


Que, fue presentado con fecha 28.02.2023 y después de realizado el análisis correspondiente en el software de prevención de plagio Turnitin con fecha 01.02.2023; con la siguiente configuración de software de prevención de plagio Turnitin:

- Excluye bibliografía.
- Excluye citas.
- Excluye cadenas menores de a 20 palabras.
- Otro criterio (especificar)

Dicho documento presenta un porcentaje de similitud de **18%**. En tal sentido, de acuerdo a los criterios de porcentajes establecidos en el artículo N°11 del Reglamento de uso de software de prevención de plagio, el cual indica que no se debe superar el **30%**. Se declara, que el trabajo de investigación: si contiene un porcentaje aceptable de similitud. Observaciones: Trabajo de Suficiencia Profesional.

En señal de conformidad y verificación se firma y sella la presenta constancia.

Huancayo 02 de Marzo del 2023



---

Dr. Santiago Zevallos Salinas  
Director de la Unidad de Investigación

## HOJA DE CONFORMIDAD DE LOS JURADOS

---

Dr. Rubén Tapia Silguera  
PRESIDENTE

---

Mg. Julio Fredy Porras Mayta  
JURADO

---

Mg. Rando Porras Olarte  
JURADO

---

Ing. Ernesto Willy García Poma  
JURADO

---

Mg. Leonel Untiveros Peñaloza  
SECRETARIO DE DOCENTE

## INDICE

ASESOR.....	2
DEDICATORIA .....	3
AGRADECIMIENTO .....	4
HOJA DE CONFORMIDAD DE LOS JURADOS.....	5
INDICE.....	7
INDICE DE TABLAS .....	10
INDICE DE FIGURAS .....	11
RESUMEN.....	12
ABSTRACT.....	13
INTRODUCCION .....	14
CAPITULO I.....	16
EL PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN.....	16
1.1. Planteamiento del problema	16
1.2 Formulación y sistematización del problema	17
1.2.1 Problema general	17
1.2.2 Problemas específicos	17
1.3. Justificación	17
1.3.1. Social o práctica	17
1.3.2. Científica o teórica	17
1.3.3. Metodológica	18
1.4. Delimitaciones	18
1.4.1. Delimitación espacial	18
1.4.2. Delimitación temporal	18
1.4.3. Delimitación económica	18
1.5. Limitaciones	18
1.6. Objetivos	18
1.6.1. Objetivo general	18
1.6.2. Objetivos específicos	19
CAPITULO II.....	20
MARCO TEORICO .....	20
2.1 Antecedentes	20
Antecedentes internacionales	20
Antecedentes nacionales	25

2.2	Marco conceptual	33
	Pavimentos	33
	Índice de condición del pavimento (PCI – Pavement Condition Index)	41
	Cálculo para pavimentos con capa de rodadura en concreto de cemento Pórtland:	51
	Cálculo del PCI de una sección de pavimento	52
	Calidad de tránsito (Ride Quality)	53
	Datos generales del tramo de estudio	67
2.3	Definición de términos	70
	CAPITULO III .....	74
	HIPOTESIS.....	74
3.1	Hipótesis general	74
3.2	Hipótesis específicas	74
3.3	Variables	74
	3.3.1 Definición conceptual de las variables	74
	3.3.2 Definición operacional de la variable	75
	3.3.3 Operacionalización de las variables	75
	CAPITULO IV.....	76
	METODOLOGIA .....	76
4.1	Método de investigación	76
4.2	Tipo de investigación	76
4.3	Nivel de investigación	77
4.4	Diseño de la investigación	77
4.5	Población y muestra	77
	4.5.1 Población	77
	4.5.2 Muestra	78
4.6	Técnicas e instrumentos de recolección de datos	78
	4.6.1 Técnicas de recolección de datos	78
	4.6.2 Instrumentos de recolección de datos	78
4.7	Procesamiento de la información	78
4.8	Técnicas y análisis de datos	78
	CAPITULO V.....	80
	RESULTADOS.....	80
5.1	Causas que generan el deterioro de la carpeta asfáltica	80



5.2	Análisis de fallas superficiales y nivel de severidad presentes en la carpeta asfáltica	83
5.3	Actividades de conservación vial se sugiere para la reparación de fallas en la carpeta asfáltica	93
	CAPITULO VI.....	97
	ANÁLISIS Y DISCUSION DE RESULTADOS.....	97
	CONCLUSIONES .....	100
	RECOMENDACIONES .....	101
	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS .....	102
	ANEXOS.....	104
	Matriz de consistencia	105
	Certificado de ensayo de laboratotio	106
	Recopilación de informacion	109
	Levantamiento topografico	111
	Conteo vehicular	113
	Evaluación actual de la vías	115
	Plano topográfico	117
	Glosario Inglés – español de los tipos de los daños	118
	Curvas para pavimentos asfálticos	119

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Cuadro de resumen de resultados.....	83
Tabla 2. Cuadro o clasificación de las muestras.....	86
Tabla 3. Cuadro de resumen d fallas en la sección 01.....	89
Tabla 4. Cuadro de resumen de fallas en la sección 02.....	89

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Estructura de pavimento flexible .....	35
Figura 2. Ajuste del numero deducidos.....	67
Figura 3. Formas y descripción de las formas.....	67
Figura 4. Circulacion de aguas pluviales por la calzada.....	68
Figura 5. El agua pluvial no tiene donde dirigirse.....	68
Figura 6.El agua pluvial no tiene a donde dirigirse por la inferencia de los agregados. 69	
Figura 7. Sumideros tapados por malezas de barro seco.....	69
Figura 8. Cunetas saturadas y obstruidas por malezas.....	70
Figura 9. Clasificación de pavimentos de las unidades de muestra en %. .....	88

## RESUMEN

El trabajo plantea la problemática: ¿Cuál es el resultado del uso del método de índice de condición para el análisis de la carpeta asfáltica de la avenida San Carlos, Huancayo?, el objetivo general que se busca es: Aplicar el método de índice de condición para analizar la carpeta asfáltica de la avenida San Carlos, Huancayo. Como hipótesis general se plantea que: La aplicación del método de índice de condición en el análisis de la carpeta de la avenida San Carlos, Huancayo dará como resultado un pavimento en estado malo, la presente investigación empleo el método científico de enfoque de investigación cualitativo y cuantitativo, tipo de investigación fue aplicada, de nivel descriptiva correlacional, diseño no experimental; la población estuvo conformada por las 29 cuadras de la avenida San Carlos, en el distrito de Huancayo y la muestra está comprendida por 1.400 km de la Avenida San Carlos entre la avenida Ferrocarril y el pasaje San Fernando. Producto de la investigación se concluyó que: La carpeta asfáltica del pavimento flexible de la Av. San Carlos encuentra en un estado de condición del 53.10% conllevando a una clasificación regular, por lo que requiere ser intervenido inmediatamente ya que con el pasar de las fechas esta condición reducirá llegando al punto de malo.

**Palabras Clave:** Carpeta Asfáltica, pavimento flexible, índice de condición del pavimento.

## **ABSTRACT**

The work raises the problem: What is the result of the use of the condition index method for the analysis of the asphalt folder of Avenida San Carlos, Huancayo, the general objective that is sought is: Apply the condition index method to analyze the asphalt layer of Avenida San Carlos, Huancayo. As a general hypothesis, it is proposed that: The application of the condition index method in the analysis of the folder on Avenida San Carlos, Huancayo will result in a pavement in a bad state, the present investigation used the scientific method of qualitative and quantitative, type of research was applied, correlational descriptive level, non-experimental design; The population was made up of the 29 blocks of Avenida San Carlos, in the district of Huancayo and the sample is comprised of 1,400 km of avenida San Carlos between avenida Ferrocarril and pasaje San Fernando. As a result of the investigation, it was concluded that: The asphalt folder of the flexible pavement of Av. San Carlos is in a state of condition of 53.10%, leading to a regular classification, for which reason it requires intervention immediately since with the passing of the dates this condition will reduce reaching the point of bad.

**Keywords:** Asphalt Fold, flexible pavement, pavement condition index.

## INTRODUCCION

El mal estado que presentan nuestras carreteras en el país es de gran preocupación para el usuario, como es el caso de la Carpeta Asfáltica De La Avenida San Carlos, Huancayo muchas veces debido al término de su vida útil, y en otros a la falta de mantenimiento periódico, Estos factores hacen que las fallas vayan acrecentándose paulatinamente en la vía, y a la vez generando que su reparación sea de mayor costo, como también riesgos de salud, daños materiales y de pérdidas de vida a consecuencia de los accidentes.

Por otro lado, PATILLO B, Juan. (2014). Daños de Pavimentos Flexibles. (Ingeniero Civil). Pontificia Universidad Católica Santiago, Chile. Hace referencia que “la estructuración de un pavimento flexible está considerada de arriba hacia abajo, como son: superficie del asfalto, base estabilizada, sub base granular y material de Sub-rasante, todo este sistema constituye todo un paquete estructural de capas granulares preparado para poder soportar las diferentes cargas axiales durante su periodo de vida útil. Asimismo, hace mención que el tratamiento superficial de la carpeta de asfáltica permitirá un buen comportamiento, evitando su erosión debido al tránsito e impermeabilizándolas de las aguas superficiales, y evitar que las capas granulares sean influenciadas por la humedad, y así mantener en mejor forma su estabilidad (módulo resiliente). En definitiva, esta estructuración se puede considerar la más estable ante los efectos climáticos”.

Para identificar qué técnicas de mantenimiento y reparación son las adecuadas para mejorar la serviciabilidad del pavimento; se debe en primer lugar, evaluar la vía y conocer el estado real en que se encuentra. Para ello, existen varios métodos de evaluación superficial de pavimentos, uno de ellos es el Método PCI (Pavement Condition Index), que va a ser estudiado y aplicado en la presente tesis.

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.

Se hará referencia en esta tesis a la estimación de la condición en que se encuentra el pavimento flexible de la Avenida San Carlos, Huancayo, aplicando la metodología del PCI. Con esta información, podrá definirse el estado real del pavimento, que podrá servir luego para identificar la técnica adecuada para su recuperación y respectivo mantenimiento, temas que no han sido tocados en la tesis, pero que podrían desarrollarse a partir de ella.

Debe entenderse, finalmente, que el tema es mucho más amplio, pues abarca a pavimentos rígidos, sardineles, veredas, equipamientos urbanos para peatones y otros componentes de la infraestructura vial que deben formar parte del programa de reparación y mantenimiento y que merecen ser estudiados a fondo en futuras investigaciones.

## **CAPITULO I**

### **EL PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **1.1. Planteamiento del problema**

El estado situacional de las principales calles y pavimentos ubicados dentro del caso urbano de la ciudad de Huancayo, cuenta con uno de los principales problemas de todas las obras de infraestructura vial, que son las diferentes fallas o deterioros que se presentan después de su construcción, es decir; a lo largo de la vida útil una vez culminado el proyecto.

Actualmente, los transeúntes perciben directamente estas fallencias. Dentro de la red vial de esta ciudad incontestable existe una vía principal que posee un tránsito recargado como es la avenida San Carlos. La carpeta asfáltica de este tramo se encuentra en condiciones de deterioro presentando una variedad de fallas superficiales, generando el malestar en los transportistas y transeúntes en general. Esto debido a que los conductores por esquivar los baches u otras fallas se predisponen a ocasionar choques con otros vehículos y/o atropellos a los transeúntes, así mismo el desgaste de los neumáticos, y maltrato de los vehículos en general a causa del mal estado de la vía en mención generando pérdidas económicas.

Para obtener adecuadamente una vía sin daños superficiales, se debe realizar las acciones de mantenimiento, el cual se realiza con la finalidad de efectivizar el periodo para el cual fue diseñado y de esta forma evitar complicaciones durante tiempo de servicio de estos, un buen mantenimiento vial reduce de gran manera la aparición de inconvenientes durante la vida útil del pavimento. Actualmente la infinita variedad de fallas superficiales con que el ingeniero se ve obligado a tratar, cualquier intento de



sistematizar su estudio debe ir acompañado de la necesidad de establecer sistemas apropiados de rehabilitación y mantenimiento.

Esta variedad de fallas superficiales, permite un estudio apropiado del proyecto, motivo por el cual se vuelve indispensable la búsqueda y fomento de nuevas tendencias de tratamientos superficiales, para su aplicación a los problemas de deterioro. Ante esta problemática se propone analizar los factores que afectan al deterioro superficial de los pavimentos flexibles intentando de esta forma buscar una alternativa de solución al problema.

## **1.2 Formulación y sistematización del problema**

### **1.2.1 Problema general**

¿Cuál es el resultado del uso del método de índice de condición para el análisis de la carpeta asfáltica de la avenida San Carlos, Huancayo?

### **1.2.2 Problemas específicos**

a) ¿Cuáles son las causas que generan el deterioro de la carpeta asfáltica de la avenida San Carlos, Huancayo?

b) ¿Cuáles son las fallas superficiales y nivel de severidad presentes en la carpeta asfáltica de la avenida San Carlos, Huancayo?

c) ¿Qué actividades de conservación vial se sugiere para la reparación de fallas en la carpeta asfáltica de la avenida San Carlos, Huancayo?

## **1.3. Justificación**

### **1.3.1. Social o práctica**

Los resultados que se conseguirán en la investigación permitirán identificar los pavimentos afectados y así poder promover las estrategias adecuadas para una conservación eficiente. Por otra parte, las entidades públicas podrán tomar medidas acertadas para la mejora de esta vía transitada.

### **1.3.2. Científica o teórica**

En la investigación que se realizará, se aplicará una metodología que busca

encontrar respuestas y soluciones a los problemas de averías en el pavimento de la Avenida San Carlos del distrito de Huancayo, además que dicha aplicación se realizará sin que se produzca un sesgo de comprensión ya que está basada en un método cualitativo, que depende mucho del criterio técnico del investigador.

### **1.3.3. Metodológica**

Los instrumentos que se diseñarán y elaborarán para la investigación servirán para recopilar la información necesaria, asimismo para analizar los datos, los mismos que han sido guiado y orientados en todo momento por el método científico. La metodología utilizada servirá para investigaciones análogas y con aplicación a otros temas.

## **1.4. Delimitaciones**

### **1.4.1. Delimitación espacial**

La investigación se llevará a cabo en el departamento de Junín, provincia de Huancayo, distrito de Huancayo. Se hará la evaluación de la carpeta asfáltica de la Avenida San Carlos usando el Método de índice de Condición.

### **1.4.2. Delimitación temporal**

La delimitación temporal corresponde al año 2019 año en el que se recopilara la información, se procesara y se presentaran los resultados.

### **1.4.3. Delimitación económica**

La elaboración de la investigación fue autofinanciada, para la obtención de materiales, ensayos realizados en laboratorio y demás gastos que se hicieron para la culminación de esta investigación.

## **1.5. Limitaciones**

En la presente investigación hubo como limitación más importante la poca experiencia de los laboratorios en realización de ensayos.

## **1.6. Objetivos**

### **1.6.1. Objetivo general**

Aplicar el método de índice de condición para analizar la carpeta asfáltica de la avenida San Carlos, Huancayo.

### **1.6.2. Objetivos específicos**

- a) Determinar la causa que genera el deterioro de la carpeta asfáltica de la avenida San Carlos, Huancayo.
  
- b) Determinar cuáles son las fallas superficiales y nivel de severidad presentes en la carpeta asfáltica de la avenida San Carlos, Huancayo.
  
- c) Determinar las actividades de conservación vial sugeridas para la reparación de fallas en la carpeta asfáltica de la avenida San Carlos, Huancayo.

## **CAPITULO II**

### **MARCO TEORICO**

#### **2.1 Antecedentes**

##### **Antecedentes internacionales**

Según: (MBA Lozano & Tabares Gonzales, 2005) en su tesis titulada: “Diagnóstico de vía existente y diseño del pavimento flexible de la vía nueva mediante parámetros obtenidos del estudio en fase I de la vía acceso al barrio Ciudadela del Café-vía La Badea”.

El objetivo general fue:

“Presentar y comparar los resultados obtenidos por la evaluación de las diversas metodologías empleadas para el diseño de la estructura de pavimento requerido según la solicitud de tránsito del sector, y definir cuál es la estructura más favorable a emplear según el análisis exhaustivo de las diferentes metodologías y condiciones existentes y proyectadas en la vía nueva”.

“También se realizará un inventario vial mediante dos procedimientos el VIZIR y PCI para determinar las la integridad estructural del pavimento y la condición operacional de la superficie de rodadura”.

“Con el fin de afianzar los conocimientos académicos obtenidos durante la especialización en el área del diseño y gestión de pavimentos, ya que para las regiones y la nación una gran parte de su desarrollo económico y social desde el punto de vista del mejoramiento de la calidad de vida, está íntimamente fundamentado en el diseño y estado de estructura de rodadura vehicular (mantenimiento).

Sus objetivos específicos fueron:

- “Realizar un análisis previo de las características de la zona como lo es el tránsito, la ubicación, el clima, los espesores de capa del pavimento existente, los resultados geotécnicos, la ubicación exhaustiva en la vía (geometría) objeto de este estudio. Esto con el fin de definir los parámetros necesarios a emplear y existente para los diseños de la estructura de pavimento mediante los diferentes métodos propuestos”.
- “Realizar un inventario vial, para determinar la integridad estructural del pavimento y la condición operacional de la superficie de rodadura”.
- “Estudiar los volúmenes de tránsito obtenidos por el AMCO y determinar la rata de crecimiento, con el fin de obtener el número de ejes equivalentes a ejes sencillos de 8.2 t para el período de diseño”.
- “Realización de los diferentes diseños propuestos, para el cálculo de la estructura de pavimento, y definir mediante la elaboración de una tabla comparativa cual es la estructura de pavimento más recomendada y adecuada según las características específicas de la zona. se tendrá en cuenta un análisis de costo para la estructura recomendada por los autores del proyecto, con su correspondiente análisis de precios unitarios”.

Producto de su investigación presento las siguientes conclusiones:

- “Teniendo en cuenta los conteos realizados por la firma consultora en el sector Pedregales – Ciudadela del Café entre el 26 de enero y el 2 de febrero del año 2005, se obtuvo por los autores del proyecto un TPD igual a 6.096 vehículos por día”.
- “La proyección del tránsito normal que circula por la zona se proyectó a 15 años utilizando los datos de tránsito recolectados por la firma consultora en la zona”.
- “Se determinó que el tráfico atraído en el sector representa un 30% del TPD norma”.
- “El transito generado se estimó en un volumen mínimo del 5% del tráfico normal

- “Otros tránsitos representan el 20% del tráfico normal.”
- “Se adoptó como volumen horario para el siguiente proyecto, el promedio de los volúmenes más altos registrados en los conteos”.
- “La consolidación de los datos de tráfico normal, atraído y generado al año 2005 da como resultado un TPD igual a 6.096 VHD con una distribución de Autos = 80.8%, Buses = 17.6% y Camiones = 1.6%. Los anteriores datos generan un equivalente de ejes acumulados de 8.2 t de 423\*106 ejes en el carril de diseño”.
- “En cuanto a la capacidad de la vía, presenta un 14% de ocupación en el período inicial y esta se ocupara en un 18 % como máximo para el año horizonte 2015, esto nos da a entender que geométricamente la vía goza de unas dimensiones amplias en su sección transversal para atender el flujo vehicular de la zona”.
- “También se pudo concluir por los autores de este proyecto, es que el día sábado corresponde al día donde se evidencia más flujo vehicular y que estos se registran entre las 19:00 y 21:00 horas”
- “En estas condiciones, el volumen de horario de máxima demanda corresponde al 8.8% del volumen diario para el sector Pedregales – Ciudadela del Café”
- “Se concluye que el comportamiento en la zona se encuentra bien definido, en el cual la proporción de vehículos livianos es significativa y la participación de buses refleja la presencia de asentamientos urbanos, cuya localización y tamaño están asociados al carácter del sector, se aprecia además que la participación de camiones es muy baja”.
- “En lo que respecta a nivel de servicio, la velocidad de diseño se mantiene en el tiempo hasta el año horizonte manteniendo un nivel de servicio constante de clasificación E; esto en parte se debe a la pendiente longitudinal de la zona crítica, ya que se desarrolla en una gran longitud, y a los radios de curvatura que hacen que se castigue fuertemente los factores de reducción utilizados en el cálculo de la calidad del servicio. Se presentarán velocidades bajas de circulación, pero el tránsito fluye sin restricciones”. “La maniobra

de adelantamiento es difícil por lo que los niveles de libertad y comodidad son muy bajos. (Condiciones actuales de la vía”)

- “Con relación al diagnóstico vial realizado mediante el procedimiento de Índice de Condición del Pavimento – PCI, a la zona en estudio se concluye que la vía presenta en la actualidad una excelente condición de su estructura de pavimento y en su superficie de rodadura de acuerdo con los criterios rangos de clasificación plateados en este. Se recomienda a la vía que se realice”

- “En inspección visual y diagnóstico vial realizado al tramo en estudio, mediante el procedimiento PCI (Índice de condición del Pavimento), se concluyó que el estado actual del pavimento en el acceso al barrio Ciudadela del Café se encuentra en un excelente estado, según los rangos de clasificación anteriormente enunciados y confirmados al realizar un recorrido por la vía, sin embargo se evidenciaron una serie de fallas en la superficie de rodadura, los cuales se muestran en las hojas de inspección”.

Según: (Miranda Rebolledo, 2010) en su investigación titulada: “Deterioros en pavimentos flexibles y rígidos” de la Universidad Austral de Chile.

El objetivo general de su investigación fue:

“Identificar las fallas que sufren los pavimentos flexibles y rígidos, y otorgar soluciones para la conservación y rehabilitación de los mismos, al mínimo costo y con el más eficiente resultado posible”.

Sus objetivos específicos fueron:

- “Desarrollar una guía que permita conocer los diferentes deterioros existentes en pavimentos y sus soluciones constructivas”.

- “Revisar en la bibliografía existente, fallas típicas en pavimentos flexibles y rígidos”.

- “Entregar los principales parámetros de construcción para realizar los diferentes trabajos de mantenimiento”.

- “Aplicar la metodología en el Sector 1 y 2 de Valdivia, y las correctas operaciones utilizadas para devolverle la serviciabilidad a los pavimentos”.

Producto de la investigación concluyo en:

- “Aún no se toma verdadera conciencia de que hacer mantención o conservación de pavimentación es mucho más barato que reparar el mismo pavimento, además de ahorrarnos millones de pesos, se puede ofrecer más serviciabilidad y confortabilidad a los conductores”.
- “La conservación de pavimentos requiere de personal capacitado, es decir, que dominen ampliamente el tema”.
- “Para que los fondos destinados a mantención sean ocupados en forma eficiente, es necesario inspeccionar los pavimentos frecuente y minuciosamente”.
- “Tan pronto ha sido determinada la necesidad de hacer reparaciones, éstos deben hacerse inmediatamente, ya que los pavimentos continúan deteriorándose día a día, produciendo así una conducción peligrosa”.
- “Es necesario determinar primero la causa que produjo el daño en el pavimento, para poder realizar una reparación correcta, pudiendo así evitar una recurrencia”.
- “Un mantenimiento oportuno y continuo es necesario para preservar la inversión y mantener el pavimento en completo servicio al público”.
- “Con respecto a los trabajos realizados en los sectores 1 y 2 de Valdivia alguna de las técnicas empleadas en la reparación de pavimentos no fue la adecuada ya que no emplearon los criterios adecuados al tipo de falla con su solución respectiva, y los trabajos efectuados tienen que tener mayor inspección por parte del mandante”.
- “Corresponde definir legalmente un único organismo público responsable de la reparación, conservación y reposición de pavimentos, que tenga asignados recursos para ello en forma directa, para lo cual se requiere con urgencia actualizar la antigua legislación sobre pavimentación urbana”



Según: (Torres Ziri6n, 2007), en su tesis de grado titulado: “Análisis comparativo de costos entre el pavimento flexible y el pavimento r6gido” de la Universidad San Carlos de Guatemala.

Su objetivo general que propuso fue:

“Exponer los pavimentos flexibles y r6gidos, as6 como su proceso constructivo, el cual comprende varias etapas, como lo son: dise1o, ejecuci6n y mantenimiento de los mismos; as6 como las diferentes aplicaciones que poseen, regidos a las normas y especificaciones vigentes para su construcci6n”.

Su objetivo espec6fico fue:

“Comparar los pavimentos a base de asfalto con los pavimentos de concreto hidr6ulico, en cuanto a costos de ejecuci6n se refiere; mediante la realizaci6n de dos proyectos de carreteras, actualmente en ejecuci6n, los cu6les son: la construcci6n de la ruta RN-13 tramo G6nova – Caballo Blanco y la ampliaci6n CA-9-Norte tramo Rodriguito entrada a Palencia; y en base a esto, concluir con la mejor opci6n, para la realizaci6n de cada proyecto”.

Al finalizar su investigaci6n propuso las siguientes conclusiones:

- “Puede verse, en el an6lisis realizado, que el costo del pavimento r6gido es m6s alto que el del pavimento flexible; en cuanto a ejecuci6n se refiere. Para ello debe de tomarse en cuenta que se realiz6 la comparaci6n tomando en consideraci6n los mismos par6metros de dise1o, en cuanto a cargas, tipo de sub rasante, especificaciones de materiales y tiempo”.
  
- “Hablando en sentido constructivo, ambos pavimentos cumplen con todos los requisitos para brindar un buen servicio a trav6s de su vida 6til; tomando en consideraci6n que la ejecuci6n de ambos conlleva un estricto control de calidad que garantice durabilidad y buen funcionamiento. Siendo indispensable, para que esto se cumpla, un apropiado programa de mantenimiento que garantice su conservaci6n”

### **Antecedentes nacionales**

Según: (Humpiri Pineda, 2015), en su tesis denominada: “Evaluaci6n de pavimentos flexibles y r6gidos aplicando las metodolog6as de inspecci6n visual de zonas

y rutas en riesgo el índice de condición del pavimento para el mantenimiento vial, caso de la Av. floral y jr. Carabaya, Puno” “de la Universidad Nacional del Altiplano, nos indica que actualmente las vías de la ciudad de Puno”

Su objetivo general fue:

“Analizar las fallas superficiales que se presentan en los pavimentos flexibles, en las vías principales de la región de Puno, presentes en el momento de la evaluación y monitoreo in situ”.

Sus objetivos específicos fueron:

- “Describir los tipos, nivel de severidad y causas que aportan al deterioro de los pavimentos flexibles”.
- “Proponer tratamientos sugeridos de reparación de fallas, que más se adecuen a una situación en particular de los pavimentos flexibles”.
- Impulsar el mantenimiento permanente de las carreteras para así evitar futuras fallas que puedan presentarse en su vida útil”.

Producto de la investigación propuso las siguientes conclusiones:

- “Las fallas superficiales encontradas en la zona de estudio de mayor incidencia son las fisuras longitudinales y transversales, seguidas de ahuellamientos, desgaste superficial y otras; estas se producen por deficiencias en el diseño, construcción y operación, las cuales influyen negativamente en el resultado final del proyecto. Por ello realizar una adecuada evaluación de la vía es indispensable para determinar el tipo de mantenimiento a emplear, factor que nos ayuda a la conservación vial de manera adecuada”.
- “De las fallas superficiales de la zona de estudio se puede concluir que generalmente presentan un nivel de severidad bajo, la primordial causa de deterioro es el insuficiente mantenimiento de las vías”.
- “Con los tratamientos de conservación vial sugeridos en el presente estudio se logra reparar el daño de forma puntual y precisa mejorando el nivel de serviciabilidad. Si

en un determinado tipo de falla no se realiza la actividad de conservación adecuada no se logrará disminuir de manera óptima el daño”.

- “El mantenimiento permanente de las infraestructuras viales ayuda a la conservación de las vías, reflejándose en comodidad y tiempo de transporte”.
- “Se puede concluir con la investigación, de la identificación de fallas superficiales en pavimentos flexibles, que existe una gran variedad de fallas, las cuales ayudarán a los ingenieros viales como guía de inspección vial”

Según: (Rodríguez Velásquez, 2009) en su tesis titulada: “Cálculo del índice de condición del pavimento flexible en la Av. Luis montero, distrito de Castilla”, “sustentada en la universidad de Piura, para optar el título profesional de Ingeniero Civil”.

Los objetivos que se esperan con la aplicación del Método PCI son los siguientes:

- “Determinar el estado en que se encuentra el pavimento en términos de su integridad estructural y del nivel de servicio que ofrece al usuario. El método permite la cuantificación de la integridad estructural de manera indirecta, a través del índice de condición del pavimento (ya que no se realizan mediciones que permiten calcular directamente esta integridad)”.
- “Cuando se habla de integridad estructural, se hace referencia a la capacidad que tiene el paquete estructural de soportar sollicitaciones externas, como cargas de tránsito o condiciones ambientales. En cambio, el nivel de servicio es la capacidad del pavimento para brindar un uso confortable y seguro al conductor”.
- “Obtener un indicador que permita comparar, con un criterio uniforme, la condición y comportamiento del pavimento y de esta manera justificar la programación de obras de mantenimiento y rehabilitación, seleccionando la técnica de reparación más adecuada al estado del pavimento en estudio”.

Producto de su investigación propuso las siguientes conclusiones:

- “Se ha determinado el estado en que se encuentra la red de pavimento flexible de la Av. Luis Montero, que consta de dos tramos de 600 metros lineales cada uno (de acuerdo

a los dos sentidos de vía existentes). El tramo 1 se divide en 3 secciones, mientras que el tramo 2 tiene una sola sección. Se inspeccionaron un total de 32 unidades de muestra (16 por tramo) obteniendo los siguientes resultados” “El 37% del total de unidades de muestra inspeccionadas presentan un estado de pavimento regular (PCI entre 40 y 55); después le sigue un 33% de unidades en buen estado (PCI entre 55 y 70); un 15%, en estado malo (PCI entre 25 y 40) y un 9% de muy mala condición (PCI entre 10 y 25). Finalmente, un 6% hace referencia a unidades de muestra con un pavimento de muy buen estado (PCI entre 70 y 85)”. “No se encontraron pavimentos fallados (PCI entre 0 y 10) ni excelentes (PCI entre 85 y 100)”.

- “El estado del pavimento de cada unidad de muestra, define la condición del pavimento de las secciones y de los tramos. Las secciones 1 y 4, obtuvieron un PCI de 51 y 43 respectivamente, lo que corresponde a un estado regular. Las demás secciones alcanzaron un PCI de 60 (sección 2) y 56 (sección 3), que quiere decir un pavimento de condición buena”. “Agrupando los resultados en tramos, el tramo 1 (U1 - U16) presenta un PCI de 56, pavimento bueno; y el tramo 2 (U17-U32), un PCI de 43, pavimento regular”. “Finalmente, tomando todas las unidades de muestra sin distinción de tramos, se calcula el PCI ponderado de los 1200 metros de la Av. Luis Montero, resultado igual a 49, es decir, que el estado real del pavimento de la vía analizada, es regular”. “Esta condición del pavimento se debe gracias a las obras de reparación realizadas el año 2008 (bacheos y riego de liga en determinadas áreas) que han aminorado la formación de fallas como fisuras, baches, depresiones, etc. mejorado la calidad del pavimento”. “Esto también ayudó a que no se registraran fallas como piel de cocodrilo, que suelen ser muy dañinas para el pavimento”.

- “Las fallas más frecuentes encontradas son la peladura y la corrugación, ambas de nivel de severidad bajo. Todas las 32 unidades de muestra presentaron estos dos tipos de falla, pero con densidades variables”. “Esto ayudó a que el PCI tenga un estado regular porque estas fallas no afectan al tránsito normal de vehículos. Las vibraciones dentro del vehículo son mínimas y no es necesario disminuir la velocidad. La peladura y la corrugación, no son percibidas por el conductor, pues no causa incomodidad”.

- “A mayor valor deducido, mayor es el daño que las fallas producen al pavimento pues este valor indica el grado en que cada combinación de deterioro, nivel de severidad

y cantidad, afectan a la condición del mismo. Por el contrario, un valor deducido de cero, quiere decir que el tamaño de la falla dentro de la unidad de muestra es despreciable, o muy pequeña como para ejercer un daño significativo al área de estudio”. “Los baches de mediana severidad de la unidad de muestra U25, originan el máximo valor deducido registrado de 61.7. Le siguen los baches de severidad alta de las unidades U14 y U20, con un valor deducido de 49.9. Por último, en la unidad de muestra U7, la depresión de mediana severidad tiene un valor deducido de 42.5 y de igual manera es una de las tres fallas que más afecta al pavimento”. “Las densidades más bajas registradas fueron de los parches de baja severidad localizados en las unidades de muestra U7, U9 con valores de 0.004% y U3 con 0.005%. Además, con densidades de 0.01% se encontraron desplazamientos y fisuras parabólicas ambas de baja severidad, en las unidades U3 y U15 respectivamente”.

- “En aquellas unidades de muestra donde se encontraron fallas estructurales (tales como baches, todo tipo de fisuras, depresiones y parches) con densidades mayores a 0.1% como mínimo, el valor del PCI obtenido fue bajo, es decir, el estado del pavimento era malo. No importa el nivel de severidad que tengan, incluso un nivel bajo causa un daño significativo a la pista. Este tipo de fallas afectan tanto a la estructura del pavimento (capas del paquete estructural) como a la serviciabilidad del mismo, pues el usuario no se siente cómodo ni seguro, al transitar sobre el pavimento deteriorado”.

- “En las unidades de muestra donde se encontraron fallas funcionales (exudación, peladura), es necesario que las densidades sean elevadas y las fallas de alta intensidad, para que influyan en el deterioro del pavimento. Por el mismo hecho de ser fallas funcionales, es decir, de afectar sólo la serviciabilidad de la vía, no producen daño importante en las capas del paquete estructural. Si una falla funcional de baja severidad afecta a toda una unidad de muestra, el usuario puede transitar sobre el pavimento, sin mucha incomodidad”.

- “Para mejorar el PCI promedio de una sección, de un tramo o de la avenida en general, es necesario incrementar el PCI individual de las unidades de muestra en peor estado a través de determinadas técnicas de reparación, las unidades de muestra en peor estado ( $PCI < 40$ ), con las fallas que mayor daño producen al pavimento”.

- “Las técnicas más apropiadas, a aplicar en las unidades de muestra anteriores serían: bacheo para baches profundos y depresiones, y un reemplazo de los parches deteriorados. Si se desea mejorar aún más la condición de la avenida se debe aplicar un riego de liga para reparar el problema de la corrugación y peladura, que son las fallas más frecuentes”.
  
- “Dentro de los tipos de riego que pueden ser aplicados a este pavimento en particular, se encuentran las lechadas asfálticas o Slurry Seal y el riego pulverizado, también llamado Fog Seal. Ambos se pueden usar como procedimientos preventivos o correctivos de la superficie del pavimento, para el tratamiento de vías urbanas”.
  
- “Una lechada asfáltica es la combinación de agregado bien graduado con emulsión asfáltica, agua, filler y aditivos (en caso sean necesarios); la cual es aplicada en una fina capa para recubrir y proteger la carpeta. Con esta técnica se corrigen irregularidades superficiales menores (corrugaciones), se evita el desprendimiento de agregados y peladura, se mejora la resistencia al deslizamiento, se impermeabiliza la superficie del pavimento y se proporciona una superficie muy resistente al desgaste”.
  
- “Un riego pulverizado, en cambio, es la aplicación ligera de una emulsión asfáltica a la superficie de un pavimento, pero sin el uso de agregados. Se utiliza principalmente para sellar superficies del pavimento que han comenzado a presentar desintegraciones como peladuras de severidad baja, debido al endurecimiento del cemento asfáltico cercano a la superficie”

Según: (Tacza Herrera & Rodriguez Paez, 2018), en su tesis titulada “Evaluación de fallas mediante el método PCI y planteamiento de alternativas de intervención para mejorar la condición operacional del pavimento flexible en el carril segregado del corredor Javier Prado” “sustentada en la Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, en la Facultad de Ingeniería, de la Carrera de Ingeniería Civil, para optar el Título profesional de Ingeniero Civil”.

Su objetivo general fue:

- “Proponer alternativas de intervención que permitan mejorar la condición operacional del pavimento flexible existente en el carril segregado del corredor Javier Prado”

Sus objetivos específicos fueron:

- “Realizar el levantamiento de información respecto a las fallas existentes en el pavimento flexible de la zona en estudio”.
- “Aplicar el método PCI para determinar la condición operacional de todas las unidades de muestra que componen la sección en estudio”.
- “Analizar la incidencia de las fallas encontradas en función al tipo y severidad de las mismas presentes en la zona de estudio”
- “Proponer alternativas de intervención en función a las fallas encontradas en la zona de estudio”.

Producto del desarrollo de la investigación concluyó que:

- “Mediante la aplicación del Método Pavement Condition Index (PCI) se determinó la condición actual del pavimento flexible en el carril segregado del corredor Javier Prado; a partir de ello, se pudo plantear adecuadas alternativas de intervención necesarias para mejorar la condición de la vía”.
- “Mediante la aplicación del método PCI se pudo determinar que existen 8 tipos de fallas en la vía de estudio, las cuales se listan en función al grado de incidencia: Grietas Piel de Cocodrilo (20%), Grietas Longitudinales/Transversales (18%), Huecos (17%), Ahuellamiento (14%), Desplazamiento (14%), Desprendimiento de Agregados (9%), Depresión (7%) y Agrietamiento en Bloque (2%)”.
- “Al realizar el levantamiento de información en campo, se pudo visualizar que en la vía no se han realizado trabajos de mantenimiento hasta la fecha, este factor ocasiona el aumento en la severidad de las fallas”.

- “Mediante la aplicación del método PCI se dividió a la vía de estudio en 18 Unidades de muestra, las cuales se listan en función al rango de clasificación del PCI: Excelente (17%), Muy Bueno (22%), Bueno (22%), Regular (11%), Malo (11%), Muy Malo (17%)”.
  
- “El valor del PCI para la vía en estudio equivale a 57, este valor se ubica en el punto B de la curva de deterioro del pavimento denominado como Zona óptima de rehabilitación; por tanto, es necesario aplicar intervenciones de manera inmediata para evitar el incremento acelerado del deterioro”.
  
- “Las intervenciones planteadas corresponden a mantenimientos del tipo menor; las cuales se realizan en zonas localizadas y se clasifican en los siguientes trabajos: sellado de grietas, sellado superficial, bacheo superficial y bacheo profundo”.
  
- “Para definir las alternativas de intervención se consideró la evaluación preliminar de las posibles causas que dan origen a las fallas existentes en el pavimento”
  
- “Las alternativas de intervención propuestas para mejorar la condición actual que presenta el pavimento de la vía en estudio, son las siguientes”:
  
- “Falla tipo Piel de Cocodrilo: - Nivel de severidad Baja: Intervención tipo Sellado Superficial. - Nivel de severidad Media: Intervención tipo Bacheo Profundo”.
  
- “Falla tipo Agrietamiento en Bloque: - Nivel de severidad Baja: Intervención tipo Sellado de Grietas. - Nivel de severidad Media: Intervención tipo Bacheo Profundo”
  
- “Falla tipo Depresión: - Nivel de severidad Media: Intervención tipo Bacheo Profundo. - Nivel de severidad Alta: Intervención tipo Bacheo Profundo”.
  
- “Falla tipo Grieta Longitudinal/Transversal: - Nivel de severidad Baja: Intervención tipo Sellado de Grietas. - Nivel de severidad Media: Intervención tipo Sellado de Grietas”.



- “Falla tipo Huecos: - Nivel de severidad Baja: Intervención tipo Bacheo Superficial. - Nivel de severidad Media: Intervención tipo Bacheo Superficial. - Nivel de severidad Alta: Intervención tipo Bacheo Profundo”.
- “Falla tipo Ahuellamiento: - Nivel de severidad Baja: Intervención tipo Bacheo Superficial. - Nivel de severidad Media: Intervención tipo Bacheo Superficial. - Nivel de severidad Alta: Intervención tipo Bacheo Superficial”.
- “Falla tipo Desplazamiento: - Nivel de severidad Baja: Intervención tipo Bacheo Superficial. - Nivel de severidad Media: Intervención tipo Bacheo Superficial. - Nivel de severidad Alta: Intervención tipo Bacheo Superficial”.
- “Falla tipo Desprendimiento de Agregados: - Nivel de severidad Baja: Intervención tipo Sellado Superficial 95 / 116 - Nivel de severidad Media: Intervención tipo Bacheo Superficial. - Nivel de severidad Alta: Intervención tipo Bacheo Superficial”
- “Las alternativas de intervención propuestas para el pavimento en estudio deben ser complementadas con trabajos de sellados en la junta del sardinel que existe entre la berma central y la calzada; lo cual evitaría el filtrado de agua en las capas inferiores de la carpeta asfáltica”

## **2.2 Marco conceptual**

### **Pavimentos**

“Los pavimentos se dividen en flexibles y rígidos. El comportamiento de los mismos al aplicarles cargas es muy diferente, tal como se puede ver. En un pavimento rígido, debido a la consistencia de la superficie de rodadura, se produce una buena distribución de las cargas, dando como resultado tensiones muy bajas en la subrasante. Lo contrario sucede en un pavimento flexible, la superficie de rodadura al tener menos rigidez, se deforma más y se producen mayores tensiones en la subrasante” (MTC-2018).

#### **➤ Base**

“La base es la capa situada debajo de la carpeta (pavimento flexible). Su función es eminentemente ser resistente, absorbiendo la mayor parte de los esfuerzos verticales y su rigidez o su resistencia a la deformación bajo las sollicitaciones repetidas del tránsito suele corresponder a la intensidad del tránsito pesado. Así, para tránsito medio y ligero se

emplean las tradicionales bases granulares, pero para tránsito pesado se emplean ya materiales granulares tratados con un cementante” (MTC-2018).

➤ **Sub-base**

“En los pavimentos flexibles, la subbase es la capa situada debajo de la base y sobre la capa subrasante, debe ser un elemento que brinde un apoyo uniforme y permanente al pavimento. Cuando se trate de un pavimento rígido, esta capa se ubica inmediatamente abajo de las losas de hormigón, y puede ser no necesaria cuando la capa subrasante es de elevada capacidad de soporte”.

“Su función es proporcionar a la base un cimiento uniforme y constituir una adecuada plataforma de trabajo para su colocación y compactación. Debe ser un elemento permeable para que cumpla también una acción drenante, para lo cual es imprescindible que los materiales usados carezcan de finos y en todo caso suele ser una capa de transición necesaria. Esta capa no debe ser sujeta al fenómeno de bombeo y que sirva como plataforma de trabajo y superficie de rodamiento para las máquinas”.

“Se emplean normalmente subbases granulares constituidas por materiales cribados o de trituración parcial, suelos estabilizados con cemento, etc”.

➤ **Sub-rasante**

“Esta capa debe ser capaz de resistir los esfuerzos que le son transmitidos por el pavimento. Interviene en el diseño del espesor de las capas del pavimento e influye en el comportamiento del pavimento. Proporciona en nivel necesario para la subrasante y protege al pavimento conservando su integridad en todo momento, aún en condiciones severas de humedad, proporcionando condiciones de apoyo uniformes y permanentes. Con respecto a los materiales que constituyen la capa subrasante, necesariamente deben utilizarse suelos compactables y obtener por lo menos el 95% de su grado de compactación” (MTC-2018).

➤ **Clasificación de pavimentos**

“Por lo general los pavimentos se dividen en 3 tipos, que se diferencian por el tipo de material que lo componen cada uno de sus estratos que presentan”:

- Pavimento flexible.
- Pavimento rígido.
- Pavimento articulado.

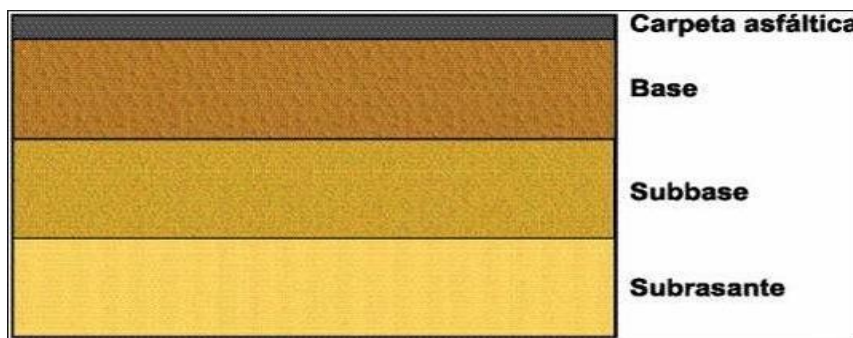
➤ **Pavimento flexible**

“Un pavimento flexible cuenta con una carpeta asfáltica en la superficie de rodamiento, la cual permite pequeñas deformaciones de las capas inferiores sin que su estructura se rompa. El pavimento flexible resulta más económico en su construcción inicial, tiene un período de vida de entre 10 y 15 años, pero tienen la desventaja de requerir mantenimiento rutinario y periódico para cumplir con su vida útil”.

“Una carpeta constituida por una mezcla asfáltica proporciona la superficie de rodamiento; que soporta directamente las solicitaciones del tránsito y aporta las características funcionales. Estructuralmente, la carpeta absorbe los esfuerzos horizontales y parte de los verticales, ya que las cargas de los vehículos se distribuyen hacia las capas inferiores por medio de las características de fricción y cohesión de las partículas de los materiales y la carpeta asfáltica se pliega a pequeñas deformaciones de las capas inferiores sin que su estructura se rompa”.

“Las capas que forman un pavimento flexible son: carpeta asfáltica, base y subbase, las cuales se construyen sobre la capa subrasante”.

*Figura 1. Estructura de pavimento flexible*



Fuente: <http://image.slidesharecdn.com>.

➤ **Pavimento rígido**

“Son aquellos pavimentos que están conformados por una losa de concreto, sobre una base o directamente sobre la sub rasante”. “Transmite directamente los esfuerzos producidos por los vehículos hacia el suelo en una forma minimizada, es auto resistente. Y su costo inicial es mucho más elevada que un pavimento flexible”.

➤ **Pavimento articulado**

“Estos pavimentos están compuestos por una capa de rodadura de bloques de concretos prefabricados, llamados adoquines, de un espesor uniforme”. “Esta va colocada sobre una capa de arena, o directamente sobre la sub rasante, dependiendo la calidad el terreno y de las magnitudes de carga que circularan por dicho pavimento”.

➤ **Asfalto**

“Es un material aglomerante de color oscuro, constituidos por mezclas complejas de hidrocarburos no volátiles de alto peso molecular, originarios del petróleo crudo, en el cual están disueltos, pueden obtenerse por evaporación natural de depósitos localizados en la superficie terrestre, denominados asfaltos naturales, o por medio de procesos de destilación industrial cuyo componente predominante es el Bitumen”.

“Los asfaltos destilados del petróleo son producidos ya sea por destilación por vapor o soplados. La destilación por vapor produce un excelente asfalto para pavimentos, mientras que el producto de destilación por aire o soplado tiene una escasa aplicación en pavimentación”.

“Obtención y tipos, según el origen del petróleo crudo la composición de base se divide en”:

- Base asfáltica
- Base parafínica
- Base intermedia

“Los asfaltos de base asfáltica, es decir, asfaltos obtenidos de petróleos asfálticos, son más deseables para pavimentación, ya que tienen buenas características ligantes y de resistencia al envejecimiento por acción del clima”.

“Los asfaltos de base parafínica, se oxidan lentamente expuestos a la intemperie, dejando un residuo escamoso y de poco valor como ligante”.

“De acuerdo a su aplicación, los asfaltos los podemos clasificar en dos grandes grupos”:

- Asfaltos para pavimentos
- Asfaltos industriales

➤ **Metodologías de evaluación funcional y estructural**

“Las evaluaciones tanto funcionales como estructurales nos determinan todos los posibles deterioros tanto de severidad leve, media o alta que se encuentran presentes en el pavimento, dependiendo al tipo de pavimento al que se quiera someter una evaluación se realizaran diferentes tipos de estudios en su estructura”.

Los factores que causan de mayor incidencia de daño a un pavimento.

- El tráfico
- El agua
- El clima.

“Las constantes cargas repetitivas y un mal drenaje de la vía, son los que originan los daños a un pavimento”.

“El pavimento puede ser evaluado mediante tres distintas formas”:

- Inspección visual.
- Ensayos no destructivos.
- Ensayos destructivos.

“La presente investigación se enfoca a las dos primeras formas, inspección visual y a ensayos no destructivos así conforme lo establece esta metodología de evaluación”.

➤ **Manual de daños en vías con superficie de concreto asfáltico según el PCI**

“Este sistema considera dentro de sus fichas técnicas de inspección a 19 daños que se producen comúnmente en este tipo de pavimentos a los cuales lo define de la siguiente manera a cada una de las diferentes fallas”.

➤ **Piel de cocodrilo**

“Son una serie de grietas interconectadas cuyo origen es la falla por fatiga de la capa de rodadura asfáltica bajo acción repetida de las cargas de tránsito. El agrietamiento se inicia en el fondo de la capa asfáltica (o base estabilizada) donde los esfuerzos y deformaciones unitarias de tensión son mayores bajo la carga de una rueda. Siendo su unidad de medida en m<sup>2</sup>”.

➤ **Exudación**

“Según cómo define esta metodología la exudación es “una película de material bituminoso en la superficie del pavimento, la cual forma una superficie brillante, cristalina y reflectora que usualmente llega a ser pegajosa, la exudación es originada por exceso de asfalto en la mezcla, exceso de aplicación de un sellante asfáltico o un bajo contenido de vacíos de aire. Su unidad de medida es en m<sup>2</sup>””.

➤ **Agrietamiento en bloque**

“Son grietas que comúnmente se encuentran interconectadas unas con otras, siendo por lo general rectangulares”. “Según el PCI Índice de Condición de Pavimento dice que “los bloques pueden variar en tamaño de 0.30 m x 0.30 m a 3.0 m x 3.0 m. son originadas principalmente por la contracción del concreto asfáltico y los ciclos de temperatura diarios (lo cual origina ciclos diarios de esfuerzo / deformación unitaria). Se mide en metros cuadrados de área afectada”.

➤ **Abultamientos (BUMPS) y hundimientos (SAGS)**

“Los abultamientos se pronuncian en pequeños desplazamientos hacia la superficie del pavimento. Su unidad de medida es en metros lineales”.

➤ **Corrugación**

Esta metodología define que “La corrugación (también llamada “lavadero”) es una serie de cimas y depresiones muy próximas que ocurren a intervalos bastante regulares, usualmente a menos de 3.0 m. Las cimas son perpendiculares a la dirección del tránsito. Se mide en metros cuadrados de área afectada”.

➤ **Depresión**

“Esta falla solo es visible después de una lluvia, porque queda almacenada en ella. En un pavimento seco esta falla puede localizarse gracias a las manchas que puedan quedar almacenada por una llovizna. Su unidad de medida es en m<sup>2</sup>”.

➤ **Grieta de borde**

“Esta falla generalmente se encuentra entre 0.30 y 0.60 m del borde del pavimento. Según el PCI dice que” “Este año se acelera por las cargas de tránsito y puede originarse por debilitamiento, debido a condiciones climáticas, de la base o de la subrasante próximas al borde del pavimento. La grieta de borde se mide en metros lineales”.

➤ **Grieta de reflexión de junta (de losas de concreto de cemento Pórtland)**

“Según EL PCI (Índice de Condición del Pavimento), este daño solo se presenta cuando un pavimento asfáltico es construida sobre una losa de concreto. No incluye las grietas de reflexión de otros tipos de base” “(por ejemplo, estabilizadas con cemento o cal). Su unidad de medida es en metros lineales”.

➤ **Desnivel carril/berma**

“Este año se presenta cuando se erosiona la berma. Su unidad de medida es en metros lineales”.

➤ **Grietas longitudinales y transversales (no son de reflexión de losas de concreto de cemento Pórtland)**

“Este tipo de falla que corresponde a las grietas longitudinales son paralelas al eje del pavimento, las cuales pueden ser provocadas por”: “Una junta de carril del pavimento con poca adherencia de pegue lateral, como también la contracción de la

superficie de concreto asfáltico a causa de las bajas temperaturas. Su unidad de medida es metros lineales”.

➤ **Parcheo**

“Un parche es un área de pavimento la cual ha sido remplazada con material nuevo para reparar el pavimento existente. Los parches se miden en metros cuadrados de área afectada”.

➤ **Pulimento de agregados**

“Se produce por la acción repetitiva de cargas de tránsito. Su unidad de medida es en m<sup>2</sup>”.

➤ **baches**

“Los baches son depresiones pequeñas en la superficie del pavimento, usualmente con diámetros menores que 0.90 m y con forma de tazón”. “El crecimiento de los huecos se acelera por la acumulación de agua dentro del mismo. Los huecos se miden contando aquellos que sean de severidades baja, media y alta, y registrándolos separadamente”.

➤ **Cruce de vía férrea**

“Los defectos asociados al cruce de vía férrea son depresiones o abultamientos alrededor o entre los rieles”. “El área del cruce se mide en o metros cuadrados”.

➤ **Ahuellamiento**

“Esta falla se debe a una depresión en la parte inferior de la carpeta asfáltica, y su unidad es medida en metros cuadrados”.

➤ **Desplazamiento**

“El pronunciamiento de esta falla se da a través de un desplazamiento longitudinal, que por lo general a una excesiva carga de tránsito. Su unidad de medida es en metros cuadrados”.



➤ **Grietas parabólicas**

“Según la metodología del PCI define que el pronunciamiento de esta falla es a causa de las ruedas que frenan e inducen el deslizamiento o la deformación de la superficie del pavimento. Se mide en metros cuadrados.”

➤ **Hinchamiento**

“Esta falla se pronuncia por una onda gradual a largo del pavimento, por lo general mayor a 3.00 m. su unidad de medida es en metros cuadrados de área afectada”.

➤ **Meteorización/desprendimiento de agregados**

“Es generada por la pérdida del ligante asfáltico a una deficiente calidad de agregados, y es medida es en metros cuadrados”.

“Las recomendaciones de reparación para este tipo de falla, estandarizada por el PCI, será teniendo en cuenta la severidad y cantidad de las mismas. Para ello utiliza en su formulación de los siguientes ítems para la reparación. Se tomará en cuenta los niveles de severidad para determinar el grado de fallas en el pavimento flexible”:

- L: No se debe nada.
- M: se hace una reparación parcial.
- H: se hace una reparación total del daño o una reconstrucción.

**Índice de condición del pavimento (PCI – Pavement Condition Index)**

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

El PCI es un índice numérico que varía desde cero (0), para un pavimento fallado o en mal estado, hasta cien (100) para un pavimento en perfecto estado. En el Cuadro 1

se presentan los rangos de PCI con la correspondiente descripción cualitativa de la condición del pavimento”. (Vásquez Varela, 2002)

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

Fuente: (Vásquez Varela, 2002)

“El cálculo del PCI se fundamenta en los resultados de un inventario visual de la condición del pavimento en el cual se establecen clase, severidad y cantidad de cada daño presenta”. “El PCI se desarrolló para obtener un índice de la integridad estructural del pavimento y de la condición operacional de la superficie”. “La información de los daños obtenida como parte del inventario ofrece una percepción clara de las causas de los daños y su relación con las cargas o con el clima”. (Vásquez Varela, 2002)

#### **A) Procedimiento de evaluación de la condición del pavimento**

“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 1 y 2 ilustran los formatos para la inspección de pavimentos asfálticos y de concreto, respectivamente. Las figuras son ilustrativas y en la práctica debe proveerse el espacio necesario para consignar toda la información pertinente”.

**ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO  
PCI-01. CARRETERAS CON SUPERFICIE ASFÁLTICA.**

EXPLORACIÓN DE LA CONDICIÓN POR UNIDAD DE MUESTREO				ESQUEMA		
ZONA	ABSCISA INICIAL	UNIDAD DE MUESTREO				
<input style="width: 80%;" type="text"/>	<input style="width: 80%;" type="text"/>	<input style="width: 80%;" type="text"/>				
CÓDIGO VÍA	ABSCISA FINAL	ÁREA MUESTREO (m <sup>2</sup> )				
<input style="width: 80%;" type="text"/>	<input style="width: 80%;" type="text"/>	<input style="width: 80%;" type="text"/>				
INSPECCIONADA POR			FECHA			
<input style="width: 100%;" type="text"/>			<input style="width: 80%;" type="text"/>			
No.	Daño	No.	Daño			
1	Piel de cocodrilo.	11	Parcheo.			
2	Exudación.	12	Pulimento de agregados.			
3	Agrietamiento en bloque.	13	Huecos.			
4	Abultamientos y hundimientos.	14	Cruce de vía férrea.			
5	Corrugación.	15	Ahuellamiento.			
6	Depresión.	16	Desplazamiento.			
7	Grieta de borde.	17	Grieta parabólica (slippage)			
8	Grieta de reflexión de junta.	18	Hinchamiento.			
9	Desnivel carril / berma.	19	Desprendimiento de agregados.			
10	Grietas long y transversal.					
Daño	Severidad	Cantidades parciales		Total	Densidad (%)	Valor deducido

Figura 1. Formato de exploración de condición para carreteras con superficie asfáltica.

Fuente: (Vásquez Varela, 2002)

**B) Unidades de Muestreo:**

“Se divide la vía en secciones o “unidades de muestreo”, cuyas dimensiones varían de acuerdo con los tipos de vía y de capa de rodadura”: (Vásquez Varela, 2002)

a) “Carreteras con capa de rodadura asfáltica y ancho menor que 7.30 m: El área de la unidad de muestreo debe estar en el rango  $230.0 \pm 93.0 \text{ m}^2$ . En el Cuadro 2 se presentan algunas relaciones longitud – ancho de calzada pavimentada. (Vásquez Varela, 2002)

**Cuadro 2  
LONGITUDES DE UNIDADES DE MUESTREO ASFÁLTICAS**

Ancho de calzada (m)	Longitud de la unidad de muestreo (m)
5.0	46.0
5.5	41.8
6.0	38.3
6.5	35.4
7.3 (máximo)	31.5

Fuente: (Vásquez Varela, 2002)

b) “Carreteras con capa de rodadura en losas de concreto de cemento Pórtland y losas con longitud inferior a 7.60 m: El área de la unidad de muestreo debe estar en el rango  $20 \pm 8$  losas”. (Vásquez Varela, 2002)

“Se recomienda tomar el valor medio de los rangos y en ningún caso definir unidades por fuera de aquellos. Para cada pavimento inspeccionado se sugiere la elaboración de esquemas que muestren el tamaño y la localización de las unidades ya que servirá para referencia futura”. (Vásquez Varela, 2002)

**ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO**  
**PCI-02. CARRETERAS CON SUPERFICIE EN CONCRETO HIDRÁULICO**

**EXPLORACIÓN DE LA CONDICIÓN POR UNIDAD DE MUESTREO**

<b>ZONA</b> <input type="text"/>	<b>ABSCISA INICIAL</b> <input type="text"/>	<b>UNIDAD DE MUESTREO</b> <input type="text"/>	
<b>CÓDIGO VÍA</b> <input type="text"/>	<b>ABSCISA FINAL</b> <input type="text"/>	<b>NÚMERO DE LOSAS</b> <input type="text"/>	
<b>INSPECCIONADA POR</b> <input type="text"/>		<b>FECHA</b> <input type="text"/>	

No.	Daño	No.	Daño	No.	Daño
21	Blow up / Buckling.	27	Desnivel Carril / Berma.	34	Punzonamiento.
22	Grieta de esquina.	28	Grieta lineal.	35	Cruce de vía férrea
23	Losa dividida.	29	Parqueo (grande).	36	Desconchamiento
24	Grieta de durabilidad "D".	30	Parqueo (pequeño)	37	Retracción
25	Escala.	31	Pulimento de agregados	38	Descascaramiento de esquina
26	Sello de junta.	32	Popouts	39	Descascaramiento de junta
		33	Bombeo		

Daño	Severidad	No. Losas	Densidad (%)	Valor deducido	ESQUEMA
					o o o o o
					10
					o o o o o
					9
					o o o o o
					8
					o o o o o
					...
					o o o o o
					1 2 3 4

Figura 2. Formato de exploración de condición para carreteras con superficie en concreto hidráulico.

Fuente: (Vásquez Varela, 2002)

### C) **Determinación de las unidades de muestreo para evaluación**

“En la “Evaluación De Una Red” vial puede tenerse un número muy grande de unidades de muestreo cuya inspección demandará tiempo y recursos considerables; por lo tanto, es necesario aplicar un proceso de muestreo”. “En la evaluación de un proyecto se deben inspeccionar todas las unidades; sin embargo, de no ser posible, el número mínimo de unidades de muestreo que deben evaluarse se obtiene mediante la Ecuación 1, la cual produce un estimado del PCI  $\pm 5$  del promedio verdadero con una confiabilidad del 95%”. Fuente: (Vásquez Varela, 2002)

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

Fuente: (Vásquez Varela, 2002)

Donde:

- “n: Número mínimo de unidades de muestreo a evaluar”. (Vásquez Varela, 2002)
- “N: Número total de unidades de muestreo en la sección del pavimento”. (Vásquez Varela, 2002)
- “e: Error admisible en el estimativo del PCI de la sección (e = 5%)” (Vásquez Varela, 2002)
- “ $\sigma$ : Desviación estándar del PCI entre las unidades”. (Vásquez Varela, 2002)

“Durante la inspección inicial se asume una desviación estándar ( $\sigma$ ) del PCI de 10 para pavimento asfáltico (rango PCI de 25) y de 15 para pavimento de concreto (rango PCI de 35) En inspecciones subsecuentes se usará la desviación estándar real (o el rango PCI) de la inspección previa en la determinación del número mínimo de unidades que deben evaluarse”. Fuente: (Vásquez Varela, 2002)

“Cuando el número mínimo de unidades a evaluar es menor que cinco ( $n < 5$ ), todas las unidades deberán evaluarse. Fuente: (Vásquez Varela, 2002)

**D) Selección de las Unidades de Muestreo para Inspección:**

“Se recomienda que las unidades elegidas estén igualmente espaciadas a lo largo de la sección de pavimento y que la primera de ellas se elija al azar (aleatoriedad sistemática) de la siguiente manera:” (Vásquez Varela, 2002)

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

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

(Vásquez Varela, 2002)

Donde:

- “N: Número total de unidades de muestreo disponible”. (Vásquez Varela, 2002)
  - “n: Número mínimo de unidades para evaluar”. (Vásquez Varela, 2002)
  - “i: Intervalo de muestreo, se redondea al número entero inferior (por ejemplo, 3.7 se redondea a 3)” (Vásquez Varela, 2002)
- b) “El inicio al azar se selecciona entre la unidad de muestreo 1 y el intervalo de muestreo  $i$ ”. (Vásquez Varela, 2002)

“Así, si  $i = 3$ , la unidad inicial de muestreo a inspeccionar puede estar entre 1 y 3. Las unidades de muestreo para evaluación se identifican como (S), (S + 1), (S + 2), etc”. (Vásquez Varela, 2002)

“Siguiendo con el ejemplo, si la unidad inicial de muestreo para inspección seleccionada es 2 y el intervalo de muestreo ( $i$ ) es igual a 3, las subsiguientes unidades de muestreo a inspeccionar serían 5, 8, 11, 14, etc”. (Vásquez Varela, 2002)

“Sin embargo, si se requieren cantidades de daño exactas para pliegos de licitación (rehabilitación), todas y cada una de las unidades de muestreo deberán ser inspeccionadas”. (Vásquez Varela, 2002)

**E) Selección de unidades de muestreo adicionales:**

“Uno de los mayores inconvenientes del método aleatorio es la exclusión del proceso de inspección y evaluación de algunas unidades de muestreo en muy mal estado. También puede suceder que unidades de muestreo que tienen daños que sólo se presentan una vez (por ejemplo, “cruce de línea férrea”) queden incluidas de forma inapropiada en un muestreo aleatorio”. (Vásquez Varela, 2002)

“Para evitar lo anterior, la inspección deberá establecer cualquier unidad de muestreo inusual e inspeccionarla como una “unidad adicional” en lugar de una “unidad representativa” o aleatoria”. “Cuando se incluyen unidades de muestreo adicionales, el cálculo del PCI es ligeramente modificado para prevenir la extrapolación de las condiciones inusuales en toda la sección”. (Vásquez Varela, 2002)

**F) Evaluación de la condición:**

“El procedimiento varía de acuerdo con el tipo de superficie del pavimento que se inspecciona”. “Debe seguirse estrictamente la definición de los daños de este manual para obtener un valor del PCI confiable. (Vásquez Varela, 2002)

“La evaluación de la condición incluye los siguientes aspectos”: (Vásquez Varela, 2002)

**a) Equipo:**

- Odómetro manual para medir las longitudes y las áreas de los daños”. (Vásquez Varela, 2002)
- “Regla y una cinta métrica para establecer las profundidades de los ahuellamientos o depresiones”. (Vásquez Varela, 2002)
- “Manual de Daños del PCI con los formatos correspondientes y en cantidad suficiente para el desarrollo de la actividad”. (Vásquez Varela, 2002)

**b) Procedimiento**

“Se inspecciona una unidad de muestreo para medir el tipo, cantidad y severidad de los daños de acuerdo con el Manual de Daños, y se registra la información en el formato correspondiente”. “Se deben conocer y seguir estrictamente las definiciones y

procedimientos de medida los daños”. “Se usa un formulario u hoja de información de exploración de la condición para cada unidad muestreo y en los formatos cada renglón se usa para registrar un daño, su extensión y su nivel de severidad. (Vásquez Varela, 2002)

c) El equipo de inspección deberá implementar todas las medidas de seguridad para su desplazamiento en la vía inspeccionada, tales como dispositivos de señalización y advertencia para el vehículo acompañante y para el personal en la vía. (Vásquez Varela, 2002)

### **G) Cálculo del PCI de las unidades de muestreo**

“Al completar la inspección de campo, la información sobre los daños se utiliza para calcular el PCI”. “El cálculo puede ser manual o computarizado y se basa en los valores deducidos de cada daño de acuerdo con la cantidad y severidad reportadas”. (Vásquez Varela, 2002)

#### **a) Cálculo para carreteras con capa de rodadura asfáltica:**

##### **➤ Etapa 1. Cálculo de los valores deducidos:**

###### **▪ 1. a.**

“Totalice cada tipo y nivel de severidad de daño y regístrelo en la columna total del formato PCI-01. El daño puede medirse en área, longitud ó por número según su tipo”. (Vásquez Varela, 2002)

###### **▪ 1. b.**

“Divida la cantidad de cada clase de daño, en cada nivel de severidad, entre el área total de la unidad de muestreo y exprese el resultado como porcentaje. Esta es la densidad del daño, con el nivel de severidad especificado, dentro de la unidad en estudio”. (Vásquez Varela, 2002)

###### **▪ 1. c.**

“Determine el valor deducido para cada tipo de daño y su nivel de severidad mediante las curvas denominadas “Valor Deducido del Daño” que se adjuntan al final de



este documento, de acuerdo con el tipo de pavimento inspeccionado”. (Vásquez Varela, 2002)

➤ **Etapa 2. Cálculo del número máximo admisible de valores deducidos (m)**

▪ **2. a.**

SI ninguno ó tan sólo uno de los valores deducidos es mayor que 2, se usa el valor deducido total en lugar del mayor valor deducido corregido, CDV, obtenido en la Etapa 4. De lo contrario, deben seguirse los pasos 2.b. y 2.c”. (Vásquez Varela, 2002)

▪ **2. b.**

“Liste los valores deducidos individuales deducidos de mayor a menor”. (Vásquez Varela, 2002)

▪ **2. c.**

“Determine el “Número Máximo Admisible de Valores Deducidos” (m), utilizando la Ecuación 3”: (Vásquez Varela, 2002)

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

(Vásquez Varela, 2002)

Donde:

➤ “mi: Número máximo admisible de “valores deducidos”, incluyendo fracción, para la unidad de muestreo i”. (Vásquez Varela, 2002)

➤ “HDVi: El mayor valor deducido individual para la unidad de muestreo i”. (Vásquez Varela, 2002)

▪ **2. d.**

“El número de valores individuales deducidos se reduce a m, inclusive la parte fraccionaria. Si se dispone de menos valores deducidos que m se utilizan todos los que se tengan” (Vásquez Varela, 2002).

➤ **Etapa 3. cálculo del “máximo valor deducido corregido”, CDV.**

“El máximo CDV se determina mediante el siguiente proceso iterativo”: (Vásquez Varela, 2002)

▪ **3. a.**

“Determine el número de valores deducidos, q, mayores que 2.0”. (Vásquez Varela, 2002)

▪ **3. b.**

“Determine el “Valor Deducido Total” sumando TODOS los valores deducidos individuales”. (Vásquez Varela, 2002)

▪ **3. C.**

“Determine el CDV con q y el “Valor Deducido Total” en la curva de corrección pertinente al tipo de pavimento”. (Vásquez Varela, 2002)

▪ **3. d.**

“Reduzca a 2.0 el menor de los “Valores Deducidos” individuales que sea mayor que 2.0 y repita las etapas 3.a. a 3.c. hasta que q sea igual a 1”. (Vásquez Varela, 2002)

▪ **3. e.**

“El máximo CDV es el mayor de los CDV obtenidos en este proceso.” (Vásquez Varela, 2002)

➤ **Etapa 4. Calcule el PCI de la unidad restando de 100 el máximo CDV obtenido en la Etapa 3. (Vásquez Varela, 2002)**

## **Cálculo para pavimentos con capa de rodadura en concreto de cemento Pórtland:**

### ➤ **Etapa 1. Cálculo de los valores deducidos**

#### ▪ **1. a.**

“Contabilice el número de losas en las cuales se presenta cada combinación de tipo de daño y nivel de severidad en el formato PCI-02”. (Vásquez Varela, 2002)

#### ▪ **1. b.**

“Divida el número de losas contabilizado en 1.a. entre el número de losas de la unidad y exprese el resultado como porcentaje (%) Esta es la densidad por unidad de muestreo para cada combinación de tipo y severidad de daño”. (Vásquez Varela, 2002)

#### ▪ **1. c.**

“Determine los valores deducidos para cada combinación de tipo de daño y nivel de severidad empleando la curva de “Valor Deducido de Daño” apropiada entre las que se adjuntan a este documento”. (Vásquez Varela, 2002)

### ➤ **Etapa 2.**

#### **Cálculo del número Admisible Máximo de Deducidos (m)**

“Proceda de manera idéntica a lo establecido para vías con capa de rodadura asfáltica, como se describió anteriormente”: (Vásquez Varela, 2002)

### ➤ **Etapa 3.**

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

“Proceda de manera idéntica a lo establecido para vías con capa de rodadura asfáltica, pero usando la curva correspondiente a pavimentos de concreto”.

### ➤ **Etapa 4.**

#### **Calcule el PCI restando de 100 el máximo CDV.**

“En la siguiente figura se presenta un formato para el desarrollo del proceso iterativo de obtención del Máximo Valor Deducido Corregido”, CDV. (Vásquez Varela, 2002)

**PAVEMENT CONDITION INDEX**  
**FORMATO PARA LA OBTENCIÓN DEL MÁXIMO VALOR DEDUCIDO CORREGIDO**

No.	Valores Deducidos										Total	q	CDV
1													
2													
3													
4													

Figura 3. Formato para las iteraciones del cálculo del CDV.

Fuente: (Vásquez Varela, 2002)

**Cálculo del PCI de una sección de pavimento**

“Una sección de pavimento abarca varias unidades de muestreo. Si todas las unidades de muestreo son inventariadas, el PCI de la sección será el promedio de los PCI calculados en las unidades de muestreo. Si se utilizó la técnica del muestreo, se emplea otro procedimiento. Si la selección de las unidades de muestreo para inspección se hizo mediante la técnica aleatoria sistemática o con base en la representatividad de la sección, el PCI será el promedio de los PCI de las unidades de muestreo inspeccionadas. Si se usaron unidades de muestreo adicionales se usa un promedio ponderado calculado de la siguiente forma”: (Vásquez Varela, 2002)

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

Fuente: (Vásquez Varela, 2002)

Donde:

- “PCIS: PCI de la sección del pavimento”. (Vásquez Varela, 2002)
- “PCIR: PCI promedio de las unidades de muestreo aleatorias o representativas”. (Vásquez Varela, 2002)
- “PCIA: PCI promedio de las unidades de muestreo adicionales”. (Vásquez Varela, 2002)
- “N: Número total de unidades de muestreo en la sección”. (Vásquez Varela, 2002)

- “A: Número adicional de unidades de muestreo inspeccionadas”. (Vásquez Varela, 2002)

### **Calidad de tránsito (Ride Quality)**

“Cuando se realiza la inspección de daños, debe evaluarse la calidad de tránsito (o calidad del viaje) para determinar el nivel de severidad de daños tales como las corrugaciones y el cruce de vía férrea. A continuación, se presenta una guía general de ayuda para establecer el grado de severidad de la calidad de tránsito”. (Vásquez Varela, 2002)

- “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”. (Vásquez Varela, 2002)

- “M: (Medium: 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”. (Vásquez Varela, 2002)

- “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”. (Vásquez Varela, 2002)

“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” (Vásquez Varela, 2002)

## **A) Piel de cocodrilo**

“Descripción: Las grietas de fatiga o piel de cocodrilo son una serie de grietas interconectadas cuyo origen es la falla por fatiga de la capa de rodadura asfáltica bajo acción repetida de las cargas de tránsito. El agrietamiento se inicia en el fondo de la capa asfáltica (o base estabilizada) donde los esfuerzos y deformaciones unitarias de tensión son mayores bajo la carga de una rueda. Inicialmente, las grietas se propagan a la superficie como una serie de grietas longitudinales paralelas. Después de repetidas cargas de tránsito, las grietas se conectan formando polígonos con ángulos agudos que desarrollan un patrón que se asemeja a una malla de gallinero o a la piel de cocodrilo. Generalmente, el lado más grande de las piezas no supera los 0.60 m”. (Vásquez Varela, 2002)

“El agrietamiento de piel de cocodrilo ocurre únicamente en áreas sujetas a cargas repetidas de tránsito tales como las huellas de las llantas. Por lo tanto, no podría producirse sobre la totalidad de un área a menos que esté sujeta a cargas de tránsito en toda su extensión. (Un patrón de grietas producido sobre un área no sujeta a cargas se denomina como “grietas en bloque”, el cual no es un daño debido a la acción de la carga).” (Vásquez Varela, 2002)

“La piel de cocodrilo se considera como un daño estructural importante y usualmente se presenta acompañado por ahuellamiento”. (Vásquez Varela, 2002)

### **➤ Niveles de severidad**

“L (Low: Bajo): Grietas finas capilares y longitudinales que se desarrollan de forma paralela con unas pocas o ninguna interconectadas. Las grietas no están descascaradas, es decir, no presentan rotura del material a lo largo de los lados de la grieta”. (Vásquez Varela, 2002)

“M (Medium: Medio): Desarrollo posterior de grietas piel de cocodrilo del nivel L, en un patrón o red de grietas que pueden estar ligeramente descascaradas”. (Vásquez Varela, 2002)

“H (High: Alto): Red o patrón de grietas que ha evolucionado de tal forma que las piezas o pedazos están bien definidos y descascarados los bordes. Algunos pedazos pueden moverse bajo el tránsito”. (Vásquez Varela, 2002)

➤ **Medida**

“Se miden en pies cuadrados (o metros cuadrados) de área afectada. La mayor dificultad en la medida de este tipo de daño radica en que, a menudo, dos o tres niveles de severidad coexisten en un área deteriorada. Si estas porciones pueden ser diferenciadas con facilidad, deben medirse y registrarse separadamente. De lo contrario, toda el área deberá ser calificada en el mayor nivel de severidad presente”. (Vásquez Varela, 2002)

➤ **Opciones de reparación**

“L: No se hace nada, sello superficial. Sobre carpeta”. (Vásquez Varela, 2002)

“M: Parcheo parcial o en toda la profundidad (Full Depth). Sobre carpeta. Reconstrucción”. (Vásquez Varela, 2002)

H: “Parcheo parcial o Full Depth. Sobre carpeta. Reconstrucción”. (Vásquez Varela, 2002)



Figura A1-a. Piel de cocodrilo de baja severidad.

Fuente: (Vásquez Varela, 2002)



Figura A1-b. Piel de cocodrilo de severidad media.

Fuente: (Vásquez Varela, 2002)



Figura A1-c. Piel de cocodrilo de alta severidad.

Fuente: (Vásquez Varela, 2002)

## **B) Exudación.**

“Descripción: La exudación es una película de material bituminoso en la superficie del pavimento, la cual forma una superficie brillante, cristalina y reflectora que usualmente llega a ser pegajosa. La exudación es originada por exceso de asfalto en la mezcla, exceso de aplicación de un sellante asfáltico o un bajo contenido de vacíos de aire”. “Ocurre cuando el asfalto llena los vacíos de la mezcla en medio de altas temperaturas ambientales y entonces se expande en la superficie del pavimento. Debido a que el proceso de exudación no es reversible durante el tiempo frío, el asfalto se acumulará en la superficie”. (Vásquez Varela, 2002)

### ➤ **Niveles de severidad.**

“L: La exudación ha ocurrido solamente en un grado muy ligero y es detectable únicamente durante unos pocos días del año. El asfalto no se pega a los zapatos o a los vehículos”. (Vásquez Varela, 2002)



“M: La exudación ha ocurrido hasta un punto en el cual el asfalto se pega a los zapatos y vehículos únicamente durante unas pocas semanas del año”. (Vásquez Varela, 2002)

“H: La exudación ha ocurrido de forma extensa y gran cantidad de asfalto se pega a los zapatos y vehículos al menos durante varias semanas al año”. (Vásquez Varela, 2002)

➤ **Medida**

“Se mide en pies cuadrados (ó metros cuadrados) de área afectada. Si se contabiliza la exudación no deberá contabilizarse el pulimento de agregados”. (Vásquez Varela, 2002)

➤ **Opciones de reparación**

“L: No se hace nada”. (Vásquez Varela, 2002)

“M: Se aplica arena / agregados y cilindrado”. (Vásquez Varela, 2002)

“H: Se aplica arena / agregados y cilindrado (precalentando si fuera necesario)”  
(Vásquez Varela, 2002)



Figura A2-a. Exudación de baja severidad.



Figura A2-b. Exudación de severidad media.

Fuente: (Vásquez Varela, 2002)



Figura A2-c. Exudación de alta severidad.

Fuente: (Vásquez Varela, 2002)

### **C) Agrietamiento en bloque.**

“Descripción: Las grietas en bloque son grietas interconectadas que dividen el pavimento en pedazos aproximadamente rectangulares. Los bloques pueden variar en tamaño de 0.30 m x 0.3 m a 3.0 m x 3.0m. Las grietas en bloque se originan principalmente por la contracción del concreto asfáltico y los ciclos de temperatura diarios (lo cual origina ciclos diarios de esfuerzo / deformación unitaria). Las grietas en bloque no están asociadas a cargas e indican que el asfalto se ha endurecido significativamente”. (Vásquez Varela, 2002)

“Normalmente ocurre sobre una gran porción del pavimento, pero algunas veces aparecerá únicamente en áreas sin tránsito. Este tipo de daño difiere de la piel de cocodrilo en que este último forma pedazos más pequeños, de muchos lados y con ángulos agudos. También, a diferencia de los bloques, la piel de cocodrilo es originada por cargas repetidas de tránsito y, por lo tanto, se encuentra únicamente en áreas sometidas a cargas vehiculares (por lo menos en su primera etapa)”. (Vásquez Varela, 2002)

#### ➤ **Niveles de severidad.**

“L: Bloques definidos por grietas de baja severidad, como se define para grietas longitudinales y transversales”. (Vásquez Varela, 2002)

“M: Bloques definidos por grietas de severidad media”. (Vásquez Varela, 2002)

“H: Bloques definidos por grietas de alta severidad”. (Vásquez Varela, 2002)

➤ **Medida**

“Se mide en pies cuadrados (ó metros cuadrados) de área afectada. Generalmente, se presenta un solo nivel de severidad en una sección de pavimento; sin embargo, cualquier área de la sección de pavimento que tenga diferente nivel de severidad deberá medirse y anotarse separadamente”. (Vásquez Varela, 2002)

➤ **Opciones de reparación**

“L: Sellado de grietas con ancho mayor a 3.0 mm. Riego de sello”. (Vásquez Varela, 2002)

“M: Sellado de grietas, reciclado superficial. Escarificado en caliente y sobre carpeta”. (Vásquez Varela, 2002)

“H: Sellado de grietas, reciclado superficial. Escarificado en caliente y sobre carpeta”. (Vásquez Varela, 2002)



Figura A3-a. Grietas en bloque de baja severidad.

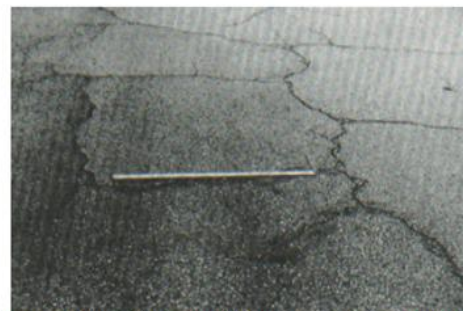


Figura A3-b. Grietas en bloque de severidad media.

Fuente: (Vásquez Varela, 2002)



Figura A3-c. Grietas en bloque de alta severidad.

Fuente: (Vásquez Varela, 2002)

#### **D) Abultamientos (BUMPS) y hundimientos (SAGS).**

“Descripción: Los abultamientos son pequeños desplazamientos hacia arriba localizados en la superficie del pavimento. Se diferencian de los desplazamientos, pues estos últimos son causados por pavimentos inestables. Los abultamientos, por otra parte, pueden ser causados por varios factores, que incluyen”: (Vásquez Varela, 2002)

- “Levantamiento o combadura de losas de concreto de cemento Pórtland con una sobre carpeta de concreto asfáltico”. (Vásquez Varela, 2002)

- “Expansión por congelación (crecimiento de lentes de hielo).

3. Infiltración y elevación del material en una grieta en combinación con las cargas del tránsito (algunas veces denominado “tenting”). (Vásquez Varela, 2002)

“Los hundimientos son desplazamientos hacia abajo, pequeños y abruptos, de la superficie del pavimento”. (Vásquez Varela, 2002)

“Las distorsiones y desplazamientos que ocurren sobre grandes áreas del pavimento, causando grandes o largas depresiones en el mismo, se llaman “ondulaciones” (hinchamiento: swelling)”. (Vásquez Varela, 2002)

#### ➤ **Niveles de severidad**

“L: Los abultamientos o hundimientos originan una calidad de tránsito de baja severidad” (Vásquez Varela, 2002)

“M: Los abultamientos o hundimientos originan una calidad de tránsito de severidad media”. (Vásquez Varela, 2002)

“H: Los abultamientos o hundimientos originan una calidad de tránsito de severidad alta.” (Vásquez Varela, 2002)

➤ **Medida**

“Se miden en pies lineales (ó metros lineales). Si aparecen en un patrón perpendicular al flujo del tránsito y están espaciadas a menos de 3.0 m, el daño se llama corrugación. Si el abultamiento ocurre en combinación con una grieta, ésta también se registra”. (Vásquez Varela, 2002)

➤ **Opciones de reparación**

“L: No se hace nada”. (Vásquez Varela, 2002)

“M: Reciclado en frío. Parcheo profundo o parcial.” (Vásquez Varela, 2002)

“H: Reciclado (fresado) en frío. Parcheo profundo o parcial. Sobre carpeta.” (Vásquez Varela, 2002)



Figura A4-a. Abultamientos y hundimientos de baja severidad.



Figura A4-b. Abultamientos y hundimientos de severidad media.

Fuente: (Vásquez Varela, 2002)



Figura A4-c. Abultamientos y hundimientos de alta severidad.

Fuente: (Vásquez Varela, 2002)

### **E) Corrugación.**

“Descripción: La corrugación (también llamada “lavadero”) es una serie de cimas y depresiones muy próximas que ocurren a intervalos bastante regulares, usualmente a menos de 3.0 m. Las cimas son perpendiculares a la dirección del tránsito. Este tipo de daño es usualmente causado por la acción del tránsito combinada con una carpeta o una base inestables. Si los abultamientos ocurren en una serie con menos de 3.0 m de separación entre ellos, cualquiera sea la causa, el daño se denomina corrugación”. (Vásquez Varela, 2002)

#### ➤ **Niveles de severidad**

“L: Corrugaciones producen una calidad de tránsito de baja severidad”. (Vásquez Varela, 2002)

“M: Corrugaciones producen una calidad de tránsito de mediana severidad”. (Vásquez Varela, 2002)

“H: Corrugaciones producen una calidad de tránsito de alta severidad”. (Vásquez Varela, 2002)

#### ➤ **Medida**

“Se mide en pies cuadrados (ó metros cuadrados) de área afectada”. (Vásquez Varela, 2002)



➤ Opciones de reparación

“L: No se hace nada.” (Vásquez Varela, 2002)

“M: Reconstrucción.” (Vásquez Varela, 2002)

“H: Reconstrucción”. (Vásquez Varela, 2002)



Figura A5-a. Corrugación de baja severidad.

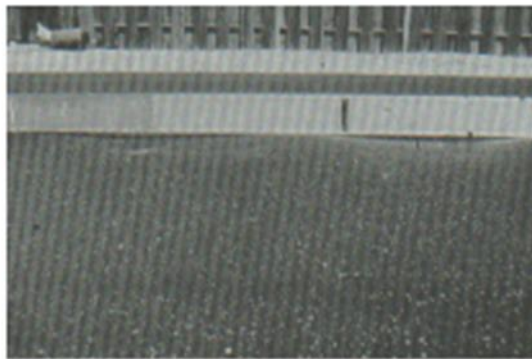


Figura A5-b. Corrugación de severidad media.

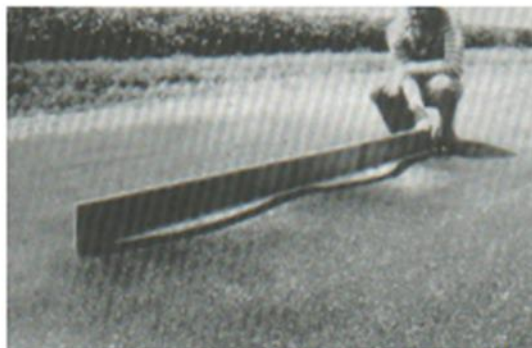


Figura A5-c. Corrugación de alta severidad.

Fuente: (Vásquez Varela, 2002)

## **F) Depresión**

“Descripción: Son áreas localizadas de la superficie del pavimento con niveles ligeramente más bajos que el pavimento a su alrededor. En múltiples ocasiones, las depresiones suaves sólo son visibles después de la lluvia, cuando el agua almacenada forma un “baño de pájaros” (bird bath). En el pavimento seco las depresiones pueden ubicarse gracias a las manchas causadas por el agua almacenada. Las depresiones son formadas por el asentamiento de la subrasante o por una construcción incorrecta. Originan alguna rugosidad y cuando son suficientemente profundas o están llenas de agua pueden causar hidro planeo”. (Vásquez Varela, 2002)

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

### ➤ **Niveles de severidad**

#### ➤ **Máxima profundidad de la depresión:**

“L: 13.0 a 25.0 mm”. (Vásquez Varela, 2002)

“M: 25.0 a 51.0 mm.” (Vásquez Varela, 2002)

“H: Más de 51.0 mm.” (Vásquez Varela, 2002)

### ➤ **Medida**

“Se mide en pies cuadrados (ó metros cuadrados) del área afectada”. (Vásquez Varela, 2002)

### ➤ **Opciones de reparación**

“L: No se hace nada.” (Vásquez Varela, 2002)

“M: Parcheo superficial, parcial o profundo.” (Vásquez Varela, 2002)

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





Figura A6-a. Depresión de baja severidad.

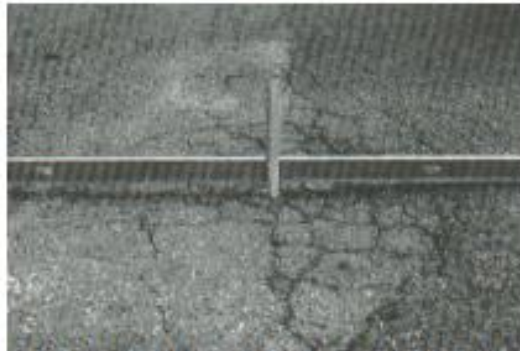


Figura A6-b. Depresión de severidad media.

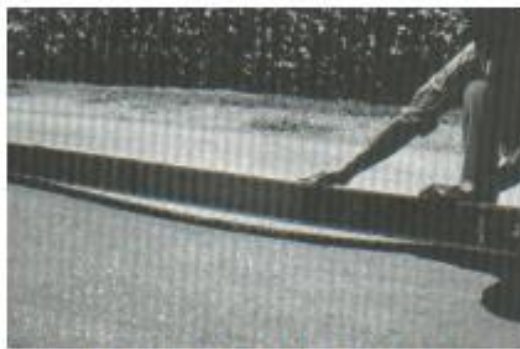


Figura A6-c. Depresión de alta severidad.

Fuente: (Vásquez Varela, 2002)

### **G) Grieta de borde**

“Descripción: Las grietas de borde son paralelas y, generalmente, están a una distancia entre 0.30 y 0.60 m del borde exterior del pavimento”. “Este daño se acelera por las cargas de tránsito y puede originarse por debilitamiento, debido a condiciones climáticas, de la base o de la subrasante próximas al borde del pavimento”. “El área entre la grieta y el borde del pavimento se clasifica de acuerdo con la forma como se agrieta (a veces tanto que los pedazos pueden removerse). (Vásquez Varela, 2002)

➤ **Niveles de severidad**

“L: Agrietamiento bajo o medio sin fragmentación o desprendimiento”. (Vásquez Varela, 2002)

“M: Grietas medias con algo de fragmentación y desprendimiento.” (Vásquez Varela, 2002)

“H: Considerable fragmentación o desprendimiento a lo largo del borde”. (Vásquez Varela, 2002)

➤ **Medida**

“La grieta de borde se mide en pies lineales (ó metros lineales).” (Vásquez Varela, 2002)

➤ **Opciones de reparación**

“L: No se hace nada. Sellado de grietas con ancho mayor a 3 mm.” (Vásquez Varela, 2002)

“M: Sellado de grietas. Parcheo parcial - profundo.” (Vásquez Varela, 2002)

“H: Parcheo parcial – profundo” (Vásquez Varela, 2002)



Figura A7-a. Grieta de borde de baja severidad.

Fuente: (Vásquez Varela, 2002)



Figura A7-b. Grieta de borde de severidad media.



Figura A7-c. Grieta de borde de alta severidad.

Fuente: (Vásquez Varela, 2002)

### **Datos generales del tramo de estudio**

“La provincia de Huancayo es una de las nueve provincias que conforman el departamento de Junín, bajo la administración del gobierno regional de Junín. Limita por el norte con la provincia de Concepción; por el este con la provincia de Satipo; por el sur con el departamento de Huancavelica y; por el oeste con la provincia de Chupaca. La vía en estudio cuenta con uno de los problemas más comunes en el mundo de la construcción de un pavimento.”

#### **a) Drenaje inadecuado**

“En la vía se observó que, en épocas de lluvia entre los meses de setiembre a marzo, la vía colapsa con respecto al drenaje de las aguas pluviales, ya que las cunetas se encuentran totalmente saturadas de residuos sólidos (basura) provocado por la población, y no tengan a donde dirigirse, y tengan que circular por la calzada generando el desgaste de la carpeta asfáltica”.

*Figura 2.* Circulación de aguas pluviales por la calzada.



*Figura 3.* El agua pluvial no tiene donde dirigirse





*Figura 4.* El agua pluvial no tiene a donde dirigirse por la inferencia de los agregados.



“Así mismo para que el agua pluvial evacuada por las cunetas no tiene un fin a donde llegar ya que las cajas receptoras o sumideros están totalmente tapados y saturados por el crecimiento de malezas y barro (lodo), producido por el arrastre de la tierra y/o agregados propios del desprendimiento de la carpeta asfáltica.”

*Figura 5.* Sumideros tapados por malezas de barro seco



*Figura 6. Cunetas saturadas y obstruidas por malezas.*



### **2.3 Definición de términos**

#### **b) Absorción**

“Fluido que es retenido en cualquier material después de un cierto tiempo de exposición (suelo, rocas, maderas, etc.)” (MTC - Glos. Térm. - 2018).

#### **c) Bache**

“Depresión que se forma en la superficie de rodadura producto del desgaste originado por el tránsito vehicular y la desintegración localizada” (MTC - Glos. Térm. - 2018)

#### **d) Berma**

“Franja longitudinal, paralela y adyacente a la superficie de rodadura de la carretera, que sirve de confinamiento de la capa de rodadura y se utiliza como zona de seguridad para estacionamiento de vehículos en caso de emergencia” (MTC - Glos. Térm. - 2018).

#### **e) Bitumen:**

“Un tipo de sustancia cementante de color negro u oscuro (sólida, semisólida, o viscosa), natural o fabricada, compuesta principalmente de hidrocarburos de alto peso

molecular, siendo típicos los asfaltos, las breas (o alquitranes), los betunes y las asfálticas” (MTC - Glos. Térm. - 2018).

**f) Capilaridad**

“Son propiedad de los suelos cuyos poros de tamaño mediano o pequeño facilita el ascenso del agua por ellos, hacia las capas más superficiales, formando finísimas columnas de agua, producidos por la tensión superficial. Se determina por ensayo de laboratorio” (MTC - Glos. Térm. - 2018).

**g) Cohesión**

“La resistencia al corte (a romperse) de un suelo, a una tensión normal” (MTC - Glos. Térm. - 2018)

**h) Conservación vial**

“Conjunto de actividades técnicas destinadas a preservar en forma continua y sostenida el buen estado de la infraestructura vial, de modo que se garantice un servicio óptimo al usuario, puede ser de naturaleza rutinaria o periódica” (MTC - Glos. Térm. - 2018).

**i) Contracción**

“Esfuerzo volumétrico asociado con un decrecimiento en sus dimensiones” (MTC – Glos. Térm. – 2018).

**j) Cuneta**

“Canales abiertos construidos lateralmente a lo largo de la carretera, con el propósito de conducir los escurrimientos superficiales y sub - superficiales procedentes de la plataforma vial, taludes y áreas adyacentes a fin de proteger la estructura del pavimento” (MTC - Glos. Térm. - 2018).

**k) Desintegración**

“Separación progresiva de partículas de agregado en el pavimento, desde la superficie hacia abajo o desde los bordes hacia el interior. La desintegración puede ser causada por falta de compactación, construcción de una capa muy delgada en periodos

fríos, muy poco asfalto en la mezcla, o sobrecalentamiento de la mezcla asfáltica” (MTC - Glos. Térm. - 2018).

**l) Drenaje**

“Conjunto de obras que tienen por fin evacuar las aguas superficiales y subterráneas que afectan a la vía” (MTC - Glos. Térm. - 2008)

**m) Elasticidad**

“Propiedad de un material que hace que retorne a su forma original después que la fuerza aplicada se mueve o cesa” (MTC - Glos. Térm. - 2008).

**n) Emulsión asfáltica**

“Una emulsión de cemento asfáltico y agua, que contiene una pequeña cantidad de agente emulsivo. Las pequeñas gotitas de asfalto emulsificado puede ser aniónicas (carga negativa) o catiónicas (carga positiva)” (MTC - Glos. Térm. - 2008).

**o) Erosión**

“Desgaste producido por el agua en la superficie de rodadura o en otros elementos de la carretera” (MTC - Glos. Térm. - 2018).

**p) Expansión**

“Acción y efecto de extenderse o dilatarse” (MTC - Glos. Térm. - 2018).

**q) Exudación de asfalto**

“Es el flujo de asfalto hacia arriba en un pavimento asfáltico, resultando en una película de asfalto sobre la superficie” (MTC - Glos. Térm. - 2018).

**r) Fisura**

“Fractura fina, por lo general con un ancho igual o menor a 3 milímetros” (MTC - Glos. Térm. - 2018).



s) **Fractura**

“Una abertura larga de ancho pequeño en el pavimento” (MTC - Glos. Térm. - 2018).

t) **Fresado de carpeta asfáltica**

“El fresado consiste en recortar en frío, con un equipo especialmente diseñado para el trabajo, un determinado espesor de la superficie del pavimento (se diferencia del cepillado en que aquél sólo produce pequeñas ranuras, en tanto que éste rebaja efectivamente en nivel superior del pavimento). Se pueden fresar también los pavimentos de hormigón, pero debido a su dureza, normalmente el trabajo tiene un costo mayor “(MTC, 2013).

## **CAPITULO III**

### **HIPOTESIS**

#### **3.1 Hipótesis general**

La aplicación del método de índice de condición en el análisis de la carpeta de la avenida San Carlos, Huancayo dará como resultado un pavimento en estado malo.

#### **3.2 Hipótesis específicas**

- a) La causa que genera el deterioro de la carpeta asfáltica de la Avenida San Carlos, Huancayo es un proceso constructivo deficiente.
  
- b) Las fallas superficiales con mayor nivel de severidad presentes en la carpeta asfáltica de la Avenida San Carlos, Huancayo son el bache y piel de cocodrilo.
  
- c) Las actividades de conservación periódica y permanente son sugeridas para la reparación de fallas en la carpeta asfáltica de la Avenida San Carlos, Huancayo.

#### **3.3 Variables**

##### **3.3.1 Definición conceptual de las variables**

**a) Variable independiente (X): Índice de condición de pavimento**

Es un método que sirve para evaluar y clasificar pavimentos flexibles y rígidos.

**b) Variable dependiente (Y): Pavimento flexible**

Es una estructura de una vía, que se diseña y se forma mediante un conjunto de capas construidas (subbase, base, carpeta asfáltica), sobre el suelo de fundación.

### 3.3.2 Definición operacional de la variable

#### a) Variable independiente (Y): Índice de condición del pavimento (PCI)

Consiste en determinar la calificación del pavimento mediante la inspección visual de las fallas que puedan presentarse y cuantificarlas. Cada falla puede alcanzar tres distintos niveles (bajo, medio y alto).

#### b) Variable dependiente (X): Pavimento flexible

En la presente tesis se empleará pavimento se deteriore rápidamente. Todo este descontrol se debe tomar muy en cuenta ya que es un indicio más que afecta directamente y se genere una mala serviciabilidad en la vía.

### 3.3.3 Operacionalización de las variables

Variables	Definición operacional	Indicadores	Índices	Técnicas e instrumentos
<b>Variable dependiente Pavimento flexible</b>	El pavimento flexible es la superficie destinada a soportar las cargas vehiculares uniformemente.	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Diagnóstico inicial.</li> <li>▪ Diagnóstico detallado.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Parámetros de evaluación y recolección de datos</li> <li>- Índice de condición</li> <li>- Condición del pavimento.</li> </ul>	<u>Técnicas:</u> - Revisión documental o bibliográfica. <u>Instrumentos:</u> - Formato de registro y evaluación de datos.
<b>Variable independiente Índice de condición de pavimento</b>	El PCI es un índice numérico que tiene una valoración de 0 a 100. Donde cero equivale a un pavimento fallado o en mal estado y cien (100) para un pavimento en excelente estado.	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Parámetros de evaluación y recolección de datos.</li> <li>- Índice de condición.</li> <li>- Condición del pavimento.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Nivel de severidad.</li> <li>- Extensión.</li> <li>- Cálculo del valor deducido (V.D).</li> <li>- Cálculo del máximo valor deducido corregido (CDV).</li> <li>- Determinar el PCI.</li> <li>- Identificar la escala de clasificación PCI.</li> </ul>	<u>Técnicas:</u> - Revisión documental o bibliográfica. <u>Instrumentos:</u> - Cuestionario

*Fuente: Elaboración del tesista.*

## **CAPITULO IV**

### **METODOLOGIA**

#### **4.1 Método de investigación**

El presente trabajo de investigación hará uso del método científico, este método se seguirá un procedimiento de investigación para poder absolver las interrogantes sobre diversos fenómenos que se presentan en la naturaleza y dificultades que se presentan en nuestra sociedad.

Por otra parte, se usará el método científico con el objetivo de seguir los procedimientos apropiados que una investigación solicita para llegar a corregir los problemas sociales, como la cuestión del presente trabajo de investigación que se orienta a aplicar el método del índice de condición para analizar el pavimento de la Avenida San Carlos en la ciudad de Huancayo.

#### **4.2 Tipo de investigación**

Este proyecto será de tipo aplicada, a través de ella se busca conocer, construir, proceder y cambiar una situación problemática. Asimismo, tiene el interés de aplicar los conocimientos teóricos sobre una problemática. Los planes de investigación de la carrera profesional de ingeniería civil están orientados dentro de este tipo de clasificación, siempre en cuando den solución alguna situación confusa.

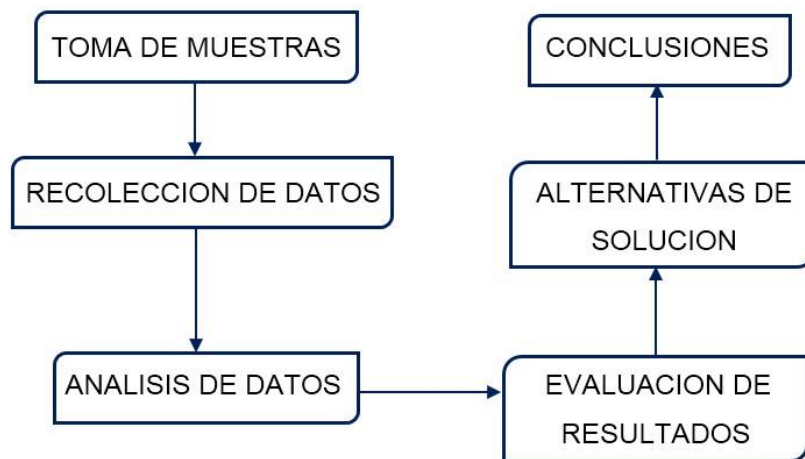
El estudio además tendrá un enfoque cuantitativo y cualitativo, ya que sus aportes están dirigidos a comprender y plantear soluciones si lo requiere el fenómeno o aspecto de la realidad perteneciente al dominio de estudio de una disciplina científica en específico, alcanzando al objetivo planteado.

### 4.3 Nivel de investigación

El presente estudio tiene como nivel de investigación descriptiva - correlacional. Es descriptiva pues describirá la situación actual de la carpeta asfáltica del pavimento flexible de la Avenida San Carlos y será correlacional, porque tiene establecerá el grado de relación o asociación no causal existente entre dos variables.

### 4.4 Diseño de la investigación

El diseño de la investigación fue no experimental, ya que basado en Carrasco (2006), “son aquellos diseños de investigación que sus variables independientes carecen de manipulación intencional, no tienen un grupo de control, por lo tanto, no se experimenta. Estudian los hechos y fenómenos de la realidad después de su ocurrencia” (pág. 21).



### 4.5 Población y muestra

#### 4.5.1 Población

Está conformada por las 29 cuadras de la Avenida San Carlos, en el distrito de Huancayo.

#### **4.5.2 Muestra**

El tipo de muestreo es no probabilístico y por lo tanto no aleatoria, por ello la muestra está comprendida por 1.400 km de la Avenida San Carlos entre la avenida Ferrocarril y el pasaje San Fernando.

#### **4.6 Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

##### **4.6.1 Técnicas de recolección de datos**

La observación será la técnica de recolección de datos a emplear; según Cerda (1991), “esta técnica es la más utilizada en la investigación científica, debido a que es fácil de aplicar. Consiste en mirar con cierta atención un sujeto, actividad o fenómeno, es decir, concentrarse en algo que particularmente se interesa” (pág. 237).

##### **4.6.2 Instrumentos de recolección de datos**

Se hará uso de una cámara fotográfica para recopilar la evidencia fotográfica de las fallas superficiales existentes y posterior toma de datos de campo. De la misma manera, se contará con una plantilla de recopilación de información y se usará el Microsoft Excel para el análisis de los datos, elaboración de los cuadros y fórmulas para el cálculo de la condición del pavimento.

#### **4.7 Procesamiento de la información**

Después de haber hecho la recolección de datos en campo y luego del llenado de las fichas de observación, se hará el procesamiento de la información usando el Microsoft Excel versión 2016, para luego ser procesado en el software informático SPSS versión 22 quien hará conocer el grado de vulnerabilidad sísmica de las viviendas.

#### **4.8 Técnicas y análisis de datos**

En esta etapa se determina como analizar los datos obtenidos de la recolección, los cuales fueron mediante los siguientes softwares:

➤ **La observación:** Utilizamos esta técnica para obtener el mayor número de datos, tomar información y registrarla para su posterior evaluación. Según Raúl Tafur Portilla (1995, p.214) en la tesis universitaria afirma.” La observación es una técnica de recopilación de datos semi primaria, ésta permite el logro de la información en la circunstancia en que ocurren los hechos”, coincidiendo con la propuesta planteada.

- **Microsoft Excel:** Permitió generar hojas de cálculos, gráficos estadísticos, cuadros comparativos, con los datos importados de campo, obteniendo resultados específicos, así mismo realizar los metrados de la propuesta propia del investigador y por último realizar el diseño de espesor de la nueva capa de rodadura colocada sobre la existente mediante el método AASHTO 1993.
  
- **S10:** Permitió realizar el presupuesto de la propuesta planteada por parte del investigador con el fin de recuperar los niveles de servicio de la infraestructura vial que se está evaluando, así mismo obtener el análisis de costos unitarios y los insumos o recursos a usarse.
  
- **Microsoft Word:** Permitió la elaboración de la parte descriptiva de los los datos procesados, sistematización e interpretación de los resultados obtenidos de campo para posterior comparativo para cada método investigado.
  
- **Civil 3D y AutoCAD 2D:** Permitió la importación de los puntos para luego realizar el diseño existente con sus propias características técnicas, así como también planos de ubicación, topográfico, servicios existentes y planteamiento general.
  
- **Gráficos de la ASTM D6433-03:** La ASTM nos brinda gráficos para cada tipo de fallas superficiales con sus respectivas curvas de niveles de severidad con los que posteriormente se da uso para obtener resultados como densidades y valores deducidos que estos a su vez intervienen en los posteriores cálculos del PCI.

## **CAPITULO V**

### **RESULTADOS**

#### **5.1 Causas que generan el deterioro de la carpeta asfáltica**

“El deterioro superficial del pavimento provee una medida del daño causado por el tráfico, condiciones ambientales y envejecimiento de los materiales que constituyen la capa de rodadura”

“El tipo y costo de las operaciones de mantenimiento requeridas por un tramo de carretera, es influenciado significativamente por el tipo, extensión y severidad de los defectos presentes en el pavimento “.

“Se reconoce que, en la realidad, el conjunto de los indicadores que caracterizan el estado de la superficie no evoluciona en forma aislada, sino mediante una interacción entre ellos, otros elementos y el estado previo del conjunto”.

“Está demostrado que el progreso de la fisuración y el ahuellamiento están relacionados: al inicio de la vida en servicio se produce un ahuellamiento inicial cuya tasa de crecimiento va disminuyendo con el aumento del número de ciclos”.

Una vez que comienza a evidenciarse la fisuración, el módulo de las capas asfálticas cae, lo que provoca un aumento de las sollicitaciones que aceleran el proceso del ahuellamiento, conjuntamente con el posible ingreso de agua a la estructura dependiendo de las tareas de mantenimiento”.



“En la figura se esquematiza el comportamiento de deterioro del pavimento considerando ambos periodos evolutivos”.

- ✓ Evolución del deterioro de una estructura de pavimento.
- ✓ Tomado de los modelos racionales de diseño:
- Criterios de falla (2)

“En los pavimentos actuales, la acción de las cargas repetidas es la más notable causa de deterioro”. “Como se comentó anteriormente, el crecimiento de los volúmenes de carga transportada y el aumento del peso admisible por eje, aumentan la probabilidad de que el pavimento experimente fallas por fatiga y por deformación acumulativa”.

#### ➤ **Fisuras por fatiga**

“El desencadenamiento de las fisuras por fatiga se atribuye principalmente a tensiones de tracción en la parte inferior de la capa de asfalto producto de la flexión de dicha capa por el paso repetido de vehículos”. “Esta fisuración inicia y progresa a través de la fase asfáltica y/o en la interfaz asfalto-agregado y se propaga paulatinamente a la superficie (grietas de abajo hacia arriba), comienzan a evidenciarse como pequeñas fisuras longitudinales en las huellas ramificándose, para luego formar una malla cerrada (denominada coloquialmente como piel de cocodrilo). Llegado ese punto, la falla se declara como severa ocasionando eventualmente desprendimiento de material”.

“El proceso de fatiga afecta a las capas asfálticas disminuyendo progresivamente sus módulos efectivos de trabajo, lo cual provoca una redistribución de las tensiones inducidas en toda la estructura. Esta variación de los esfuerzos es dependiente del aporte de estas capas asfálticas a la rigidez global de la estructura. Puede pasar entonces que, estructuras que posean mayor rigidez relativa de las capas asfálticas respecto al conjunto de la estructura, resulten en una disminución de la vida útil”.

El criterio de falla por fatiga relaciona el número permitido de repeticiones de carga con la deformación unitaria por tracción, hasta que el estado del pavimento se considera lo suficientemente deteriorado como para establecer el fin de su vida. Las leyes de fatiga son generalmente elaboradas a partir de pruebas de laboratorio y calibradas en el campo”.

“Las fallas por fatiga en la carpeta se han combatido históricamente de dos maneras, por un lado, se ha intentado dar a la carpeta un espesor tal que el esfuerzo aplicado por el tránsito le genere deformaciones pequeñas que no produzcan posibilidades de agrietamiento o de deformación acumulativa. Un espesor mayor reduce la magnitud de las tensiones de tracción en la fibra inferior de la capa asfáltica y dificulta la propagación de las grietas, ya que tienen que viajar una distancia más larga para alcanzar la superficie”

“Este enfoque es el más intuitivo y sencillo de solucionar, pero también el más costoso”

“Por otro lado, las tensiones en la capa asfáltica se pueden reducir apoyando la carpeta en otras capas suficientemente resistentes y poco deformables. En estos casos es importante comparar el costo de cada una de las opciones de refuerzo y estudiar que el comportamiento de estas capas no afecte el desempeño de la carpeta. Por poner un ejemplo, una base cementada mejorará sustancialmente su capacidad resistente, pero generará eventualmente fisuras de retracción que se transmitirán a la carpeta asfáltica”.

#### ➤ **Deformación permanente**

“Por fenómeno de deformación permanente, también conocido como ahuellamiento, se entiende la alteración de nivel de la capa de rodadura por hundimiento a lo largo de las huellas que trae aparejada una falta de seguridad y confort de los usuarios que transitan el pavimento”.

Las deformaciones permanentes en las capas de mezcla asfáltica son causadas en forma puntual o combinada por un conjunto de factores. En primer lugar, la exposición del pavimento a altas temperaturas afecta directamente las propiedades viscoelásticas del asfalto presente en la mezcla asfáltica haciendo que fluya bajo menores cargas y generalmente se evidencia tempranamente, incluso durante los primeros meses de verano. Otros factores climáticos como el gradiente térmico y la reflectividad del pavimento afectan en mayor o menor medida la severidad del ahuellamiento”

“Por otro lado, el tránsito da lugar a cargas cíclicas, donde en cada ciclo se realiza cierto trabajo para deformar la superficie del pavimento como una combinación de densificación y deformación por corte. La densificación implica una disminución de

volumen del material mientras la deformación por corte involucra un flujo plástico del material con o sin cambios de volumen. Los factores que intervienen en este comportamiento son la magnitud de la carga, la presión de inflado de los neumáticos y la velocidad de circulación de los vehículos”.

Existen además otros factores que contribuyen directamente al ahuellamiento relacionados con la composición de la mezcla asfáltica, como el bajo contenido de vacíos, alto porcentaje de contenido asfáltico, el uso de un asfalto inadecuado y uso de agregados sin triturar. Finalmente existen factores relacionados a las características geométricas del trazado como el ancho del carril, que influye en la distribución transversal de los vehículos, y la pendiente longitudinal que afecta el reparto de la carga transmitida por los neumáticos al pavimento”.

## 5.2 Análisis de fallas superficiales y nivel de severidad presentes en la carpeta asfáltica

Una vez registrados todas las fallas e información del pavimento flexible, y obtenidos los índices de condición respectivos para cada unidad de muestra, se logró determinar el valor del PCI promedio de las secciones determinadas. Para tener una idea global de cuál es el estado del pavimento flexible de la Av. San Carlos se ha elaborado una tabla donde se muestra a manera de resumen las secciones, las unidades de muestra, el área de cada una de ellas, el valor de PCI de cada unidad de muestra, el valor del PCI de la sección identificada y por ultimo las clasificaciones correspondientes a los valores de PCI.

Tabla 1. Cuadro de resumen de resultados.

Sección	Unidad de muestra	Área de muestra (a)	PCI de la muestra (b)	A x B	D / C	Estado de la sección
1	U01	231.43	53	12265.79	53.11	Regular
	U02	231.43	46	10645.78		
	U03	231.43	55	12728.65		
	U04	231.43	83	19208.69		

	U05	231.43	52	12034.36		
	U06	231.43	49	11340.07		
	U07	231.43	46	10645.78		
	U08	231.43	51	11802.93		
	U09	231.43	53.8	12450.934		
	U10	231.43	48	11108.64		
	U11	231.43	52	12034.36		
	U12	231.43	53	12265.79		
	U13	231.43	30.5	7058.615		
	U14	231.43	36.5	8447.195		
	U15	231.43	34	7868.62		
	U16	231.43	49	11340.07		
	U17	231.43	42	9720.06		
	U18	231.43	44	10182.92		
	U19	231.43	48.5	11224.355		
	U20	231.43	47.8	11062.354		
	U21	231.43	44.5	10298.635		
	U22	231.43	45.5	10530.065		
	U23	231.43	53	12265.79		
	U24	231.43	55.8	12913.794		
	U25	231.43	57	13191.51		
	U26	231.43	53	12265.79		
	U27	231.43	54.5	12612.935		
	U28	231.43	51.5	11918.645		
	U29	231.43	49.5	11455.785		
	U30	231.43	68	15737.24		
	U31	231.43	54.5	12612.935		
	U32	231.43	80.5	18630.115		
	U33	231.43	54	12497.22		
	U34	231.43	80.5	18630.115		
	U35	231.43	83	19208.69		
2	U36	231.43	48	11108.64	53.09	Regular
	U37	231.43	31.5	7290.045		
	U38	231.43	55.2	12774.936		
	U39	231.43	46	10645.78		
	U40	231.43	51.5	11918.645		
	U41	231.43	55	12728.65		
	U42	231.43	54.5	12612.935		
	U43	231.43	52.5	12150.075		
	U44	231.43	33.5	7752.905		
	U45	231.43	53.5	12381.505		

U46	231.43	38.5	8910.055
U47	231.43	55.2	12774.936
U48	231.43	47	10877.21
U49	231.43	44	10182.92
U50	231.43	53	12265.79
U51	231.43	46	10645.78
U52	231.43	53	12265.79
U53	231.43	52	12034.36
U54	231.43	49.5	11455.785
U55	231.43	53.2	12312.076
U56	231.43	35	8100.05
U57	231.43	54	12497.22
U58	231.43	53.2	12312.076
U59	231.43	54	12497.22
U60	231.43	69	15968.67
U61	231.43	53.5	12381.505
U62	231.43	56	12960.08
U63	231.43	55.8	12913.794
U64	231.43	52	12034.36
U65	231.43	54	12497.22
U66	231.43	55.2	12774.936
U67	231.43	75	17357.25
U68	231.43	77	17820.11
U69	231.43	66	15274.38
U70	231.43	76.5	17704.395

*Fuente: Elaboración Propia*

Se logra determinar que el pavimento flexible evaluado en la Sección 01 determinada presenta un PCI de 53.11 correspondiente a una condición de pavimento Regular, mientras que en la Sección 02 determinada presenta un PCI de 53.09 correspondiente a una condición de pavimento Regular. Sin embargo, requiere ser intervenido, en ambas secciones, ya que con el paso de las fechas y al no ser intervenido causara que el PCI sea mayor y la clasificación sea menor llegando a la condición Malo.

Tabla 2. Cuadro o clasificación de las muestras.

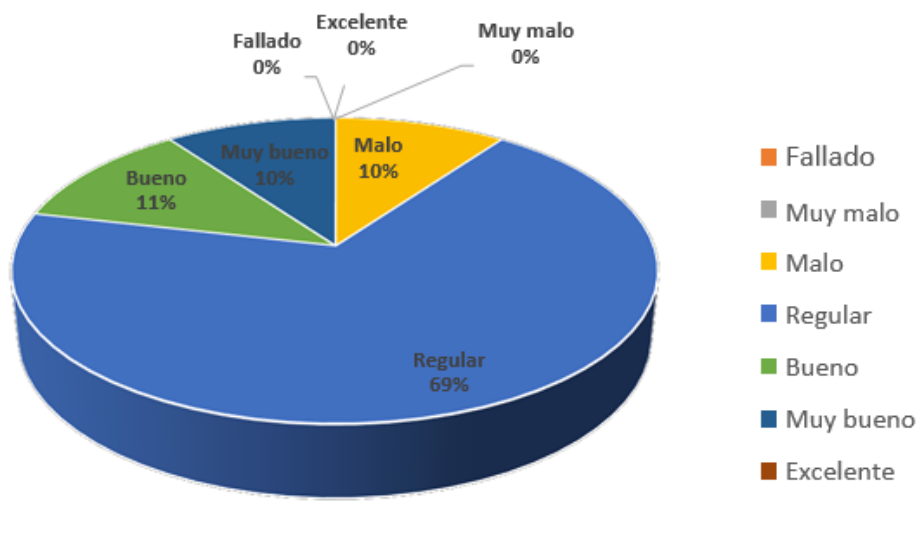
Sección	Unidad de muestra	PCI de la muestra (b)	Estado de la muestra	D / C	Estado de la sección
1	U01	53	Regular	53.11	Regular
	U02	46	Regular		
	U03	55	Regular		
	U04	83	Muy Bueno		
	U05	52	Regular		
	U06	49	Regular		
	U07	46	Regular		
	U08	51	Regular		
	U09	53.8	Regular		
	U10	48	Regular		
	U11	52	Regular		
	U12	53	Regular		
	U13	30.5	Malo		
	U14	36.5	Malo		
	U15	34	Malo		
	U16	49	Regular		
	U17	42	Regular		
	U18	44	Regular		
	U19	48.5	Regular		
	U20	47.8	Regular		
	U21	44.5	Regular		
	U22	45.5	Regular		
	U23	53	Regular		
	U24	55.8	Regular		
	U25	57	Bueno		
	U26	53	Regular		
	U27	54.5	Regular		
	U28	51.5	Regular		
	U29	49.5	Regular		
	U30	68	Bueno		
	U31	54.5	Regular		
	U32	80.5	Muy Bueno		
	U33	54	Regular		
	U34	80.5	Muy Bueno		

	U35	83	Muy Bueno		
	U36	48	Regular		
	U37	31.5	Malo		
	U38	55.2	Bueno		
	U39	46	Regular		
	U40	51.5	Regular		
	U41	55	Regular		
	U42	54.5	Regular		
	U43	52.5	Regular		
	U44	33.5	Malo		
	U45	53.5	Regular		
	U46	38.5	Malo		
	U47	55.2	Regular		
	U48	47	Regular		
	U49	44	Regular		
	U50	53	Regular		
	U51	46	Regular		
	U52	53	Regular		
2	U53	52	Regular	<b>53.09</b>	<b>Regular</b>
	U54	49.5	Regular		
	U55	53.2	Regular		
	U56	35	Malo		
	U57	54	Regular		
	U58	53.2	Regular		
	U59	54	Regular		
	U60	69	Bueno		
	U61	53.5	Regular		
	U62	56	Bueno		
	U63	55.8	Bueno		
	U64	52	Regular		
	U65	54	Regular		
	U66	55.2	Bueno		
	U67	75	Muy Bueno		
	U68	77	Muy Bueno		
	U69	66	Bueno		
	U70	76.5	Muy Bueno		

*Fuente: Elaboración Propia*

Así mismo se determinó los índices de condiciones de pavimento, para este estudio donde: la condición de pavimento regular y bueno predominan en el pavimento en estudio. Teniendo como la condición regular la de mayor proporción con 69%, seguido por la condición bueno con 11%, seguido por la condición muy bueno con 10% y malo también con 10%. En este desarrollo de investigación no se encontró la condición fallado, muy malo y excelente, tal y como se observa en el gráfico N° 09.

Figura 7. Clasificación de pavimentos de las unidades de muestra en %.



Fuente: Elaboración Propia.

Por otro lado, se presentan tablas que contienen información de manera resumida sobre los tipos de fallas que se identificaron en las dos secciones que conforman el pavimento flexible evaluado, así como los metrados totales por cada tipo de falla y nivel de severidad, con el fin de poder determinar que fallas se encuentran en mayor cantidad y que tipo de intervención aplicar.



**Tabla 3.** Cuadro de resumen de fallas en la sección 01.

Fallas en la sección 01	Unidad de medida	Bajo	Medio	Alto
Pérdida de	m2	1506.88	5179.61	0
Fisura Longitudinal y Transversal	ml	291.35	61.55	133.65
Parches	m2	42.28	130.34	20.32
Baches	m2	10.18	3.9	0.91
Hundimiento	m2	3.3	0	0
Reflejados	m2	0	1.2	2.6
Grietas por Fatiga o Piel	m2	18.25	3.57	0
Grietas por	m2	0	5.35	1.44
Ondulación	ml	10.65	16	0
Grieta de	m2	0.8	0	0

**Tabla 4.** Cuadro de resumen de fallas en la sección 02.

Fallas en la sección 02	Unidad de medida	Bajo	Medio	Alto
Pérdida de	m2	1301.91	5647.26	0
Fisura longitudinal y transversal	ml	529.8	314.8	0
Parches deteriorados	m2	210.97	90.99	0
Baches	m2	9.3	9.48	0.25
Hundimiento	m2	0	0	0

Reflejados	m2	0	0	0
Grietas por fatiga o piel de Cocod.	m2	0	33.66	0
Grietas por	m2	7.16	0	1.65
Ondulación	ml	16.45	0	0
Grieta de Borde	m2	0	0	0

*Tabla 5. Cuadro de resumen de fallas identificadas en la carpeta asfáltica con su cantidad y %*

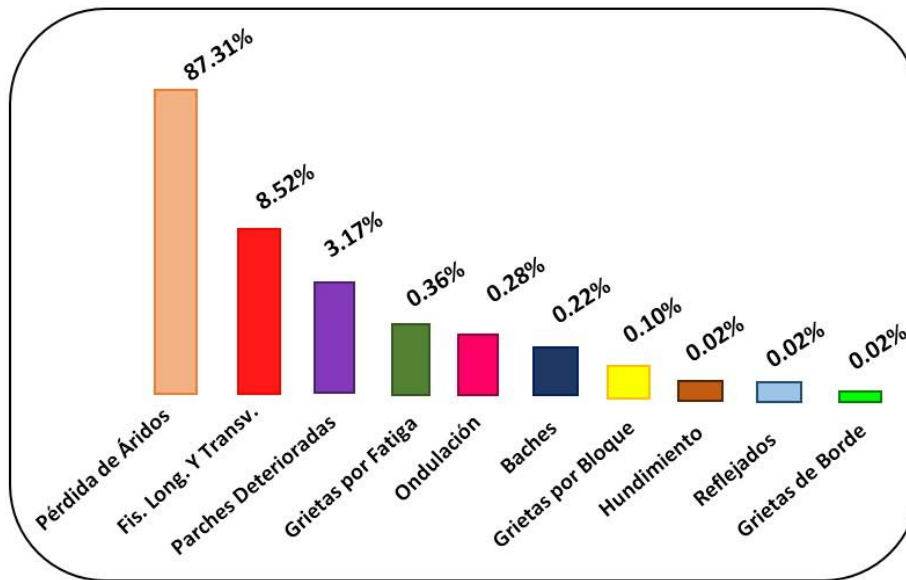
<b>Fallas en la av. San Carlos</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Porcentaje</b>
Pérdida de áridos m2	13635.66	87.31%
Fisura longitudinal y transversal ml	1330.61	8.52%
Parches deteriorados m2	494.9	3.17%
Grietas por fatiga o piel de Cocod. m2	55.48	0.36%
Ondulación ml	43.1	0.28%
Baches m2	34.02	0.22%
Grietas por bloque m2	15.6	0.10%
Hundimiento m2	3.3	0.02%
Reflejados m2	3.8	0.02%
Grietas de borde m2	0.8	0.01%
<b>Total</b>	<b>15617.27</b>	<b>100%</b>

*Fuente: Elaboración propia*

En la tabla 05, se tiene de manera resumida y ordenada de mayor a menor las fallas identificadas en la Av. San Carlos, con los respectivos porcentajes para poder definir cuál de estas fallas es la que predomina.

A continuación, se tiene los porcentajes llevados a un gráfico para poder visualizar la falla predominante y las que le siguen (ver figura 09)

*Figura 8. Fallas identificadas en la carpeta asfáltica evaluada.*



*Fuente: Elaboración propia.*

Las fallas identificadas en la carpeta asfáltica de la Av. San Carlos con mayor presencia es la pérdida de áridos en un 87.31% y nivel de severidad medio, mientras que fisura longitudinal y transversal en un 8.52% con nivel de severidad bajo, así mismo parches deterioradas en un 3.17% con nivel de severidad bajo, así mismo grietas por fatiga con un 0.36% con un nivel de severidad bajo, mientras que ondulación con un 0.28% con un nivel de severidad bajo, mientras que baches en un 0.22% con nivel de severidad bajo, seguidamente por grietas por bloque en un 0.10% con nivel de severidad bajo, por otro lado hundimiento, reflejados, y grietas de borde están por debajo del 1% y niveles de severidad variables.

Se puede determinar que la falla pérdida de áridos es la que afecta en mayor cantidad a todas las unidades de muestreo de las dos secciones. El origen de esta falla está relacionado directamente con los materiales y el clima. Una fuente de origen es la

aplicación irregular del ligante de tratamiento superficial. También a los problemas de adherencia entre agregado y asfalto, el uso de agregados contaminados con finos o agregados muy absorbentes, la lluvia durante aplicación o el fraguado del ligante asfáltico, la deficiencia de compactación de la carpeta asfáltica, así mismo también se debe al endurecimiento del asfalto, por el envejecimiento del asfalto.

Se optó por profundizar más en las causas, de las ya descritas en el marco teórico para este tipo de falla de pérdida de áridos debido a la gran cantidad de metros cuadrados afectados, en la vía evaluada.

Existen también grandes longitudes de Fisuras longitudinales y transversales, las cuales se deben a la rigidación de la mezcla asfáltica por pérdida de flexibilidad debido a un exceso de filler o al envejecimiento del asfalto, ocurre ante bajas temperaturas o gradientes térmicos altos (generalmente superiores a 30°), también por la fatiga de la estructura, usualmente se presenta en las huellas de tránsito, así mismo podría ser por el riego de liga insuficiente o ausencia total o el espesor insuficiente de la capa de rodadura. Existen grandes áreas parchadas deterioradas con nivel de severidad bajo, las cuales se deben a las labores inadecuadas de mantenimiento que ejecuta la municipalidad, asimismo a trabajos realizados por las empresas de agua - desagüe.

Se encontró también la falla Grieta por Fatiga, la cual tiene un porcentaje muy bajo, esta falla tiene como origen la rigidación de la mezcla asfáltica en zonas de carga (por oxidación del asfalto o envejecimiento). También por problemas de drenaje y también por la compactación deficiente de las capas granulares o asfálticas.

Otra falla encontrada en el pavimento evaluado es el de Ondulación, exactamente en la parte última del análisis superficial, pero con severidad media, esta tiene como origen la pérdida de estabilidad de la mezcla asfáltica, exceso de compactación de la carpeta asfáltica, exceso o mala calidad del asfalto, insuficiencia de triturados (caras fracturadas), acción del tránsito en zonas de frenado y estacionamiento.

También se localizó en varios puntos del área de estudio Baches, las cuales son de secciones pequeñas con severidad predominantes entre bajo y medio. Estas tienen como causa a pavimento estructuralmente insuficiente para el nivel de sollicitaciones y

características de la subrasante. También por el drenaje inadecuado o insuficiente y por el defecto de construcción o por el derrame de solventes (bencina, aceite, etc.).

Otra falla encontrada pero muy poca o casi nada es Grieta por Bloque, esta es causada principalmente por la contracción del pavimento asfáltico debido a la variación de la temperatura durante el día, lo que se produce en ciclos de esfuerzo – deformación sobre la mezcla. La presencia de este tipo de fisuras indica que el asfalto se ha endurecido, lo cual sucede debido al envejecimiento de la mezcla o al uso de un tipo de asfalto inapropiado para el clima de la zona.

Otra falla encontrada, pero por debajo del 1% es hundimiento, estas son generados a causa que, entre el tipo de asfalto, la gradación de los agregados y la temperatura de la capa de rodadura son inadecuados.

Otra falla encontrada pero muy poca o casi nada es reflejado, son generadas por los bloques formados por las grietas existentes en éste, debido a los cambios de temperatura y de humedad. Generalmente no se atribuyen a las cargas de tránsito, aunque éstas pueden provocar fisuración en las zonas aledañas incrementando la severidad del daño.

Así mismo se registra fallas de grietas de borde inferior al 1%, esto se debe a que la vía evaluada en todo su recorrido esta confinada por veredas o acompañada de zonas de estacionamiento de pavimento flexible, es por eso que no se presentan este tipo de falla en la vía evaluada.

### **5.3 Actividades de conservación vial se sugiere para la reparación de fallas en la carpeta asfáltica**

La conservación del pavimento incluye los componentes de:

- (a) Mantenimiento preventivo
- (b) Mantenimiento de rutina
- (c) Rehabilitación menor.

#### **➤ Mantenimiento preventivo**

“Es una estrategia planificada de tratamientos rentables para un sistema existente de vialidad y sus accesorios que preservan el sistema, retardan el deterioro futuro y

mantienen o mejoran la condición funcional del sistema (sin aumentar significativamente la capacidad estructural)”.

➤ **Mantenimiento de rutina**

“Consiste en trabajos que se planifican y realizan de forma rutinaria para mantener y preservar la condición del sistema vial o para responder a condiciones y eventos específicos que restauran el sistema vial a un nivel de servicio adecuado”.

➤ **Rehabilitación menor**

“Consiste en mejoras no estructurales hechas a las secciones de pavimento existentes para eliminar el agrietamiento superficial de arriba hacia abajo relacionado con la edad que se desarrolla en pavimentos flexibles debido a la exposición ambiental.

“Debido a la naturaleza no estructural de las técnicas de rehabilitación menores, estos tipos de técnicas de rehabilitación se ubican en la categoría de conservación del pavimento”.

“Otros proyectos de rehabilitación de pavimentos no se consideran conservación de pavimentos”.

Hay muchos beneficios para la preservación del pavimento, como:

- ✓ Preserva la inversión en nuestra infraestructura
- ✓ Mejora el rendimiento del pavimento
- ✓ Asegura la rentabilidad
- ✓ Extiende la vida del pavimento
- ✓ Reduce los retrasos de los usuarios
- ✓ Proporciona mayor seguridad y movilidad

“Se recomienda el enfoque proactivo de la preservación del pavimento”.

“La preservación y protección de los pavimentos mientras están en buenas condiciones puede retrasar la necesidad de una costosa rehabilitación y reconstrucción durante años o incluso décadas”.

✓ **Grietas y juntas”**

“Cuándo las grietas en asfalto y hormigón no se tratan, puede dar lugar a costosas reparaciones, así como condiciones de conducción inseguras”.

“Las grietas tratadas pueden prolongar la vida del pavimento con un mínimo de 2 a 5 años.”

✓ **¿Con qué frecuencia debe romper el sello?**

- El agrietamiento del pavimento es inevitable: va a suceder
- El sellado rápido de las fisuras reduce el daño al pavimento
- Cuanto más tiempo la grieta permanezca sellada, la menor cantidad de daño ocurrirá y el pavimento realizará más tiempo
- Inspeccione visualmente el pavimento cada año para identificar y sellar nuevas grietas
- Inspeccione visualmente las grietas previamente selladas cada año para identificar las fallas y repararlas según sea necesario. Si la inspección anual no es posible, las grietas previamente selladas deben ser evaluadas cada 3 años, el tiempo que potencialmente toma una grieta para convertirse en un bache.

✓ **“Los materiales que se usan comúnmente para sellar grietas son”:**

- Sellador de grietas aplicado en caliente para pavimentos de asfalto y hormigón (utilice nuestro Calculadora de Material de Sello para determinar cuánto material se necesita para su proyecto).
- Sellador de juntas de silicona para pavimentos de hormigón

✓ **Grandes grietas y angustias**

- “Preservación del pavimento amplias grietas y desgastes, proporciona enmascarados duraderos de aplicación en caliente y parches en frío de alto rendimiento para grietas en el pavimento 1.5 "(3.8 cm) o más ancho y otros tipos de pavimento angustia”.

✓ **Los materiales que se usan comúnmente en las reparaciones son:**

- Mastic One <sup>TM</sup>

- TechCrete™ HP Asphalt Cold Patch™
- HP Concrete Cold Patch™



## CAPITULO VI

### ANÁLISIS Y DISCUSION DE RESULTADOS

#### A) **¿Cuál es el resultado de condición del pavimento de la carpeta asfáltica de la Av. San Carlos?, y esta ¿Brinda adecuadas condiciones de serviciabilidad?**

- Luego de realizar la evaluación de la carpeta asfáltica del pavimento flexible se evidencia los siguientes resultados: un estado del pavimento de la av. San Carlos del 53.10% conllevando a una clasificación regular; esto nos confirma lo obtenido en la discusión.

- En el pavimento evaluado predominan la condición regular la de mayor proporción con 69%, seguido por la condición bueno con 11%, seguido por la condición muy bueno y malo ambos con 10%. Este pavimento no brinda adecuadas condiciones de serviciabilidad a los usuarios, por lo que requiere ser intervenido inmediatamente ya que con el pasar de las fechas esta condición reducirá llegando al punto de malo; esto no nos confirma lo obtenido en el resultado con la hipótesis general.

- Una vez realizado la evaluación de la carpeta asfáltica y los ensayos de laboratorio, se concluye que la causa que ocasionó el origen de las fallas superficiales se debe al drenaje inadecuado que cuenta esta vía. Esta vía al no contar con el mantenimiento rutinario como limpieza de cunetas y de sumideros, género que las aguas pluviales no tengan por donde evacuar o tener un fin de evacuación, conllevando a que se dirijan o circulen por la calzada. La evacuación de las aguas pluviales por la calzada, el alto tránsito vehicular más el factor tiempo, son las causas principales para el deterioro de la carpeta asfáltica y próximamente generando las fallas superficiales; esto no nos confirma lo obtenido en el resultado con la primera hipótesis específica.

**B) ¿Por qué se menciona que la evacuación de las aguas pluviales por la calzada, el alto tránsito vehicular más el factor tiempo, son las causas principales para el deterioro de la carpeta asfáltica?**

Porque estos factores generan una acción deficiente para la carpeta asfáltica; el primero proporciona el lavado del asfalto y humedeciendo la calzada, mientras que la segunda genera tracción (con el frenado) para detenerse o disminuir la velocidad debido a una señalización horizontal y/o vertical, y a esto sumarle el factor tiempo, forman la pérdida o desprendimiento de los agregados de la carpeta asfáltica.

**C) ¿Hay otra causa por la que la carpeta asfáltica evaluada presente fallas superficiales?**

Como ya se mencionó anteriormente, para tener conocimiento las características de la carpeta asfáltica evaluada, se tuvo que realizar los ensayos de laboratorio como son la extracción de núcleo (perforación diamantina) y el lavado de asfalto y se evidenció los siguientes resultados: la curva granulométrica nos indica que los agregados están bien graduados salvo en el tamiz N° 200, el uso de porcentaje de cemento asfáltico es adecuado según los requerimientos. Por otra parte, hay un porcentaje mínimo que presenta la muestra extraída como lo son piedras con canto rodado, piedras chatas, y demasiado fino son suficientes para generar el desprendimiento de agregados con mayor facilidad; entonces se concluye que aquel porcentaje mínimo fue la causante para que la carpeta asfáltica se deteriore.

**D) ¿Está carpeta asfáltica ya habrá cumplido su periodo de diseño?**

Según la indagación e investigación por parte del tesista hacia los pobladores y la municipalidad provincial de Huancayo, se evidencia lo siguientes resultados: otra causa por la que está carpeta asfáltica presente fallas superficiales es por el envejecimiento de la estructura, ya que cumplió su periodo de diseño o vida útil; esto nos confirma lo obtenido en la discusión.

- Vistos las fallas existentes en la carpeta asfáltica de la av. San Carlos se evidencia que los síntomas resultados: con mayor presencia es la pérdida de áridos en un 87.31% y nivel de severidad medio, mientras que fisura longitudinal y transversal en un 8.52% con nivel de severidad bajo, así mismo parches deterioradas en un 3.17% con nivel de severidad bajo, así mismo grietas por fatiga con un 0.36% con un nivel de severidad bajo,

mientras que ondulación con un 0.28% con un nivel de severidad bajo, mientras que baches en un 0.22% con nivel de severidad bajo, seguidamente por grietas por bloque en un 0.10% con nivel de severidad bajo, por otro lado hundimiento, reflejados, y grietas de borde están por debajo del 1% y niveles de severidad variables; esto no nos confirma lo obtenido en el resultado con la segunda hipótesis específica. Estas fallas se podrán reparar mediante las actividades de conservación rutinaria y periódico teniendo como efecto un pavimento en buen estado.

- Luego de realizar el análisis de la información de campo y teniendo resultados del estado de condición del pavimento para la carpeta asfáltica de la av. San Carlos se propuso la siguiente alternativa de conservación vial: repapeo donde este mantenimiento cubrirá todas las fallas superficiales y/o imperfecciones presentes en la carpeta asfáltica con una nueva capa estructural; esto si nos confirma lo obtenido en el resultado con la tercera hipótesis específica.

- Se obtuvo la condición del pavimento de la carpeta asfáltica, y previo a este resultado se propuso un mantenimiento de conservación vial correspondiente a conservación periódica debido a que este pavimento ya cumplió su tiempo de vida útil, llegando a una conclusión del costo de mantenimiento mediante las actividades de conservación vial para la av. San Carlos, de S/. 1'126,411.61 nuevos soles. Así mismo la ratio de costo de mantenimiento por metro cuadrado para la av. San Carlos es de S/. 67.27 nuevos soles. Esto servirá para que la carpeta asfáltica pase de condición regular a una condición excelente.

## CONCLUSIONES

1. La carpeta asfáltica del pavimento flexible de la Av. San Carlos encuentra en un estado de condición del 53.10% conllevando a una clasificación regular, por lo que requiere ser intervenido inmediatamente ya que con el pasar de las fechas esta condición reducirá llegando al punto de malo.
2. Se concluye que las causas que originaron las fallas presentes en la carpeta asfáltica se debe al mal cálculo del tráfico proyectado de forma inadecuada, al drenaje inadecuado, a los requerimientos de agregados gruesos y finos que no cumplen según lo establecido en la Norma MTC, al envejecimiento de la estructura por acciones del clima, a las labores inadecuadas de mantenimiento que ejecuta la municipalidad y trabajos realizados por las empresas de agua – desagüe y a la mala compactación de la densidad de la junta longitudinal.
3. Las fallas identificadas en la carpeta asfáltica de la av. San Carlos con mayor presencia es la perdida de áridos en un 87.31% y nivel de severidad medio, mientras que fisura longitudinal y transversal en un 8.52% con nivel de severidad bajo, así mismos parches deterioradas en un 3.17% con nivel de severidad bajo, así mismo grietas por fatiga con un 0.36% con un nivel de severidad bajo, mientras que ondulación con un 0.28% con un nivel de severidad bajo, mientras que baches en un 0.22% con nivel de severidad bajo, seguidamente por grietas por bloque en un 0.10% con nivel de severidad bajo, por otro lado hundimiento, reflejados, y grietas de borde están por debajo del 0.10% y niveles de severidad variables.
4. Para La carpeta asfáltica de la Av. San Carlos se propuso Recapeo este mantenimiento cubrirá todas las fallas superficiales y/o imperfecciones presentes en la carpeta asfáltica con una nueva capa estructural.
5. El costo de mantenimiento mediante las actividades de conservación vial para la av. San Carlos, es de S/. 1'126,411.61 nuevos soles. Así mismo la ratio de costo de mantenimiento por metro cuadrado para la Av. San Carlos es de S/. 67.27 nuevos soles. Esto servirá para que la carpeta asfáltica pase de condición regular a una condición excelente. Se menciona excelente ya que se está renovando la carpeta asfáltica. Si se dejara sin efecto este mantenimiento el costo para su posterior intervención se incrementará entre 2 y 3 veces.

## **RECOMENDACIONES**

1. A la hora de la intervención mediante las actividades de conservación vial, ejecutarse bajo los procedimientos dados en el MTC - 2014.
2. Los personales de la ejecución de las actividades de trabajo tienen que contar con experiencia en obras similares y capacitadas en el tema.
3. Es muy importante realizar la etapa de mantenimiento rutinario y periódico en los pavimentos flexibles para que pueda cumplir el periodo de diseño y brindar óptimas condiciones de serviciabilidad.
4. Se recomienda tener en cuenta los precios de los insumos a la hora de proponer un presupuesto de un mantenimiento mediante conservación vial. Los precios deben ser actualizados, estar de acuerdo a la zona en la que se ejecutara, y entre otros factores más.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. ASTM – American Society of Testing Materials.
2. ASTM D6433-03 – Práctica estándar para Vías y Estacionamientos mediante el Índice de Condición del Pavimento.
3. AASHTO - American Association of State Highway and Transportation Officials.
4. BOOZ HALLEN HAMILTON, BARRIGA DALL'ORTO Y WILBUR SMITH, (1999) Manual de identificación, clasificación y tratamientos de fallas en pavimentos urbanos, Lima – Perú.
5. ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL (2009), Mantenimiento de la capa de rodadura de concreto asfáltico en un pavimento flexible, Ecuador - Guayaquil.
6. INSTITUTO DE LA CONSTRUCCIÓN Y GERENCIA, “1ra Edición – Tomo 2: Diseño y Gestión de Pavimentos.
7. INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS, (1998), Manual de diseño geométrico para carreteras, Santafé de Bogotá – Colombia.
8. MENÉNDEZ JOSÉ RAFAEL, (2003), Mantenimiento rutinario de caminos con microempresas – Manual técnico, Lima – Perú.
9. MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES, (2014), Manual de Carreteras, Mantenimiento o Conservación Vial.
10. MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES, (2018), Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG-2018.
11. MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES, (2013), Manual de Carreteras: Especificaciones Técnicas Generales para Construcción EG-2013.
12. MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES, (2014), Manual de Inventarios Viales.
13. MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES, Manual de Ensayos de Materiales.
14. MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES (2014), Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos.
15. MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES, (2008), Glosario de términos de Uso Frecuente en Proyectos de Infraestructura Vial, Lima – Perú.
16. MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES, (2018), Glosario de términos de Uso Frecuente en Proyectos de Infraestructura Vial, Lima – Perú.

17. OLIVERA BUSTAMANTE FERNANDO (2000), Estructuración de vías terrestres, México.
18. PABLO DEL ÁGUILA, (2004), Revista vial – La realidad andina de la viabilidad peruana, Buenos Aires – Argentina.
19. SOTIL, Andrés (2012) Compilación de diapositivas del curso Diseño de pavimentos. Lima: UPC (Fecha de consulta: 23 de junio del 2015).
20. VÁSQUEZ VARELA LUIS RICARDO, (2002), Ingeniería de pavimentos PCI para pavimentos asfálticos y de concreto en carreteras, Manizales – Colombia.

## **ANEXOS**



## Matriz de consistencia

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	METODOLOGÍA
<p><b>Problema General:</b></p> <p>¿Cuál es el resultado del uso del método de índice de condición para el análisis de la carpeta asfáltica de la avenida San Carlos, Huancayo?</p> <p><b>Problemas Específicos:</b></p> <p>a) ¿Cuáles son las causas que generan el deterioro de la carpeta asfáltica de la Avenida San Carlos, Huancayo?</p> <p>b) ¿Cuáles son las fallas superficiales y nivel de severidad presentes en la carpeta asfáltica de la Avenida San Carlos, Huancayo?</p> <p>c) ¿Qué actividades de conservación vial se sugiere para la reparación de fallas en la carpeta asfáltica de la Avenida San Carlos, Huancayo?</p>	<p><b>Objetivo General:</b></p> <p>Aplicar el método de índice de condición para analizar la carpeta asfáltica de la avenida San Carlos, Huancayo.</p> <p><b>Objetivos Específicos:</b></p> <p>a) Determinar la causa que genera el deterioro de la carpeta asfáltica de la Avenida San Carlos, Huancayo.</p> <p>b) Determinar cuáles son las fallas superficiales y nivel de severidad presentes en la carpeta asfáltica de la Avenida San Carlos, Huancayo.</p> <p>c) Determinar las actividades de conservación vial sugeridas para la reparación de fallas en la carpeta asfáltica de la Avenida San Carlos, Huancayo.</p>	<p><b>Hipótesis General:</b></p> <p>La aplicación del método de índice de condición en el análisis de la carpeta de la Avenida San Carlos, Huancayo dará como resultado un pavimento en estado malo.</p> <p><b>Hipótesis Específicas:</b></p> <p>a) La causa que genera el deterioro de la carpeta asfáltica de la Avenida San Carlos, Huancayo es un proceso constructivo deficiente.</p> <p>b) Las fallas superficiales con mayor nivel de severidad presentes en la carpeta asfáltica de la Avenida San Carlos, Huancayo son el bache y piel de cocodrilo.</p> <p>c) Las actividades de conservación periódica y permanente son sugeridas para la reparación de fallas en la carpeta asfáltica de la Avenida San Carlos, Huancayo.</p>	<p><b>Variable Dependiente (X):</b></p> <p>Pavimento Flexible.</p> <p>Es una estructura de una vía, que se diseña y se forma mediante un conjunto de capas construidas (subbase, base, carpeta asfáltica), sobre el suelo de fundación.</p> <p><b>Variable Independiente (Y):</b></p> <p>Índice de Condición de Pavimento</p> <p>Es un método que sirve para evaluar y clasificar pavimentos flexibles y rígidos.</p>	<p><b>Tipo de Investigación:</b></p> <p>La investigación será de tipo aplicada.</p> <p><b>Nivel de Investigación:</b></p> <p>El nivel de investigación será descriptivo- correlacional.</p> <p><b>Método General:</b></p> <p>El método empleado será el método científico.</p> <p><b>Diseño:</b></p> <p>El diseño de la investigación será no experimental, de corte transversal y correlacional.</p> <p><b>Población:</b> La Avenida San Carlos del distrito de Huancayo</p> <p><b>Muestra:</b> comprendida por 1.400 km de la Avenida San Carlos entre la Avenida Ferrocarril y el pasaje San Fernando.</p> <p><b>TECNICAS E INSTRUMENTOS</b></p> <p><b>Técnica:</b> Observación en campo.</p> <p><b>Instrumentos:</b> Fichas de observación, cámara, estación total, prisma, GPS, Trípode, y Microsoft Excel versión 2016.</p>

# Certificado de ensayo de laboratoto

	<b>LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO</b>	Código	C3-Suelo-001	
	<b>CERTIFICADO DE ENSAYOS DE LABORATORIO</b>	Versión	01	
		Fecha	04-01-21	
		Página	1 de 1	

Expediente N° : 0206-2022  
 Nombre del testista : Bach. Ing. Civil Claudio Gaspar Alvarez  
 Nombre de la tesis : Uso del método de índice de condición para el análisis de la carpeta asfáltica de la avenida San Carlos, Huancayo  
 Ubicación : Huancayo - Huancayo - Junín  
 Fecha de emisión : 02-06-22

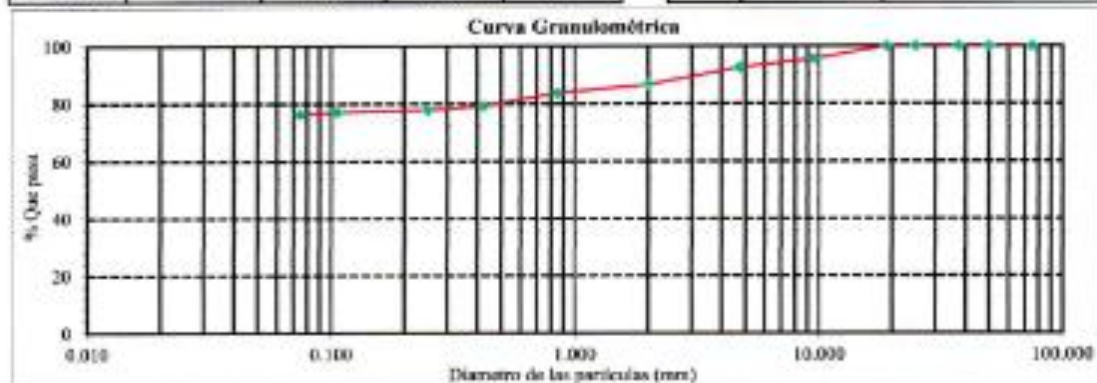
Calicata : C-1 Av. San Carlos Prog. 001+050  
 Muestra : M-1  
 Profundidad (m) : 1.50

SIELOS. Método de ensayo para el análisis granulométrico NTP 139.128:1999 (revisada el 2019)				
Tamiz	Abertura (mm)	% Retenido	% Acumulado retenido	% Que pasa
3 in.	75.000	0.0	0.0	100.0
2 in.	50.000	0.0	0.0	100.0
1½ in.	37.500	0.0	0.0	100.0
1 in.	25.000	0.0	0.0	100.0
¾ in.	19.000	0.0	0.0	100.0
№ 10	1.750	4.4	4.4	95.6
№ 20	0.850	3.0	7.4	92.6
№ 40	0.425	5.9	13.3	86.7
№ 60	0.250	3.0	16.3	83.7
№ 100	0.150	4.4	20.7	79.3
№ 200	0.075	1.5	22.2	77.8
Fondo		0.7	23.0	77.0
		0.7	23.7	76.3
		76.3	100.0	0.0

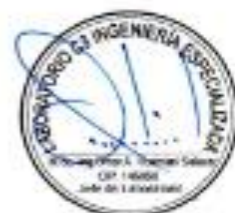
SIELOS. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico, e índice de plasticidad de suelo NTP 139.125:1999 (revisada el 2019)	
Límite Líquido	31
Límite Plástico	25
Índice de Plasticidad	6

Fracciones Granulométricas		
% Grava	7.4	% Contenido de humedad
% Arena	16.3	
% Finos	76.3	
		9.7

SIELOS. Método para la clasificación de suelos con propósitos de ingeniería (Sistema unificado de clasificación de suelos, USCS) NTP 100.120:1999 (revisada el 2019)		SIELOS. Método para la clasificación de suelos para uso en vías de transporte NTP 100.120:1999 (revisada el 2019)	
Símbolo	ML	A-4 (4)	
Nombre	Limo con arena		



**NOTAS:**  
 1) Muestreo e identificación realizados por el peticionario.  
 2) El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (GUÍA PERUANA INDI/COPE: GP-004: 1993).  
 Rediseño y revisión por el M.Sc. Ing. Oscar Alex Huamán Salazar



	LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO	Código	C3-708-S-PROC	
	NI 11205, Método de ensayo para la compactación del suelo en laboratorio utilizando una energía modificada (2700 kN/m <sup>2</sup> ) (AASHTO p=80%)	Versión	01	
	NTP 208.141 (1997) (rehabilitación 2009)	Fecha	04-03-21	
		Página	1 de 2	

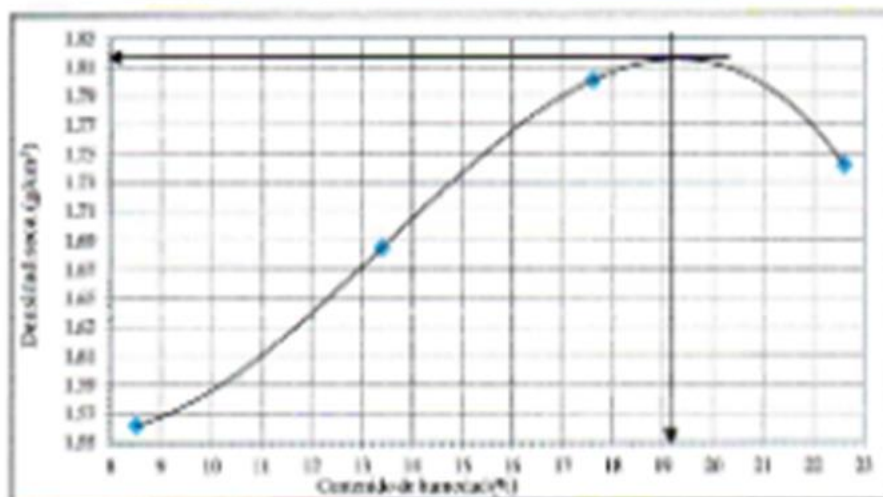
Expediente N° : 0206-2022  
 Nombre del técnico : Brub, Ing. Civil Claudio Guzmán Álvarez  
 Nombre de la tesis : Uso del método de índice de compactación para el análisis de la carpeta asfáltica de la avenida San Carlos, Huanuco  
 Ubicación : Huanuco - Huanuco - Junín  
 Fecha de emisión : 02-05-22

### Método de ensayo Tipo "A"

Calzeta : C-1 Av. San Carlos Prog. 001-030  
 Muestra : 34-1  
 Profundidad (cm) : 1.50

Mínima densidad seca : 1.807 g/cm<sup>3</sup>  
 Óptimo contenido de humedad : 19.2 %

% Contenido de humedad	8.5	13.4	17.4	22.6
Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	1.503	1.685	1.803	1.742





#### NOTAS:

- 1) Muestras e identificaciones realizadas por el solicitante.
- 2) El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (GUÍA PERUANA INRECOPI GP-034-1993).

Rediseño y revisión por el M.Sc. Ing. Oscar Alex Domínguez Salazar



	LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO	Código	C2-008-0-C00	
	SECCION: Método de ensayo acreditado de agua para CBR	Variable	01	
	Callejón Deering (Bata) - Bata (Bata Superfor de asfalto)	Fecha	08/01/21	
	NTP 200.075 (200) control de calidad	Página	1 de 1	

Especificación N° : E206-2022  
 Nombre del técnico : Bach. Ing. Civil Claudio Guzmán Alvarez  
 Nombre de la sede : Uso del método de índice de compactación para el control de la compactación de la mezcla asfáltica de la avenida San Carlos, Changuen  
 Ubicación : Huaranga - Huaranga - Areca  
 Fecha de emisión : 02/06/21

**Datos de la muestra:**

Caliente : C. J. Av. San Carlos Prop. 081-0780  
 Muestra : 001  
 Profesional (a) : L.S.J

**a)- Ensayo Profesional de Compactación**

**Ensayo Prueba Modificado NTP 200.075**

Máxima densidad seca : 1.817 g/cm<sup>3</sup>  
 Óptimo Contenido de Humedad : 7.2 %

**b)- Compactación de molles**

Molde N°	I	II	III
N° de repeticiones	3	3	3
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	98	97	98
Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	1.207	1.276	1.208
Contenido de Humedad (%)	16.3	19.2	16.1

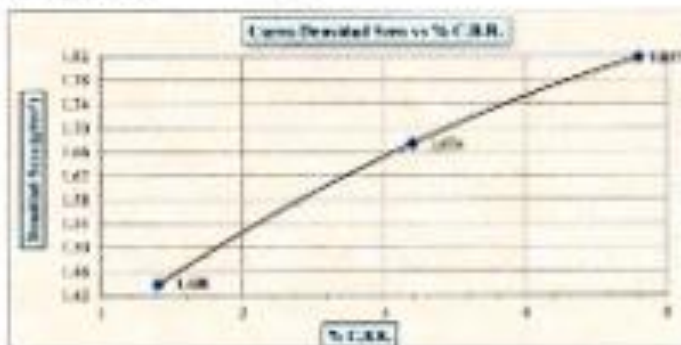
**c)- Cuadro C.B.R. Para el 95% pagado de penetración**

Molde N°	Fuerza (kg/cm <sup>2</sup> )	Presión Aplicada (kg/cm <sup>2</sup> )	Presión Falla (kg/cm <sup>2</sup> )	C.B.R. (%)
I	0.33	10	100	4.8
II	0.33	10	100	3.2
III	0.33	10	100	3.6

C.B.R. Para el 100% de la M.D.S. : 1.0%

C.B.R. Para el 95% de la M.D.S. : 3.2%

d) - Expansión (%) : 0



**NOTAS:**

- I) Muestreo e Identificación realizados por el solicitante.
- II) El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que lo reproducible sea en su totalidad.

Realizado y controlado por: M.Sc. Ing. César Alex Domínguez Salazar





## Recopilación de información



**FOTO N° 1:** SE OBSERVA LA FALLA SUPERFICIAL “BACHE”, CON UNA SEVERIDAD BAJA Y EXTENSION DE 20% Y AREA DAÑADA - 1.80 M2



**FOTO N° 2:** SE OBSERVA LA FALLA SUPERFICIAL “BACHE”, CON UNA SEVERIDAD ALTA Y EXTENSION DE 50% Y AREA DAÑADA - 1.50 M2



**FOTO N° 3:** SE OBSERVA LA FALLA SUPERFICIAL “PARCHE DETERIORADA”, CON SEVERIDAD MEDIA Y EXTENSION DE 20% - 50% Y AREA DAÑADA - 0.20 M2



**FOTO N° 4:** SE OBSERVA LA FALLA SUPERFICIAL “FISURA TRANSVERSAL”, CON SEVERIDAD BAJA Y EXTENSION DE 20% Y AREA DAÑADA - 1.50 ML



**FOTO N° 5:** SE OBSERVA LA FALLA SUPERFICIAL “HUNDIMIENTO”, CON SEVERIDAD MEDIA Y EXTENSION DE 20% - 50% Y AREA DAÑADA - 3.30 M2



**FOTO N° 6:** SE OBSERVA LA FALLA SUPERFICIAL “ONDULACION”, CON SEVERIDAD MEDIA Y EXTENSION DE 20% - 50% Y AREA DAÑADA - 8.00 ML



**FOTO N° 7:** SE OBSERVA LA FALLA SUPERFICIAL “PARCHE DETERIORADO”, CON SEVERIDAD ALTA Y EXTENSION DE 50% Y AREA DAÑADA - 33.00 M2



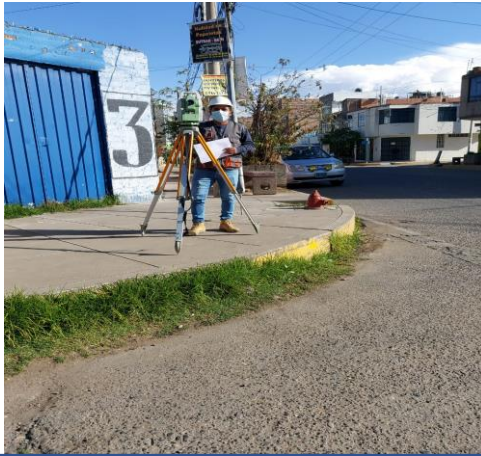
**FOTO N° 8:** SE OBSERVA LA FALLA SUPERIOR “FISURA TRANSVERSAL Y PERDIDA DE ARIDOS”, CON SEVERIDAD MEDIA Y EXTENSION DE 20% - 50% Y AREA DAÑADA - 3.30 ML - 38.30 M2



**FOTO N° 9:** SE OBSERVA LA FALLA SUPERFICIAL “PARCHE DETERIORADO”, CON SEVERIDAD BAJA Y EXTENSION DE 20% Y AREA DAÑADA - 1.93 M2



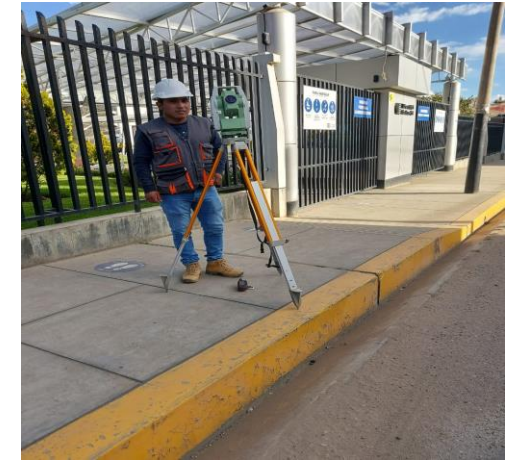
## Levantamiento topografico



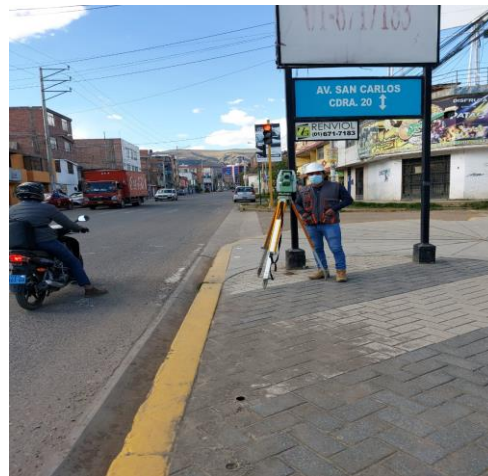
**FOTO N° 1:** SE OBSERVA EL ESTACIONAMIENTO DE LA ESTACION TOTAL EN EL PUNTO N° 1, PARA EMPEZAR A REALIZAR EL LEVANTAMIENTO RADIAL



**FOTO N° 2:** SE OBSERVA EL ESTACIONAMIENTO DE LA ESTACION TOTAL EN EL PUNTO N° 3, PARA EMPEZAR A REALIZAR EL LEVANTAMIENTO RADIAL



**FOTO N° 3:** SE OBSERVA EL ESTACIONAMIENTO DE LA ESTACION TOTAL EN EL PUNTO N° 5, PARA EMPEZAR A REALIZAR EL LEVANTAMIENTO RADIAL



**FOTO N° 4:** SE OBSERVA EL ESTACIONAMIENTO DE LA ESTACION TOTAL EN EL PUNTO N° 7, PARA EMPEZAR A REALIZAR EL LEVANTAMIENTO RADIAL



**FOTO N° 5:** SE OBSERVA LOS EQUIPOS TOPOGRAFICOS QUE SE UTILIZARON PARA EL LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO DE LA AV. SAN CARLOS.



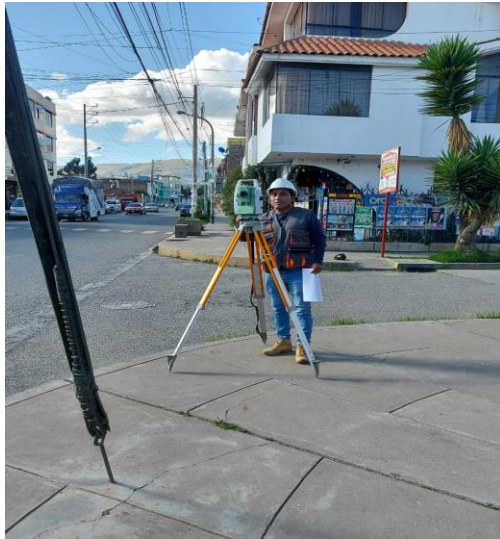
**FOTO N° 6:** SE OBSERVA LOS EQUIPOS TOPOGRAFICOS QUE SE UTILIZARON PARA EL LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO DE LA AV. SAN CARLOS.



**FOTO N° 7:** SE OBSERVA EL EQUIPO TOPOGRAFICO QUE SE UTILIZO PARA EL LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO DE LA AV. SAN CARLOS.

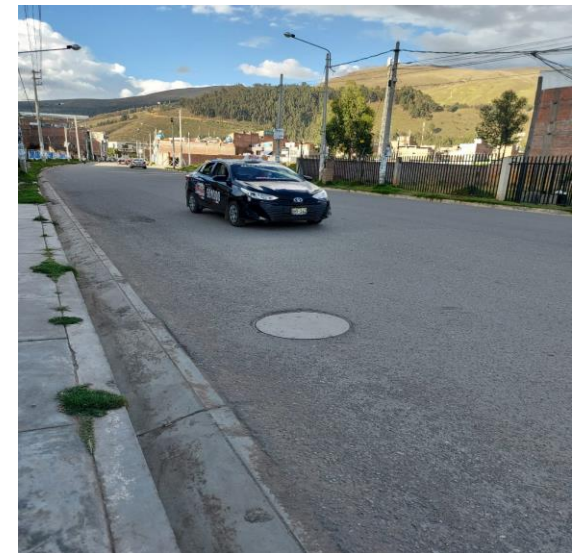
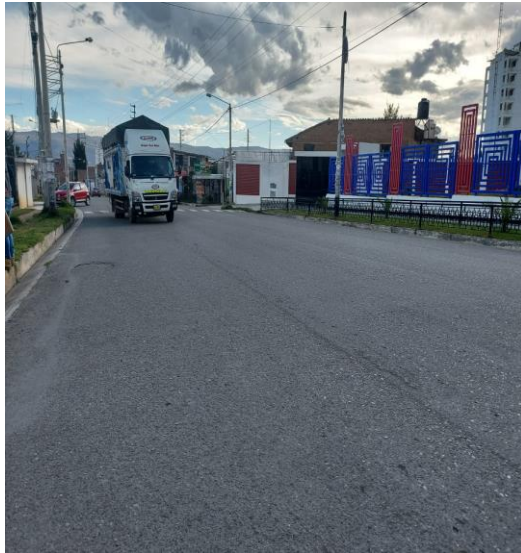


## Conteo vehicular



**FOTO N° 1 - 2 - 3:** SE OBSERVA EL TRANSITO VEHICULAR LIGERO, AUTOS, CAMIONETAS PICK UP, COMBIS, POR LA CARPETA ASFALTICA DE LA AV. SAN CARLOS

**FOTO N° 4:** SE OBSERVA EL CONTEO VEHICULAR DE LA AV. SAN CARLOS DEL DIA 01 Y 02. A CARGO DE MI PERSONA

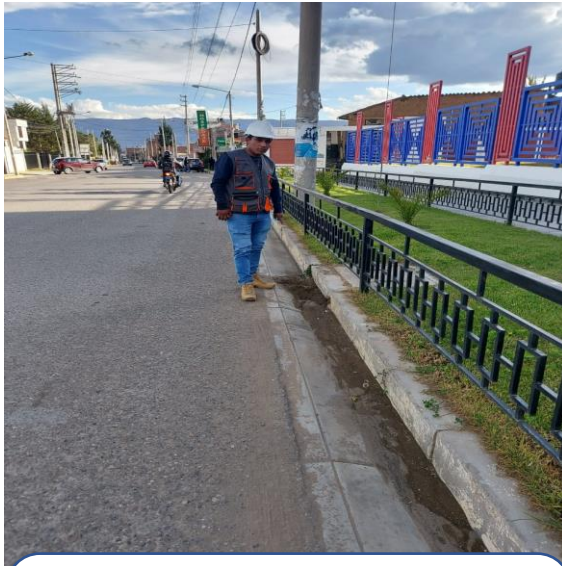


**FOTO N° 5 - 6 - 7:** SE OBSERVA EL TRANSITO VEHICULAR LIGERO, AUTOS, CAMIONETAS PICK UP, POR LA CARPETA ASFALTICA DE LA AV. SAN CARLOS

**FOTO N° 8:** SE OBSERVA EL CONTEO VEHICULAR DE LA AV. SAN CARLOS DEL DIA 03 Y 04. A CARGO DE MI PERSONA



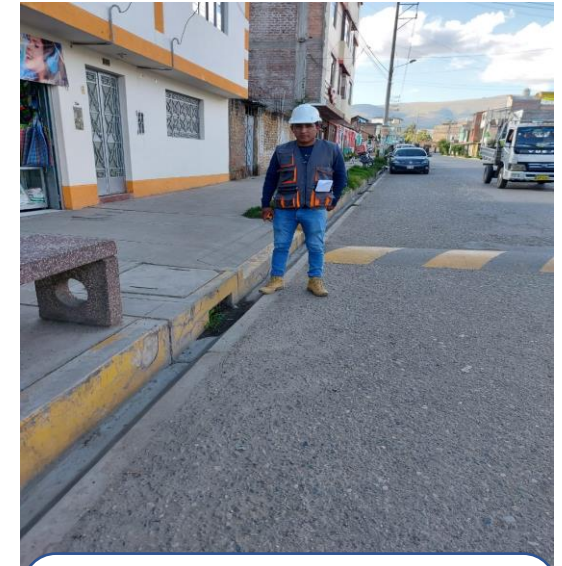
## Evaluación actual de la vías



**FOTO N° 1:** SUMIDERO TOTALMENTE TAPADO POR EL BARRO A CAUSA DEL ARRASTRE DE LA TIERRA Y AGREGADOS PROPIO DE LA CARPETA ASFALTICA.



**FOTO N° 2:** SUMIDERO TAPADO POR EL CRECIMIENTO DE MALEZAS Y NO RECOLECTA EL AGUA PLUVIAL.



**FOTO N° 3:** SUMIDERO TAPADO POR RESIDUOS SOLIDOS, OBSTRUYENDO EL PASE DEL AGUA PROVENIENTE DE LAS LLUVIAS.

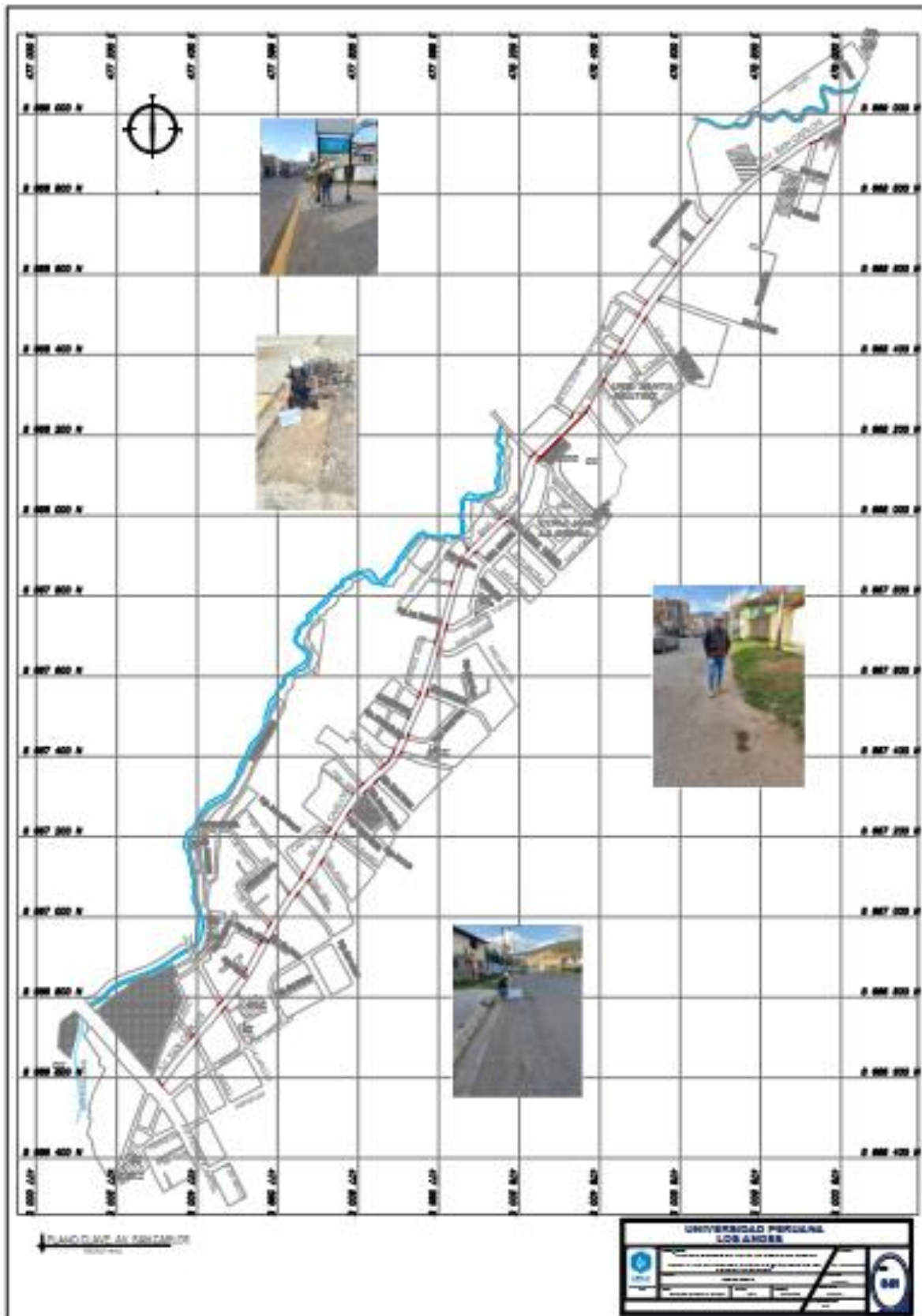


**FOTO N° 4:** EL AGUA PLUVIAL SE ENCUENTRA ESTANCADA Y SIN DIRECCION POR LA OBSTRUCCION DE TIERRA Y AGREGADOS, A ESTO SUMARLE EL POSTE DE TELEFONO, QUE SE ENCUENTRA MAL UBICADO



**FOTO N° 5:** LA CUNETA ESTA TOTALMENTE SATURADA CRECIMIENTO DE MALEZA, DE TIERRA Y/O AGREGADO PROPIO DEL DESPRENDIMIENTO DE LA CARPETA ASFALTICA, TAMBIEN CON MALEZA.

# Plano topográfico





## Glosario Inglés – español de los tipos de los daños

### SUPERFICIE ASFÁLTICA.

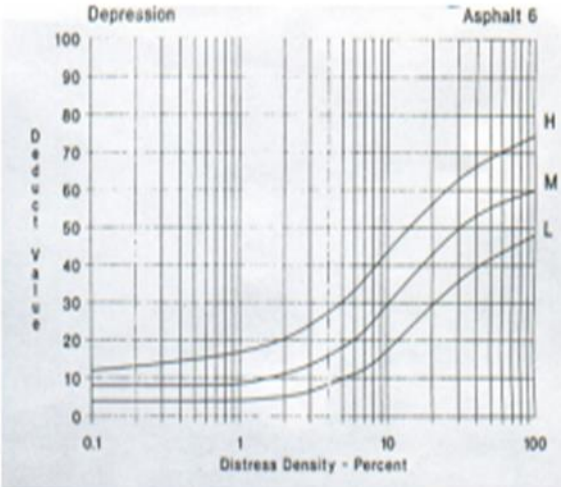
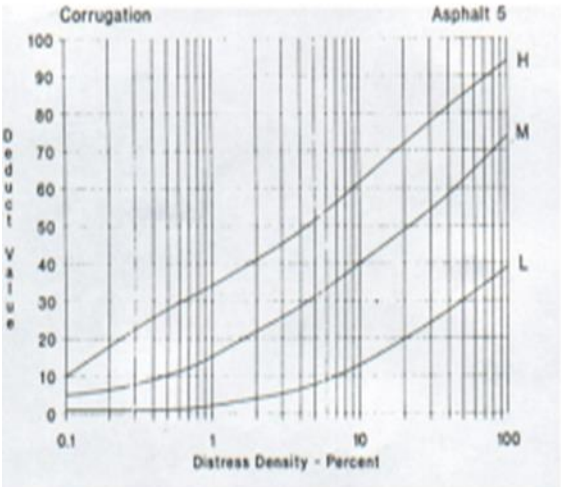
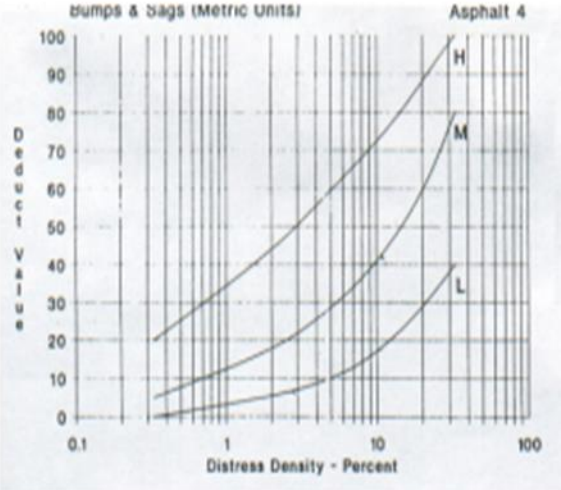
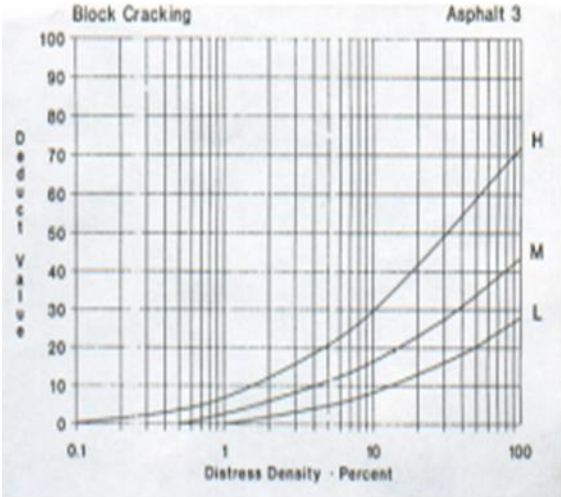
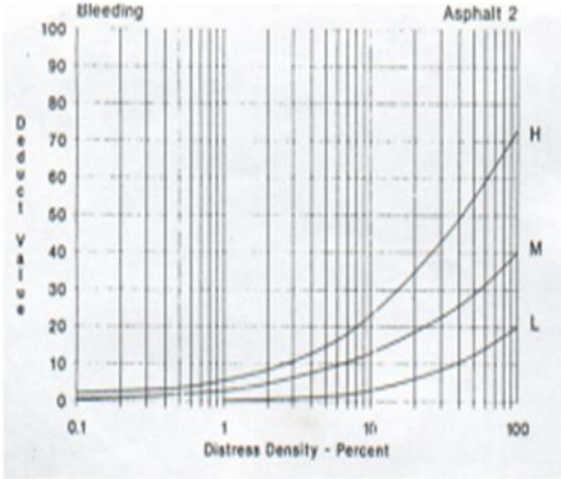
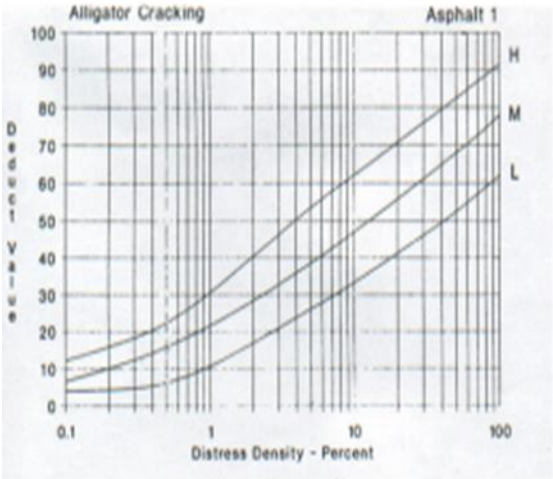
Alligator Cracking	Piel de Cocodrilo
Bleeding	Exudación
Block Cracking	Agrietamiento en Bloque
Bumps and Sags	Abultamientos y Hundimientos
Corrugation	Corrugación
Depression	Depresión
Edge Cracking	Grieta de Borde
Joint Reflection Cracking	Grieta de Reflexión De Junta
Lane / Shoulder Drop Off	Desnivel Carril / Berma
Longitudinal & Transversal Cracking	Grietas Longitudinales y Transversales
Patching & Utility Patching	Parqueo y acometidas de servicios
Polished Aggregates	Pulimento de Agregados
Potholes	Huecos
Railroad Crossing	Cruce de Vía Férrea
Rutting	Ahuellamiento
Shoving	Desplazamiento
Slippage Cracking	Grietas Parabólicas o por deslizamiento
Swell	Hinchamiento
Weathering / Raveling	Meteorización / Desprendimiento de Agregados

### SUPERFICIE DE CONCRETO DE CEMENTO PÓRTLAND.

Blow up / Buckling	Blowup / Buckling
Corner Break	Grieta de Esquina
Divided Slab	Losa Dividida
Durability "D" Crack	Grieta de Durabilidad "D"
Faulting	Escala
Joint Seal	Sello de Junta
Lane / Shoulder Drop Off	Desnivel Carril / Berma
Linear Cracking	Grietas Lineales
Patching (Large)	Parqueo grande
Patching (Small)	Parqueo pequeño
Polished Aggregates	Pulimento de Agregados
Popouts	Popouts
Pumping	Bombeo
Punch-out	Punzonamiento
Railroad crossing	Cruce de Vía Férrea
Scaling / Map Cracking / Cracking	Desconchamiento / Mapa de Grietas / Craquelado
Shrinkage Cracks	Grietas de Retracción
Spalling Corner	Descascaramiento de Esquina
Spalling Joint	Descascaramiento de Junta

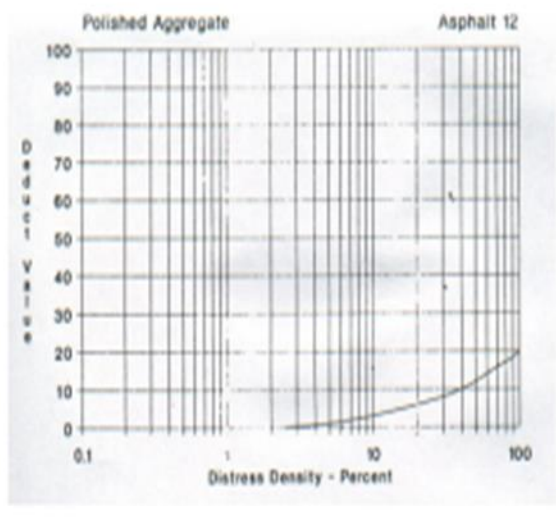
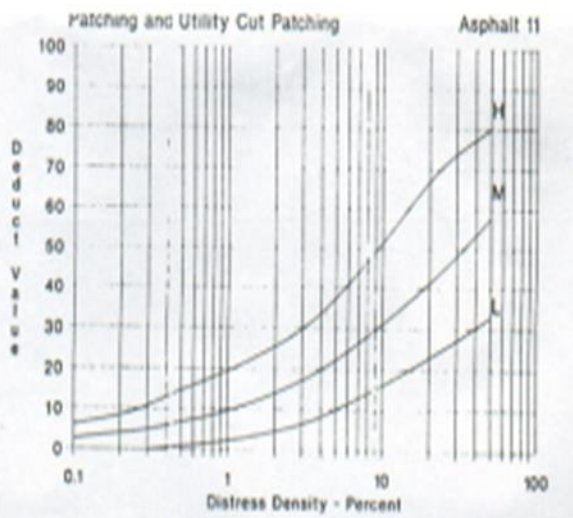
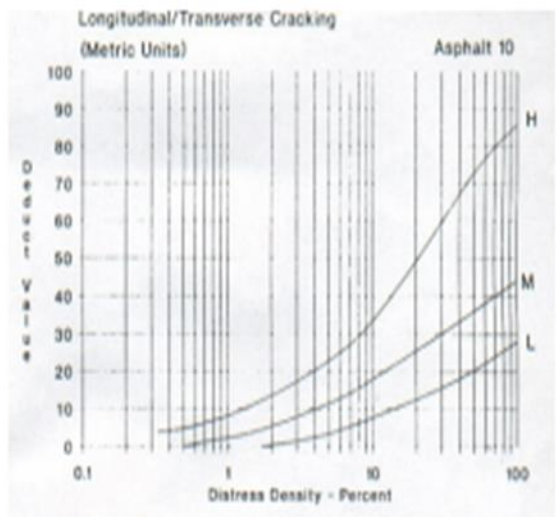
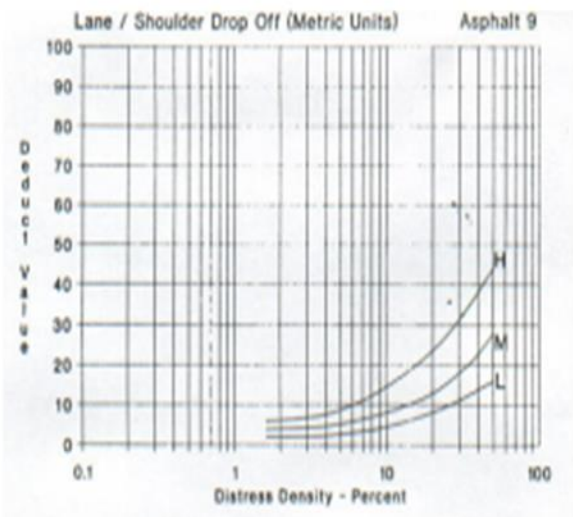
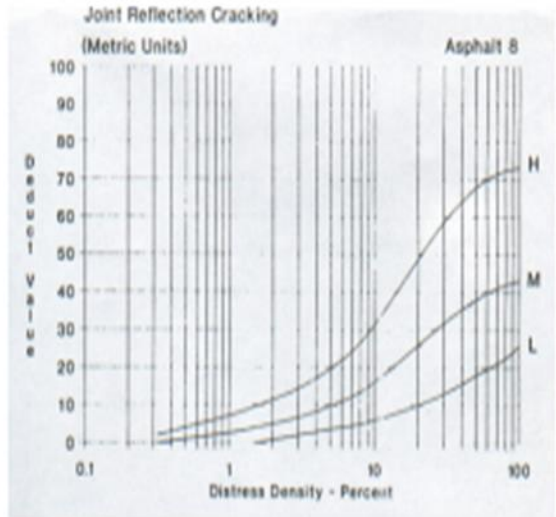
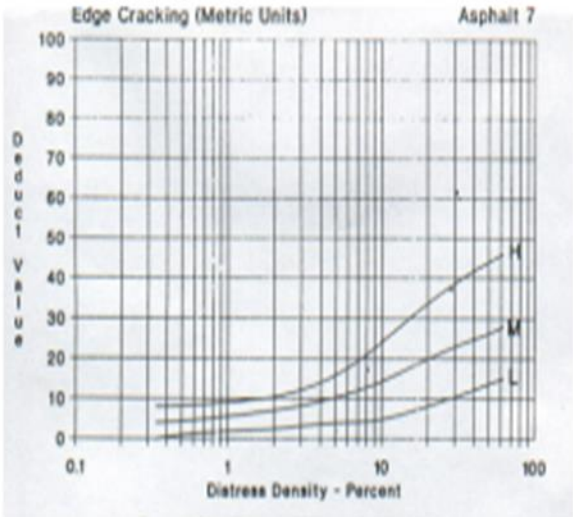
Fuente: (Vásquez Varela, 2002)

# Curvas para pavimentos asfálticos



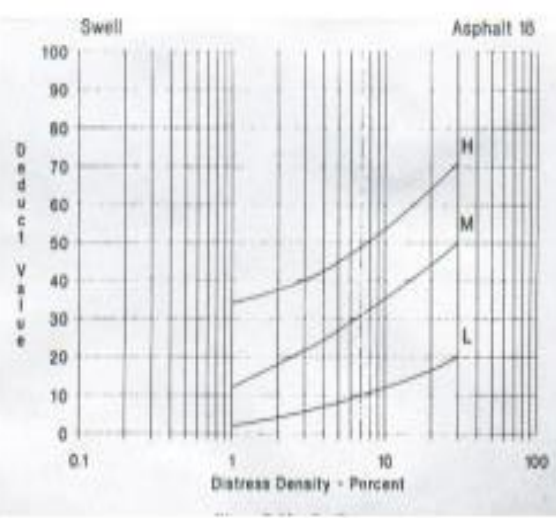
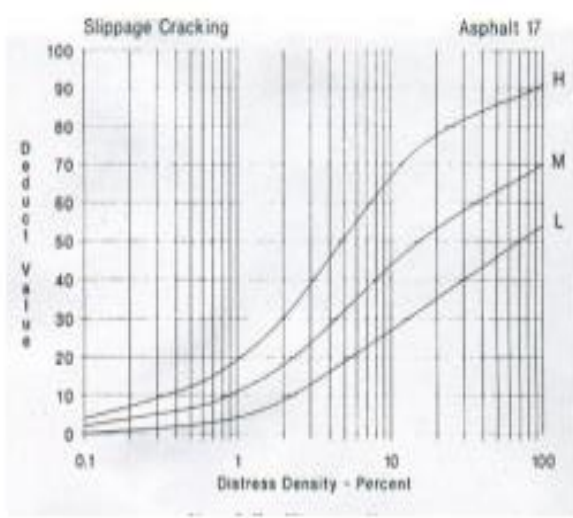
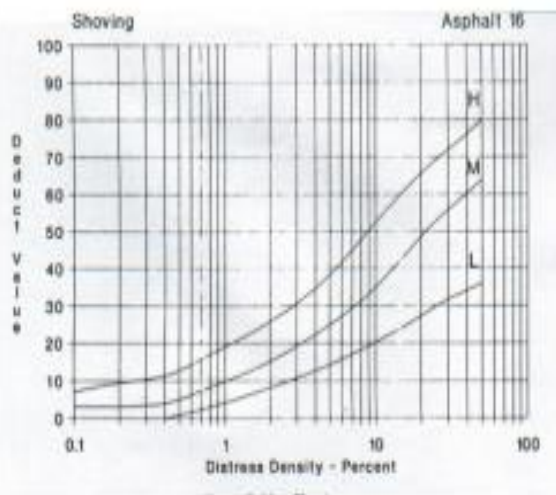
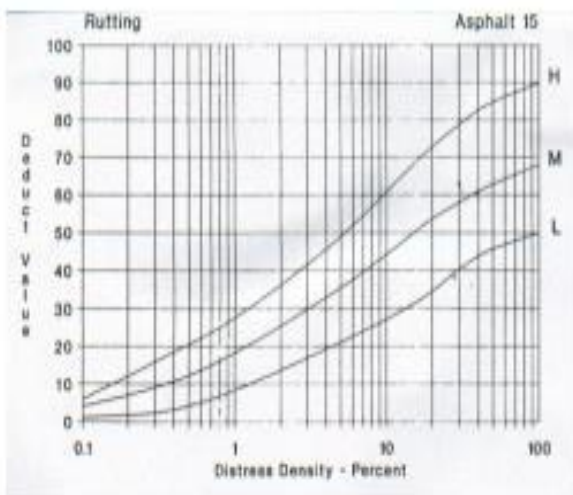
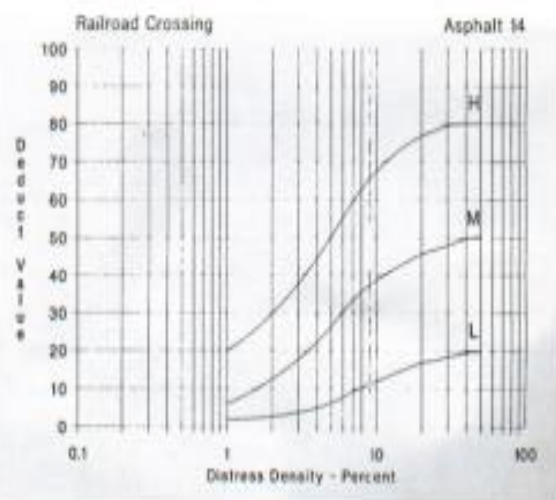
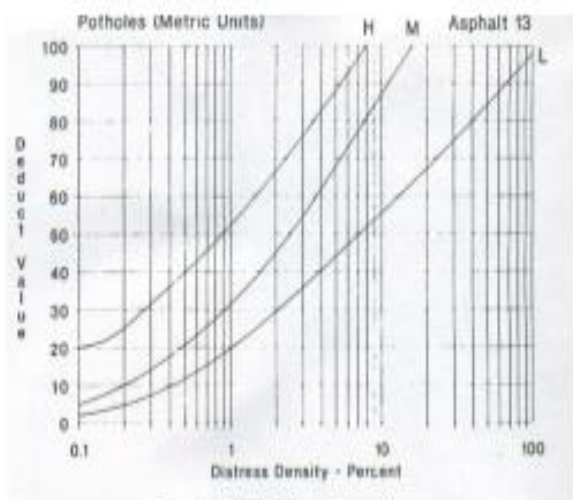
Fuente: (Vásquez Varela, 2002)



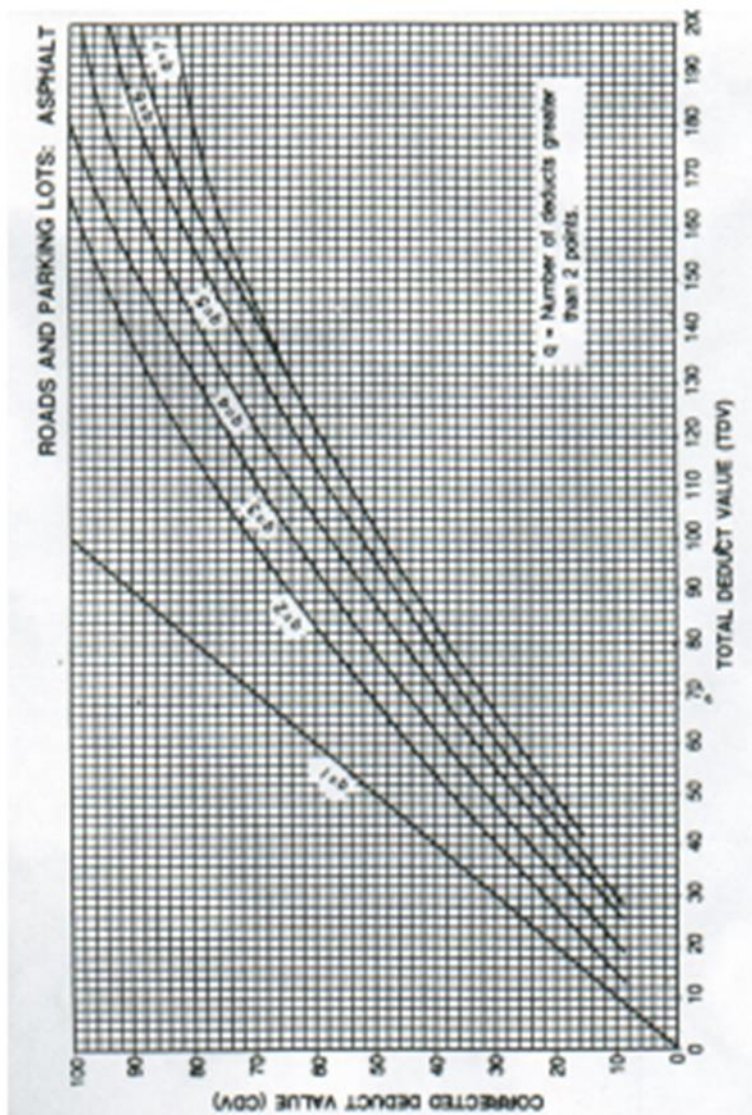
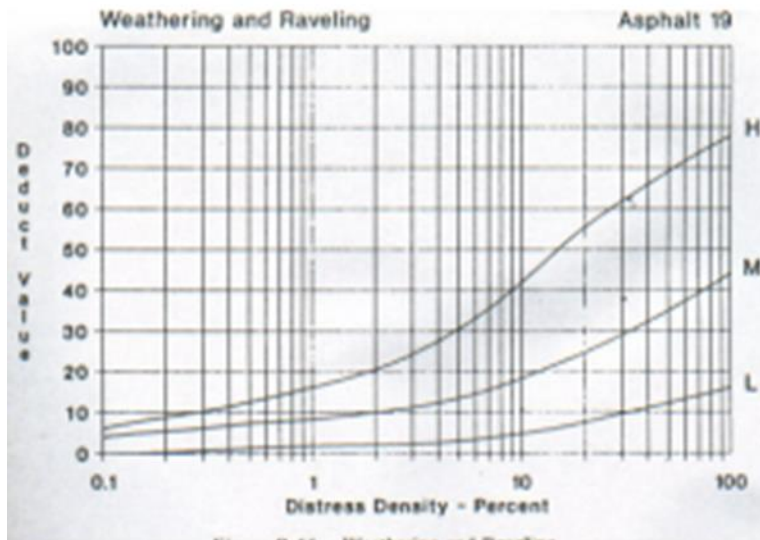


Fuente: (Vásquez Varela, 2002)





Fuente: (Vásquez Varela, 2002)



Fuente: (Vásquez Varela, 2002)