

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA  
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL**



**INVENTARIO VIAL GEOREFERENCIADO,  
CONSIDERANDO PAVIMENTOS, GEOLOGIA Y  
GEOTECNICA EN LA CARRETERA CAÑETE-LUNAHUANA**

**INFORME DE SUFICIENCIA**

**Para optar el Título Profesional de:**

**INGENIERO CIVIL**

**JAVIER AUGUSTO MORENO VALVERDE**

**Lima- Perú**

**2012**

## **DEDICATORIA.**

A Dios, por estar siempre a mi lado, guiándome y protegiéndome.

A mis padres, por el amor entregado, sus valores y el ejemplo de una lucha  
continúa.

A mis cuatro hermanos por la buena compañía entre las travesuras, complicidad,  
peleas, enseñanzas y amor.

A Epifanio, mi hermano mayor, por sus enseñanzas e incondicional apoyo desde  
que tengo uso de razón.

A Aymé, por todo su amor, por ayudarme a crecer, por su constante apoyo, y  
estar a mi lado.

## INDICE

<b>RESUMEN</b> .....	3
<b>LISTA DE TABLAS</b> .....	4
<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	5
<b>LISTA DE SIMBOLOS Y SIGLAS</b> .....	6
<b>INTRODUCCION</b> .....	7
 <b>CAPITULO I: ANTECEDENTES DEL TRAMO EN ESTUDIO</b>	
1.1 INTRODUCCION.....	8
1.2 ASPECTOS GENERALES.....	9
1.3 DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL.....	12
 <b>CAPITULO II: GEOLOGIA Y GEOTECNIA</b>	
2.1 ANTECEDENTES.....	19
2.2 GEOLOGIA LOCAL.....	21
2.3 GEOTECNIA.....	24
 <b>CAPITULO III: SISTEMATIZACIÓN DEL INVENTARIO VIAL</b>	
3.1. ASPECTOS GENERALES.....	25
3.2. EL SISTEMA DE GESTIÓN DE CARRETERAS .....	27
3.3. GEOREFERENCIACIÓN.....	28
3.4. SISTEMATIZACIÓN .....	31
3.5 PROPUESTA PARA ACTUALIZACIÓN DEL INVENTARIO VIAL.....	34
 <b>CAPITULO IV: PAVIMENTOS</b>	
4.1 PAVIMENTOS FLEXIBLES.....	37
4.2 EVALUACIÓN DE PAVIMENTOS.....	41

4.3 METODOLOGÍA PARA LA DETERMINACIÓN DEL PCI.....	47
<b>CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>51</b>
<b>BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>55</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>56</b>

## RESUMEN

El presente estudio tiene como fin realizar un Inventario Vial Georeferenciado considerando Pavimentos, Geología y Geotécnica, todo ello apuntando a la Georeferenciación y Caracterización de las Carreteras del Sistema Nacional de Carreteras, lo cual facilitará realizar una adecuada Estructuración, Planificación, Gestión y administración de las Redes Viales en el país.

Se debe tener en cuenta que respecto a los aspectos de Geología y Geotécnica presentados en este estudio, hemos obtenido información del Estudio Definitivo de la Carretera Cañete – Lunahuaná realizado por la empresa CESEL S.A. Allí se exponen solo alcances generales sobre las características encontradas en la zona de estudio.

Para la realización del Inventario vial Georeferenciado del estado del pavimento, se han realizado inspecciones visuales del estado de deterioro de la carretera, teniendo en cuenta que los daños superficiales de los pavimentos son parámetros básicos para el diagnóstico de la condición de los mismos

Esta evaluación comprende la evaluación visual del estado del pavimento; se efectúa determinando el grado de deterioro de la carpeta de rodadura utilizando el método ASTM D-6433-03 “Standard Practice for Roads and Parking Lots Pavement Condition Index Surveys” con la finalidad de cuantificar el PCI (Pavement Condition Index).

Al plasmar esta evaluación visual a indicadores numéricos, se podrán establecer el estado de deterioro del pavimento y los niveles de intervención a recomendar.

Finalmente se han elaborado mapas temáticos respecto a la condición superficial del pavimento con el aplicativo del programa ArcGIS.

<b>LISTA DE TABLAS</b>	<b>Pág.</b>
Tabla 1.1 - Características socioeconómicas de la zona	11
Tabla 1.2 - Ubicación de los Anexos y Poblaciones	13
Tabla 1.3.- Volumen Diario Clasificado, Nuevo Imperial – Lunahuaná	15
Tabla 1.4.- Proyección de Tráfico, Nuevo Imperial – Lunahuaná	18
Tabla 3.1.- Tematica, cobertura, topologia y atributos de la tabla de datos	30
Tabla 3.2.- Formato SIC de actualización de datos para evaluación Superficial de pavimentos	35
Tabla 3.3.- Formato alternativo de actualización de datos para evaluación Superficial de pavimentos	36
Tabla 4.1.- Materiales de Sub – Base	40
Tabla 4.2.- Materiales de Base	39
Tabla 4.3.- Categoría de Fallas de Pavimentos Flexibles	43
Tabla 4.4.- Tipos de Fallas de Pavimentos Flexibles	43
Tabla 4.5.- Rango de PCI	47

<b>LISTA DE FIGURAS</b>	<b>Pág.</b>
Figura 1.1.- Ubicación de la Carretera en Estudio	10
Figura 1.2.- Composición Vehicular del IMD, Nuevo Imperial – Lunahuaná	16
Figura 1.3.- Variación horaria del IMDa, Nuevo Imperial – Lunahuaná	16
Figura 1.4.- Variación horaria del IMDa, Nuevo Imperial – Lunahuaná	17
Figura 2.1 - Columna estratigráfica de la zona en estudio	19
Figura 2.2.- Mapa Geológico del Cuadrángulo de Cañete	22
Figura 3.1.- Esquema del Inventario Vial Georeferenciado	28
Figura 3.2.- Etapas del trabajo para el levantamiento de información	30
Figura 3.3.- Recursos necesarios para realizar el Inventario Vial Georeferenciado	32
Figura 3.4.- Componentes del Inventario Vial Básico y Calificado	32
Figura 3.5.- Esquema General del Manual de Inventario Vial	33
Figura 4.1.- Zona de especificaciones granulométricas para la Sub – base y base	40
Figura 4.2.- Formato de exploración de condición para Pavimento Asfáltico	45

## LISTA DE SIMBOLOS

ASTM	: Sociedad Americana para Pruebas y Materiales.
ARCGIS	: Grupo de programas de sistemas de información geográfica (GIS), desarrollada por la compañía ESRI.
CESEL	: Consultora CESEL Ingenieros.
GIS	: Sistema de Información Geográfica.
GPS	: Sistema de Posicionamiento Global.
IMDA	: Índice Medio Diario Anual.
MTC	: Ministerio de Transportes y Comunicaciones.
OSITRAN	: Organismo Supervisor de la Inversión en Infraestructura de Transporte de Uso Público.
PCI	: Índice de Condición del Pavimento.
SIC	: Subsistema de Inventario Calificado.
VD	: Valor Deducido.
VDC	: Valor Deducido Corregido.
WGS-84	: Sistema Geodésico Mundial 1984.

## INTRODUCCIÓN

En la actualidad, realizar inventarios viales en las carreteras del país ha cobrado una vital importancia, ya que permite aportar información oportuna para la toma de decisiones en la Gestión Vial.

Sumado a ello la Georeferenciación y Caracterización de las Carreteras del Sistema Nacional de Carreteras, se facilitará realizar la Estructuración, Planificación, Gestión y administración de las Redes Viales.

**CAPITULO I: ANTECEDENTES DEL PROYECTO.-** Trata de los antecedentes del tramo entre Cañete y Lunahuaná, describiendo aspectos generales de la zona, como datos geográficos, características socio-económicas, análisis de demanda de tráfico, además de la situación y diagnóstico actual de la carretera.

**CAPITULO II: GEOLOGIA Y GEOTECNIA.-** Referido a las características Geológicas y Geotécnicas. Se describe la Geodinámica Externa e Interna de la zona de estudio, adicionalmente se presenta información de la componente geotecnia, con fines de Estabilidad de Taludes.

**CAPITULO III: SISTEMATIZACIÓN DEL INVENTARIO VIAL.-** Descripción del Inventario Vial Básico y Calificado, y su sistematización. Además de las operaciones que comprende la caracterización de los componentes de la vía georeferenciada.

**CAPITULO IV: PAVIMENTOS.-** Referido a los pavimentos flexibles, así como la evaluación superficial del pavimento con la finalidad de identificar los tipos de falla que han contribuido al deterioro del pavimento existente. Se muestran los resultados de la evaluación, mediante la Metodología para la Determinación del PCI (Índice de Condición del Pavimento)

**CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.-**

## CAPITULO I: ANTECEDENTES DEL TRAMO EN ESTUDIO

### 1.1. INTRODUCCION

La realización de un Inventario Vial, permite conocer registrar las características técnicas y físicas de la vía ejecutada, mediante una metodología determinada. Específicamente, y acorde con el presente informe, permitirá realizar una evaluación del pavimento existente a los largo de la vía, y en base a los resultados de la evaluación, plantear algunas alternativas para su rehabilitación.

Por ello, el objetivo principal del presente informe es contribuir a la actualización del Manual de Inventario Vial del MTC, teniendo como valor agregado, haciendo uso de la Georeferenciación (SIG).

Respecto a la carretera donde se encuentra el tramo en estudio, podemos mencionar, que en el presupuesto del año 2010, se ha asignado al departamento de Lima S/. 1.008'693,199, destinados principalmente para la conservación de la Red Vial Nacional del departamento, rehabilitación de la carretera Lima – Canta – Unish, Tren Eléctrico, carreteras Huaura – Sayán – Churín y Churín – Oyón, entre los más importantes..

Por las características de los proyectos en infraestructura cuyo ámbito de ejecución se encuentran en dos o más departamentos, se ha realizado una redistribución de los montos de los proyectos compartidos, obteniéndose para el departamento de Lima un presupuesto de S/. 885,574,157.

Uno de los proyectos de transportes – de inversión pública – que se encuentran dentro de este paquete de proyectos, es la Rehabilitación y Mejoramiento de la Carretera Cañete - Lunahuaná (25 Km.).

Con fecha 11.Mar.10 se inició la formulación el Estudio Definitivo para la Rehabilitación y Mejoramiento de la Carretera Cañete – Lunahuaná (CPN° 0049-

2009-MTC/20) a cargo de la Consultora CESEL el 26.Ene.2010, para lo cual se ha presupuestado en el 2010 S/. 1.34 millones.

Si bien actualmente dicho tramo de carretera (específicamente la carretera Cañete – Lunahuaná – Pacarán – Zuñiga – Dv. Yauyos – Roncha – Chupaca) se encuentra en la etapa de conservación por Niveles de Servicio, lo que está permitiendo tener la vía en buenas condiciones de transitabilidad, es necesaria ya una intervención de mayor nivel.

De lo expuesto anteriormente, la realización de un Inventario Vial Georeferenciado, viene a ser una de las primeras etapas para realizar un estudio de la rehabilitación de dicho tramo de carretera.

Específicamente, y acorde con el presente informe, permitirá realizar una evaluación del pavimento existente a los largo de la vía, y en base a los resultados de la evaluación, plantear algunas alternativas para su rehabilitación.

## **1.2 ASPECTOS GENERALES**

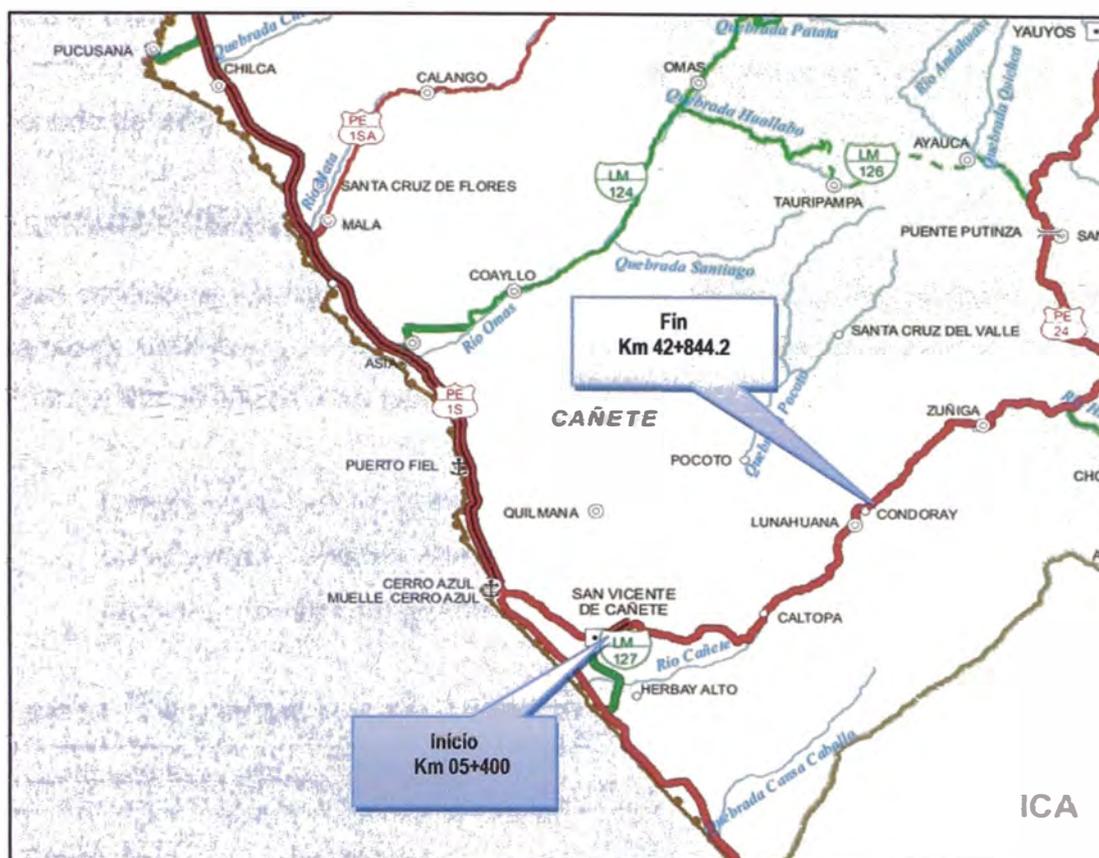
### **1.2.1 UBICACION**

El tramo de carretera Cañete – Lunahuaná, forma parte de la Ruta Nacional PE-24, que se inicia en la ciudad de Cañete y llega hasta la ciudad de Huancayo, con una longitud de 240.70 km hasta la localidad de Chupaca, la que se encuentra conectada con la ciudad de Huancayo con una vía asfaltada y abarcando los departamentos de Lima y Junín. Cabe indicar que el tramo en Estudio, en toda su extensión se desarrolla en la costa variando su altitud desde los 87.2 m.s.n.m. hasta los 525.4 m.s.n.m.

La carretera nacional Cañete – Huancayo (Ruta PE-24), permite conectar como una vía alterna la capital Lima con la ciudad de Huancayo y con toda una serie de ciudades y pueblos intermedios. Así mismo, facilitará articularse con las carreteras nacionales como es la Carretera Panamericana Sur y la Carretera Longitudinal de la Sierra (ver Figura 1.1)

En el caso específico del Tramo: Cañete – Lunahuaná, tiene 43 km. de longitud. Cabe indicar que, de acuerdo a lo planteado en este Curso de Titulación, nuestro proyecto se inicia en el 33+000 y culmina en el km. 35+000.

Figura 1.1.- Ubicación de la Carretera en Estudio



### 1.2.2 ACCESIBILIDAD

El acceso a la ciudad de Cañete, dada su cercanía con la ciudad de Lima se hace por vía terrestre empleando la Carretera Panamericana Sur y el ingreso utilizado con mayor frecuencia se ubica en el km. 144,3 aproximadamente.

### 1.2.3 ALTITUD

Cabe indicar que, todo el tramo de la carretera en estudio discurre en costa variando su altitud de los 87,2 m.s.n.m. ubicado en su inicio en el distrito de Imperial hasta llegar a una altitud de 525,4 m.s.n.m. en el Anexo de Uchupampa, perteneciente al distrito de Lunahuaná.

## 1.2.4 CLIMA

El clima en el inicio del tramo, es el característico de la costa peruana, es decir, nublado y con llovizna en la época de invierno, sin embargo, a partir aproximadamente del Anexo de Sosci en el km. 27,8 el clima mejora, adquiriendo las características de un clima cálido. En el período de verano en todo el tramo el clima es bastante caluroso y en general se puede afirmar que la carretera se encuentra en una zona seca, sin la presencia de lluvias en todo el periodo del año.

## 1.2.5 CARACTERÍSTICAS SOCIOECONÓMICAS

Para conocer el impacto socio económico que conllevaría la rehabilitación de la carretera Cañete – Lunahuaná, hemos tomado como referencia información de Proinversión respecto a los siguientes proyectos:

- Cañete - Lunahuaná: Rehabilitación
- Lunahuaná – Pacarán: Mantenimiento
- Pacarán – Zúñiga: Mejoramiento

**Tabla 1.1 - Características socioeconómicas de la zona**

Características socioeconómicas	
Provincia	Cañete
Distritos	Cañete – Lunahuaná - Zúñiga
Beneficiarios Directos	23,244 pobladores
Producción Agrícola	Ají, camote, alfalfa, maíz amarillo duro, maíz morado, maíz chala, tomate y frutales (manzano, vid, níspero y pepino).
Ganadería	Cuentan con ganado caprino, ovino, porcino, vacuno, aves, alpacas y llamas.

Características socioeconómicas (Continuación)	
Turismo	Desde el punto de vista arqueológico destacan las siguientes ruinas: Napay-Huasi, Huamanmarca, Huaqui, Huancarchocha, Cariachi Punta y Antapacha. Con respecto a las actividades de recreación, las condiciones del paisaje natural y el excelente clima han motivado el desarrollo de infraestructura de servicios para atender el flujo de turistas atraídos por el canotaje y los deportes de aventura. Las caídas de agua en las nacientes del río Cañete ofrecen lugares apropiados para el camping y la pesca de truchas.

*Fuente: Proinversión. Agencia de Promoción de la Inversión Privada*

### 1.3. DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL

#### 1.3.1 CARACTERÍSTICAS DE LA VÍA

El Ministerio de Transportes y Comunicaciones por R.D. N° 143-2001 – MTC/15.17, aprobó el MANUAL DE DISEÑO GEOMETRICO DE CARRETERAS DEL PERU, que establece una clasificación de las Carreteras del Perú, considerando los siguientes factores:

Factores	Calificación
Según su Función	Red Vial Primaria (Sistema Nacional)
Según la Demanda	2da. Clase (IMDA 400 y 2000 vehíc./día).
Según condiciones Orográficas	Tipo 3 y 4

#### **Por su función y servicio:**

La vía Cañete – Lunahuaná, se encuentra en la Región Lima a pocas horas de viaje de la Capital, tiene gran importancia en el Esquema Vial debido a que se conecta con la carretera Panamericana Sur, que por su función y servicios que presta, forma parte de la Red Vial Primaria y pertenece al Sistema Nacional, conformado por carreteras que unen las ciudades importantes.

**Por la demanda de tráfico:**

Según el Estudio de Tráfico realizado por la Consultora CESEL, y considerado el tráfico futuro en el año horizonte para el periodo de diseño de la carretera (10 años), el Índice Medio Diario Anual (IMDA) obtenido, está en el rango de 400 y 2000 vehículos/día y por lo tanto la carretera se clasifica de **Segunda Clase**.

**Por las condiciones orográficas:**

De acuerdo a lo observado en el campo y la topografía de la zona, el presente estudio se desarrolla sobre una topografía poco accidentada, teniendo combinaciones de alineamiento horizontal y vertical que obliga a los vehículos a reducir las velocidades, asimismo se tiene gran número de Anexos (Poblaciones, Zonas Urbanas) cuyas viviendas están muy cerca de la carretera existente: clasificación **(Tipo 3 y 4)**.

A continuación, se indica la ubicación de los Anexos (Poblaciones) Zonas Urbanas y Sectores Críticos, que se encuentran en el tramo de la carretera en estudio:

**Tabla 1.2** - Ubicación de los Anexos y Poblaciones

Inicio	Termino	Anexos
5+400	7+000	IMPERIAL
7+000	9+500	NUEVO IMPERIAL
12+500	13+850	AUGUSTO B. LEGUIA
16+600	17+950	EL PORVENIR
18+800	19+800	CALTOPILLA
20+500	21+200	EL PARAISO
21+500	23+300	ALTO CALTOPA
26+400	29+300	SOCSI
29+300	30+400	INCAHUASI (Ruinas)
30+400	31+900	PAULLO
31+900	34+500	SAN JERONIMO
34+500	36+000	LANGLA
36+000	38+300	JITA
38+300	39+100	LUNAHUANA
39+100	41+800	CONDORAY
41+800	43+000	UCHUPAMPA

*Fuente:* Estudio Definitivo de Rehabilitación y Mejoramiento de la Carretera Cañete – Lunahuaná (CESEL)

A continuación, se amplía más información respecto al tramo en estudio, indicando la información más relevante:

Para llegar al Distrito de Lunahuaná se tiene que cruzar el peaje ubicado en el Km 12+900, continuando con la ruta se observa una zona desértica hasta la progresiva Km 15+200, más adelante en la progresiva Km 15+600 se presenta un talud alto (corte cerrado).

Saliendo del sector Km 15+200, se presenta una pendiente muy pronunciada desde las progresivas Km 15+600 hasta la progresiva Km 18+020 anexo "El Porvenir".

En la progresiva Km 19+400 (sector crítico), se tiene un corte a media ladera de roca fija y se aprecia un alineamiento sinuoso de curvas y contracurvas que no cumplen con la Norma de Diseño, en cuanto a la mínima longitud de tangente entre curvas, unos metros más adelante en la progresiva Km 19+750, se aprecia un corrimiento del carril derecho en la vía, debido al movimiento y deslizamiento en el talud en relleno.

Otro sector crítico está ubicado en la progresiva Km 28+900, se aprecia la erosión del talud inferior producto del humedecimiento por la interacción en la parte baja del río, existiendo un peligro para los transportistas y peatones.

Entre las progresivas Km 28+300 al Km 42+844.85 existen Anexos (poblaciones) muy cercanos a la carretera existente.

Puente SOCSI, ubicado en la progresiva km 27+800, este puente es de tres tramos y tiene una longitud de 53.00m la superestructura está compuesta de 03 tramos de losa continua variable de concreto armado, el ancho de la calzada es de 3.60m (una vía) y veredas de 0.70m.

### 1.3.2 ANÁLISIS DE LA DEMANDA

La demanda está orientado a proporcionar la información necesaria para determinar los indicadores de tráfico (composición y volumen vehicular) y nivel de servicio de los diferentes tramos homogéneos en que se seccionó el Tramo “Imperial – Lunahuaná”, para la evaluación de su funcionalidad en el tiempo.

Para la obtención de estos datos, tomamos Luego de la consolidación y consistencia de la información recogida de los conteos, se obtuvieron los resultados de los volúmenes de tráfico en la vía, por día, tipo de vehículo, por sentido y el consolidado de ambos sentidos, cuyo resumen se incluye en el texto del Informe.

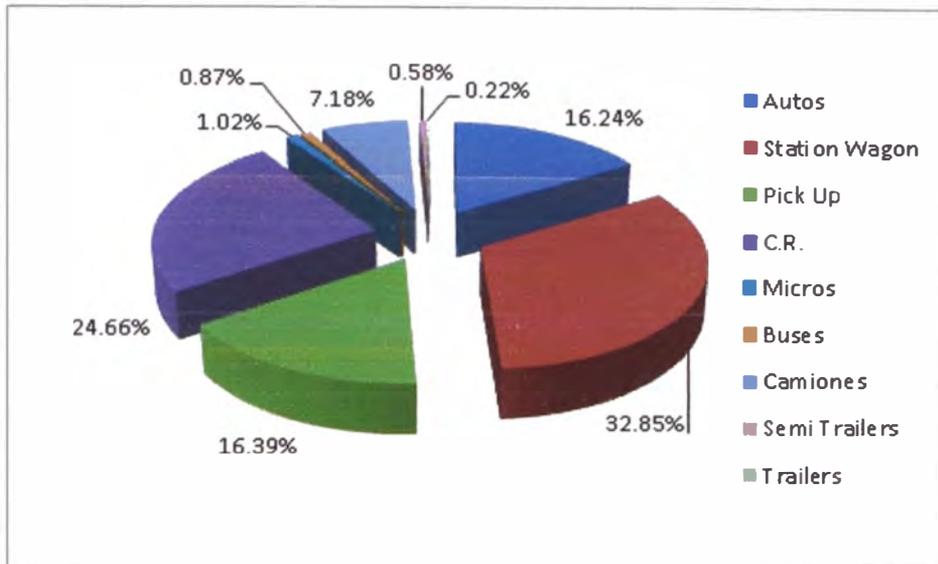
En los cuadros siguientes se muestran los resultados de los conteos de tráfico diarios, las variaciones horarias vehiculares por sentido de circulación y la clasificación horaria y total para cada día de trabajo. Así mismo el promedio semanal por sentido y el consolidado para ambos sentidos, para la estación predeterminada

**Tabla 1.3.- Volumen Diario Clasificado, Nuevo Imperial – Lunahuaná**

Tipo de Vehículo	Lunahuaná - Nuevo Imperial	Nuevo Imperial - Lunahuaná	Ambos	%
Autos	111	113	224	16.24%
Station Wagon	222	232	453	32.85%
Pick Up	119	108	226	16.39%
C.R.	166	175	340	24.66%
Micros	7	7	14	1.02%
Buses	6	6	12	0.87%
Camiones	48	51	99	7.18%
Semi Tráileres	3	4	8	0.58%
Tráileres	2	2	3	0.22%
Total	683	696	1379	100.00%
% Sentido	49.5%	50.5%		

*Fuente: Estudio Definitivo de Rehabilitación y Mejoramiento de la Carretera Cañete – Lunahuaná (CESEL)*

**Figura 1.2.- Composición Vehicular del IMD, Nuevo Imperial – Lunahuaná**

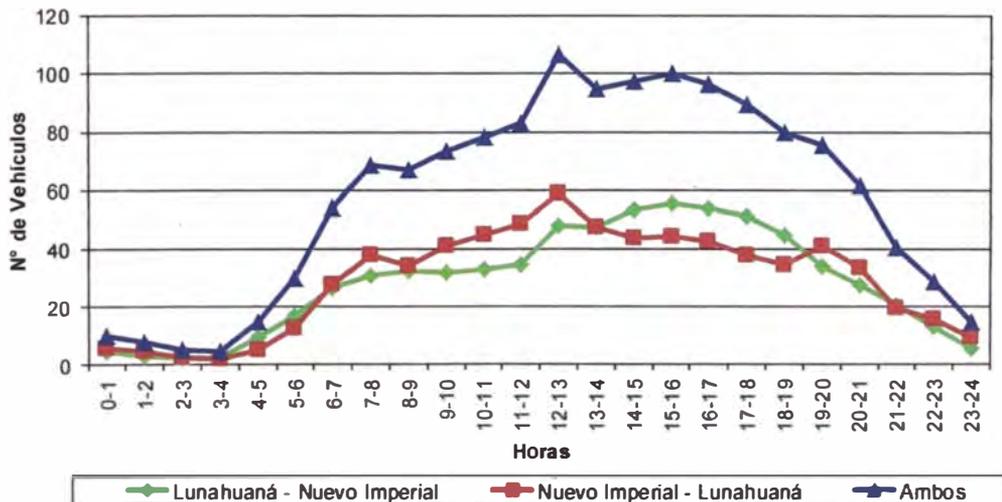


*Fuente:* Estudio Definitivo de Rehabilitación y Mejoramiento de la Carretera Cañete – Lunahuaná (CESEL)

**Análisis de la Variación Horaria**

El volumen horario se incrementa desde las 5.00 horas y disminuye desde las 17.00, la hora punta se presenta entre las 12:00 a 13:00 con el 7.73 % del IMDa.

**Figura 1.3.- Variación horaria del IMDa, Nuevo Imperial – Lunahuaná.**



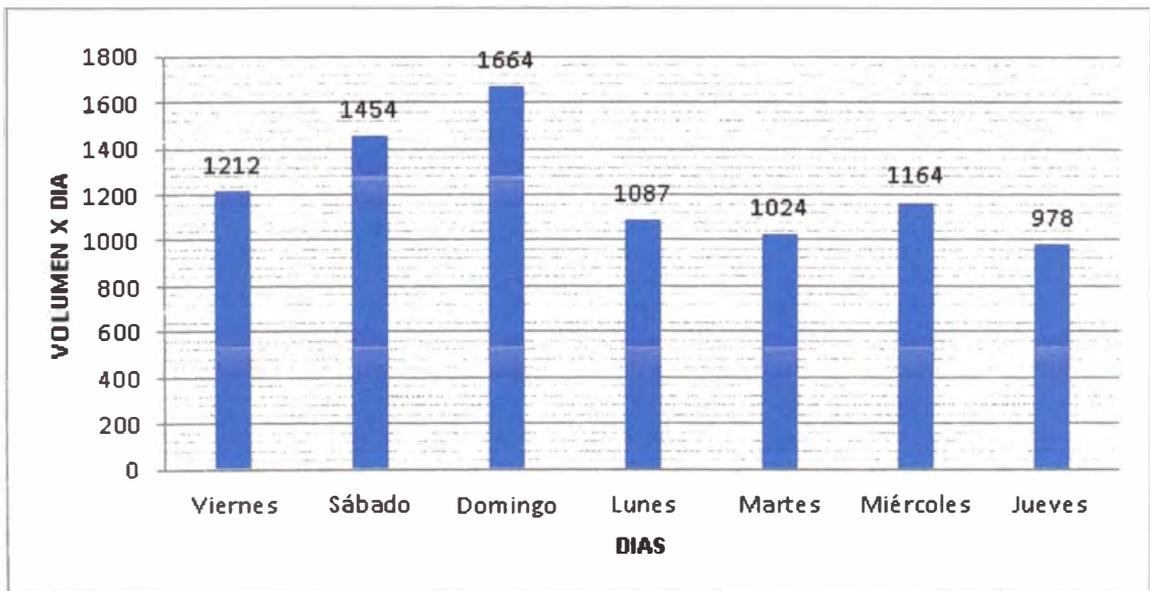
*Fuente:* Estudio Definitivo de Rehabilitación y Mejoramiento de la Carretera Cañete – Lunahuaná (CESEL)

El mayor volumen de tráfico se presenta el día domingo con 1664 vehículos y el menor el día jueves con 978 vehículos.

Día	Volumen Promedio x Día
Viernes	1212
Sábado	1454
Domingo	1664
Lunes	1087
Martes	1024
Miércoles	1164
Jueves	978

*Fuente: Estudio Definitivo de Rehabilitación y Mejoramiento de la Carretera Cañete – Lunahuaná (CESEL)*

**Figura 14.-** Variación horaria del IMDa, Nuevo Imperial – Lunahuaná.



*Fuente: Estudio Definitivo de Rehabilitación y Mejoramiento de la Carretera Cañete – Lunahuaná (CESEL)*

## Incremento del Volumen del Tráfico

Una carretera en condiciones óptimas, y cumpliendo los niveles de servicio exigidos por la entidad reguladora (Ositran, MTC) incrementará su volumen de tráfico al que se presenta en la actualidad en este tramo, debido a que en la zona existen productos agrícolas que generarán mayor tráfico que en los otros tramos, además de la demanda por las visitas a sitios turísticos y de interés se incrementará notablemente.

**Tabla 1.4.-** Proyección de Tráfico, Nuevo Imperial – Lunahuaná

Años	Autos y SW	Camioneta Pick Up	Camioneta Rural	Micros	Ómnibus	Camión	IMD
2020	830	278	414	17	17	169	1726
2030	923	310	459	19	23	235	1969

*Fuente: Estudio Definitivo de Rehabilitación y Mejoramiento de la Carretera Cañete – Lunahuaná (CESEL)*

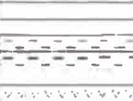
## CAPITULO II: GEOLOGIA Y GEOTECNIA

### 1. ANTECEDENTES

Geológicamente, el área de estudio se encuentra emplazado en la planicie costera, la misma que se caracteriza por presentar un relieve esencialmente plano con algunas lomadas y colinas aisladas remanentes de los procesos denudativos. Esta planicie se desarrolla como una faja paralela a la costa, limitada al oeste por el litoral y al este por el conjunto de cerros bajos correspondientes a las primeras estribaciones andinas occidentales.

El río Cañete contribuye en dejar en sus márgenes costeras paquetes de conglomerados que constituyen sus terrazas bajas, las cuales alcanzan pocos metros de altura. Algunos sectores presentan acumulaciones eólicas en forma de conspicuos mantos de arenas y muy localmente dunas aisladas.

**Figura 2.1** – Columna estratigráfica de la zona en estudio

ERA	SISTEMA	SERIE	FORMACION GEOLOGICA	SECCION	DESCRIPCION LITOLOGICA
CENOZOICO	CUATERNARIO	RECIENTE	Depositos Eólicos		Acumulación de arenas eólicas de grano medio a fino
			Depositos Coluviales		Gravas, cantos y bloques sub-angulosos con matriz areno-limosa
			Depositos Aluviales		Acumulaciones de gravas, arenas, limos y arcillas
	PLEISTOCENO	Formación Cañete		Conglomerado semiconsolidado con una matriz areno-limosa	
	TERCIARIO	INFERIOR	Formación Paracas		Areniscas, areniscas calcáreas, algunos horizontes de limolitas y hacia la base un paquete de conglomerados
MESOZOICO	CRETÁCEO	INFERIOR	Grupo Morro Solar		Areniscas, lutitas y ocasionales horizontes volcánicos

Fuente: Estudios de Impacto Ambiental Variante Cañete – WALSH

La parte central del tramo en estudio se caracteriza por presentar rocas intrusivas de tipo granito, que dan origen a los suelos arenosos cuya distribución abarca desde el km 21+400 al km 40+000, en ambos márgenes del valle.

Los fenómenos de Geodinámica externa que se presentan en el tramo de estudio están definidos por el de erosión de riberas y flujo de lodos que comprometen la estabilidad de la carretera.

Uno de los tramos afectados por el fenómeno de erosión de riberas es que se presenta desde el km 23+700 al km 29+100, de los cuales el más crítico se localiza en el km 28+700 al km 28+900 en una longitud de 200 m originado por un debilitamiento en el talud inferior de una terraza aluvial en los periodos de fuertes avenidas del Río Cañete.

Al sufrir un socavamiento de la base y mostrar un talud casi vertical y la poca cohesión del conglomerado originó el desmoronamiento y derrumbe del talud, comprometiendo la ubicación del terraplén de la carretera.

La solución a los problemas de inestabilidad de taludes en el área del Puente Sosci se plantea la necesidad de efectuar una variante desplazando el eje hacia la base del cerro, paralelo al canal de riego, para lo cual se deberá expropiar áreas de cultivo.

## 2. GEOLOGÍA LOCAL

### 2.1 Geodinámica Externa

#### Derrumbe

Esta acción natural fue mapeado en la progresiva 27+ 610 – 27+625 margen izquierda de la carretera en estudio. Consistió en la ruptura y desplazamiento pendiente abajo de la masa rocosa granodiorita, a través de un plano de derrumbe. Se desarrolló en el tiempo, en forma lenta inicialmente luego en forma violenta cuando pierde su resistencia al esfuerzo cortante, el desplazamiento se da en dirección del pie de la ladera del cerro. Creando un riesgo ligero debido a su poca magnitud y a su estabilidad natural en la actualidad. Por otra parte, el área con material rocoso movido fue calificado como cantera, será empleado para enrocado del cauce del río Cañete en el sector del puente Socsi y otras áreas.

Por concepto de fisuras al borde a lo largo de la carretera, derrumbe de la ladera del cerro km 27+610 – 27+ 625 y derrumbe de muro de contención por acción de agua de lluvia y de lavado diario de vehículos en este sector, el riesgo es moderado a bajo.

### 2.2 Geodinámica Interna

#### Grietas y Fisuras

Debido al evento sísmico y a la mala conformación de los relleno, se identificó grietas y fisuras, con persistencia que va entre 1,60 m – 4,60 m en forma aislada a lo largo de la carretera en estudio, con mayor o menor intensidad, en la pista asfaltada de la carretera.

Esta acción natural fue reconocido en forma aislada a lo largo del tramo de la carretera, en las siguientes progresivas km 19+560 - km 19+700, km 19+780, km 21+420, km 30+760, km 29+320, km 34+520, km 36+120 – 36+145, km 36+820 – km36+840, km 42+510, entre los principales.



## **2.3 Procesos Meteorológicos**

### **Inundación**

De acuerdo al mapeo geológico realizado en ambas márgenes del área proyectada para la construcción del futuro Socsi, localizado entre las progresivas 27+620 – 27+860 correspondiente al fondo del valle del río Cañete y teniendo referencias que la superficie de las terrazas son de poca altura respecto al nivel medio del agua del río Cañete. Existe la posibilidad de inundación de las referidas áreas, ante un eventual crecida del río Cañete, en la estación de invierno y periodos de alta precipitación pluvial. Por tanto, se tiene la posibilidad de moderado riesgo en la estabilidad física del futuro puente Socsi.

## **2.4 Procesos Erosivos**

### **Erosión Lateral de Terraza**

Se origina en periodos de avenidas y periodos de alta precipitación pluvial, por erosión fluvial y socavación de las aguas del río Cañete, inicialmente origina la profundización y ensanchamiento del cauce del río, hacia el pie de la terraza, originando inestabilidad y por consiguiente caída de sedimentos aluviales alcanzando el área de la carretera materia de estudio. Por tanto, esta acción natural es de alto riesgo debido al avance lento y continuo en dirección de la carretera.

### 3.0 GEOTÉCNICA

#### 3.1 Evaluación de la Carretera Existente con Fines de Estabilidad de Taludes

Dado que no existen informes precedentes realizados sobre este tema, se ha utilizado la metodología que mejor se adecua a los objetivos planteados. La metodología utilizada para la evaluación de taludes en suelo es el resultado de una investigación cuidadosa de más de 700 taludes, realizada en el sur del Perú; esta metodología usa el criterio de valoración, asignando un determinado puntaje por cada característica principal del talud, de donde se obtiene el valor ETS; con este dato se determina el Grado de Estabilidad, la condición actual del talud y permite definir el sistema de sostenimiento adecuado. Se ha empleado esta metodología por los excelentes resultados que se vienen obteniendo en la evaluación de taludes conformados por suelos.

Para la evaluación de taludes en roca, se hace uso de metodologías empíricas y analíticas, siendo parte de la primera la valoración del macizo rocoso mediante el clasificación Rock Mass Rating (RMR) propuesto por Bieniawski en 1979; obtenido este valor se obtiene un grado de estabilidad según la clasificación Slope Mass Rating (SMR) propuesto por Romana en 1985; dentro de la metodología analítica, se puede hacer uso de las proyecciones estereográficas, donde se identificarán las familias de discontinuidades propensas a producir las fallas del tipo planar, cuña o vuelco, una vez identificadas estas familias se hará un análisis al talud de corte propuesto, determinando un factor de seguridad que debe ser superior a la unidad para considerarlo como estable.

Con ambas metodologías en resumen se obtiene la valoración del macizo rocoso, el grado de estabilidad y factores de seguridad, que permitan asegurar la estabilidad de los taludes así como las recomendaciones para los taludes así como las recomendaciones generales del sostenimiento en caso de persistir las fallas.

## **CAPITULO III: SISTEMATIZACIÓN DEL INVENTARIO VIAL**

### **3.1 ASPECTOS GENERALES**

El inventario vial es un proceso que permite conocer los caminos que componen la red vial de una determinada área, asimismo los componentes del camino y el estado de conservación de los mismos. Antes de dar inicio a los trabajos de mantenimiento, se debe efectuar el inventario detallado del camino.

Con el inventario, se pretende registrar ordenadamente sistemáticamente y actualizada en donde se presenta la identificación, ubicación, caracterización y estado operativo del conjunto de carreteras existentes que componen al Sistema Nacional de Carreteras – SINAC.

Debido a la importancia de este proceso de inventariar las carreteras del país, mediante el contrato N° 189-99-MTC/15.02.PRT.PERT.01, celebrado el 13 de Mayo 1999 y modificado el 31 de Mayo de 1999, el Ministerio de Transportes, Comunicaciones, Vivienda y Construcción confió el estudio del Sistema de Gestión de Carreteras del MTC a la Asociación BCEOM - OIST.

El objetivo principal del Sistema de Gestión de Carreteras (SGC) es seleccionar de manera racional los tramos que requieran obras de mantenimiento y optimizar el uso de los recursos humanos y financieros disponibles. Para lograr tal meta, el SGC tiene que contar con tres partes principales:

- Un sistema de recolección de datos y una base para grabarlos (Subsistema de Inventario Calificado SIC)
- Un sistema de optimización de los recursos para planificar y programar las obras de mantenimiento, aprovechando los datos recolectados
- Un sistema de seguimiento de la Red y actualización de la base de datos.

Cada parte es imprescindible para que el SGC sea eficiente y se actualice en el futuro.

La aplicación del SIG a un inventario vial, proporcionará los métodos, herramientas y datos que están diseñados para actuar coordinada y lógicamente para capturar, almacenar, analizar, transformar y presentar toda la información geográfica y de sus atributos con el fin de satisfacer múltiples propósitos.

El SIG puede ser usado como una plataforma en la que el sistema de gestión de pavimentos puede ser construido y operado. Este sistema SIG puede hacer una integración espacial de los datos utilizados para la toma de decisiones del sistema de gestión. Las funciones del SIG incluyen mapas temáticos, bases de datos flexibles, manipulación matricial, generación de redes, modelos integrados y algoritmos.

La tecnología del SIG puede proveer la base para un sistema integrado de información de caminos, en el cual variables tales como el estado de los pavimentos, las características geológicas, geotécnicas, entre otros.

Todo ello pueden ser asociados al sistema geográfico de referencia, un mapa puede facilitar las entradas y salidas del sistema, así como un entendimiento más fácil para el mismo.

Los datos que son consignados en el inventario permiten, además, conocer la ubicación de los principales componentes y obras que conforman el camino, el estado de los mismos y la necesidad de ciertos trabajos. El inventario vial debe efectuarse cada dos años para conocer la variación de las condiciones del camino, y debe contener los siguientes componentes:

### **Datos generales**

En este punto son consignados los datos generales del camino tales como: ubicación, poblaciones cercanas, tráfico, fecha de ejecución del inventario, el punto de inicio y el punto final del tramo.

### **Características de la vía**

En este punto se indican las características topográficas del camino, la pendiente del mismo, y la existencia de canteras y puntos de agua que permitan abastecerse de los materiales necesarios para el afirmado.

También se consignan en este rubro los derrumbes existentes o las zonas potenciales de derrumbes.

## **Pavimento**

En esta sección se indican las características de la superficie de rodadura, tales como el ancho de calzada, el bombeo, el tipo de material de la superficie de rodadura y un aspecto de mucha importancia, el cual es la identificación de los defectos de la calzada. La forma de clasificar los defectos es muy amplia, pero se pueden agrupar en dos tipos de defectos; los de tipo superficial y los de cimentación o fundación: Defectos superficiales:

- Baches.
- Ahuellamientos
- Ondulaciones (encalaminados).
- Superficies resbalozas.
- Erosión superficial.
- Superficies blandas.
- Pérdida de material..

## **3.2 EL SISTEMA DE GESTIÓN DE CARRETERAS**

El sistema de Gestión de Carreteras cuenta con un Manual Técnico que describe las diferentes metodologías que se aplican durante la fase de inventario. Además, detalla los formatos que se adoptan para agrupar los datos e insertarlos por procesos automáticos en la base de datos del SIC.

El Manual Técnico intenta ser lo más simple y lo más completo posible para permitir el uso de las metodologías descritas en el mismo, sin alterar el tipo y la calidad de las informaciones requeridas por la base de datos. Es una herramienta que permite elegir los métodos más adecuados para inventariar de acuerdo con sus recursos humanos y financieros, y desarrollar eficientemente la base de datos del SIC.

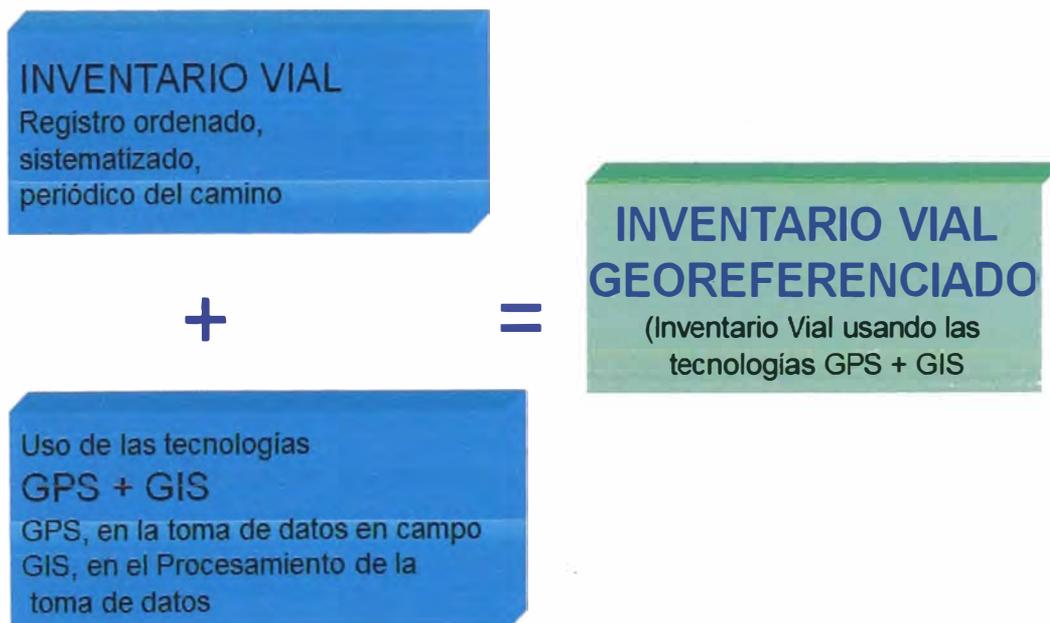
Como se sabe, el inventario vial es el registro ordenado, sistemático y periódico de los componentes de un camino, especificando su ubicación, características físicas y estado de conservación.

El objetivo de un inventario vial es mostrar el estado de las vías de comunicación, especificando el estado, estructura y funcionalidad del camino y su infraestructura vial, para determinar la intervención requerida por este (Mantenimiento Rutinario, periódico, rehabilitación o mejoramiento).

### 3.3 GEOREFERENCIACIÓN

La Georeferenciación consiste en utilizar las tecnologías del sistema de Geoposicionamiento Global-GPS, y Sistema de Información Geográfica-GIS; con la finalidad de generar un banco de datos geográficos y cartográficos que permita la elaboración de mapas temáticos sobre la red vial (inventario y características) y diseñar a partir de éste, un GIS especializado para la gestión y planificación vial.

Figura 3.1.- Esquema del Inventario Vial Georeferenciado.



## Trabajo en Campo

Para el levantamiento de datos la metodología utilizada fue a través de la herramienta GPS, el cual registra el posicionamiento capturando las coordenadas de la vía así como los atributos de la misma. Este procedimiento es rápido, versátil y técnico, con el cual se puede realizar una actualización del banco de datos de la red vial del Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

Con la finalidad de optimizar el uso del GPS, además de capturar las coordenadas del camino, se ha incorporado el registro de características de la vía, siendo estas las siguientes:

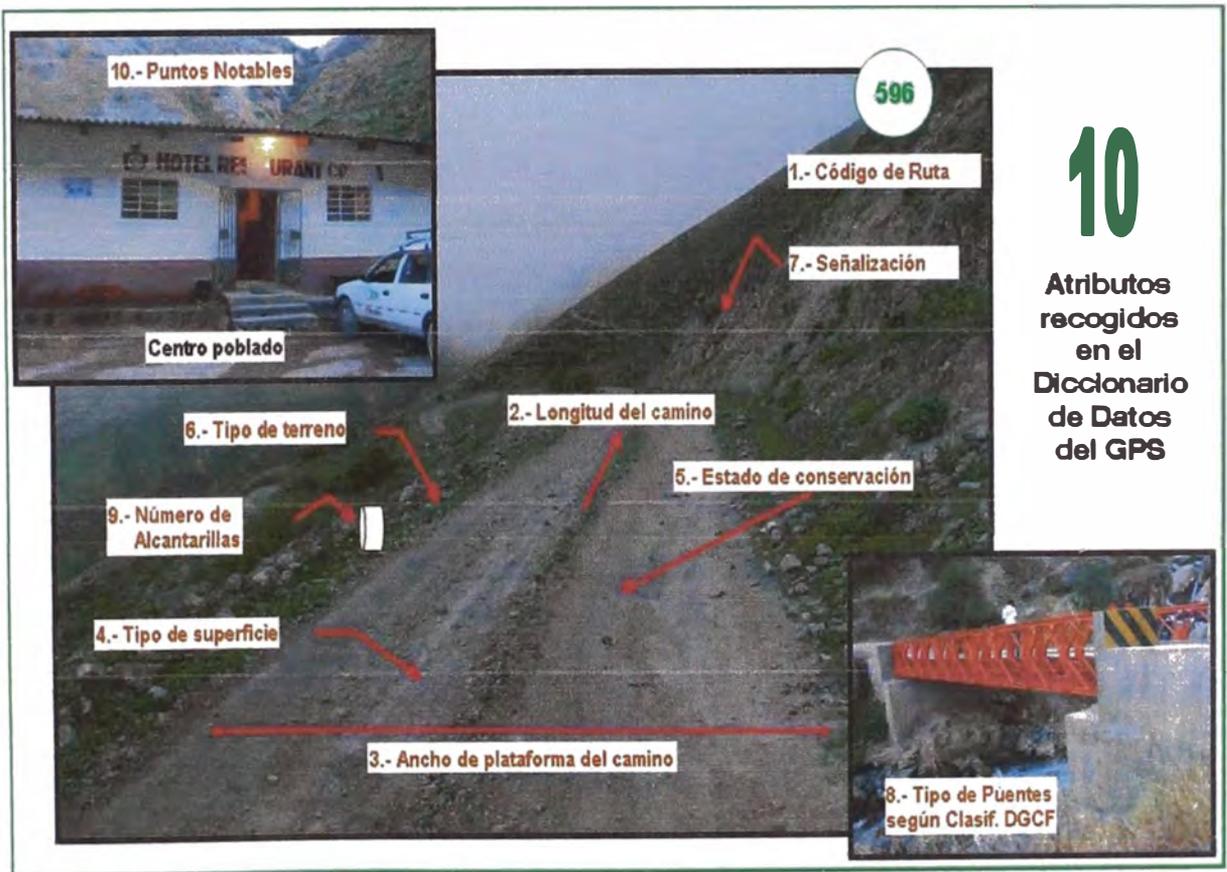
1. Código de la carretera o camino, este se obtiene del Clasificador de la Red Vial del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, de no tener registro se le asigna uno provisional.
2. Longitud del camino, métrica expresada en kilómetros y sus progresivas.
3. Ancho de la plataforma, este es el ancho de la vía.
4. Tipo de superficie de rodadura.
5. Estado de conservación del camino.
6. Tipo de terreno (topografía)
7. Tipo de señalización existente en el camino.
8. Tipo de puentes y pontones.
9. Número de alcantarillas.
10. Localización de puntos notables (centros poblados, lugares turísticos o de interés local) como de puntos críticos (taludes, cauces del río, otros), puentes y desvíos de los caminos.

**Tabla 3.1.-** Tematica, cobertura, topología y atributos de la tabla de datos.

Temática	Tipo de topología	Cobertura	Campo e Características	Atributos
CLASIFICADOR DE RUTAS	POLILINEA (SEGMENTO)	CAMINOS	(1.) Código de ruta según Clasificador del MTC y asignación provisional.	
			(2.) Longitud de la vía, métrica expresada en Km. y sus progresivas.	
INVENTARIO VIAL	POLILINEA (SEGMENTO)	CAMINOS	(3.) Ancho de plataforma	<ul style="list-style-type: none"> <li>Menor de 3.50 m.</li> <li>Entre 3.50 a 4.50 m.</li> <li>Entre 4.50 a 6.00 m.</li> <li>Mayor de 6.00 m.</li> </ul>
			(4.) Tipo de superficie de rodadura	<ul style="list-style-type: none"> <li>Asfaltada</li> <li>Afirmada</li> <li>Sin afirmar</li> <li>Trocha</li> </ul>
			(5.) Estado de conservación de la vía	<ul style="list-style-type: none"> <li>Buena</li> <li>Regular</li> <li>Mala</li> </ul>
			(6.) Tipo de Terreno	<ul style="list-style-type: none"> <li>Accidentada</li> <li>Ondulada</li> <li>Llana</li> </ul>
			(7.) Señalización	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tipo Vertical</li> <li>Sin Señalización</li> <li>Tipo Horizontal</li> </ul>
			PUNTOS	OBRAS DE ARTE
	(9.) Alcantarillas	<ul style="list-style-type: none"> <li>Nº de alcantarillas existentes encontradas en los caminos recorridos</li> </ul>		
ITINERARIO DE RUTAS	PUNTOS NOTABLES	PUNTOS	(10.) Puntos Notables	<ul style="list-style-type: none"> <li>Intersección Desvío                             <ul style="list-style-type: none"> <li>Hacia la izquierda</li> <li>Hacia la derecha</li> </ul> </li> <li>Puntos críticos                             <ul style="list-style-type: none"> <li>Huaycos</li> <li>Derrumbes</li> <li>Taludes</li> <li>Oros</li> </ul> </li> <li>Localización de poblados y lugares de interés turístico                             <ul style="list-style-type: none"> <li>Plaza de Armas (Centro poblado)</li> <li>Sitio arqueológico</li> <li>Grifo</li> </ul> </li> </ul>

Fuente: Caracterización y Sistema Vial Georeferenciado, MTC – Proyecto Especial de Infraestructura de Transporte Rural - Proviás Rural

**Figura 3.2.-** Etapas del trabajo para el levantamiento de información.



## **Trabajo en Gabinete**

Con los datos obtenidos en campo se generó una base de datos con la cual se elaboraron mapas temáticos. La elaboración de dichos mapas fue con la ayuda del programa ArcGIS, el cual permite clasificar las diversas características de la vía en capas o shapes.

Los mapas temáticos ayudaron a analizar la información y características de la red vial recogida en campo para así dar una propuesta de actualización del manual del Inventario Vial.

### **3.4 SISTEMATIZACIÓN**

La sistematización de la información consiste en el ordenamiento y clasificación, utilizando equipos de moderna tecnología (bajo determinados criterios, relaciones y categorías) caracterizando la vía georeferenciada. Lo óptimo a realizar se describe la siguiente figura 3.3: Equipos para realizar los trabajos del Inventario Vial Georeferenciado.

#### **3.4.1 INVENTARIO VIAL BÁSICO Y CALIFICADO**

El Inventario Vial calificado, se elabora de acuerdo a los formatos del Sistema de Gestión de Carreteras, indicando también sus coordenadas geográficas (WGS-84), por lo tanto, para cada elemento se indica su posición (sistema GPS y kilométricas), características y su estado, que definen su condición actual. Se efectuaron las siguientes actividades, como las mostradas en la figura 3.4: Componentes del Inventario vial básico y calificado

#### **3.4.2 ESQUEMA DEL INVENTARIO VIAL**

Es un conjunto de operaciones que comprende la caracterización de los componentes de la vía georeferenciada, del conjunto de operaciones de unificación de procedimientos de mediciones de acuerdo a una metodología y que como resultado se obtienen las fichas de las características del elemento vial, que viene hacer la información del elemento vial, que será almacenada en

una base de datos del Inventario. Donde el usuario final hará la consulta y se generara el reporte de acuerdo a los requerimientos del usuario.



Figura 3.3.- Recursos necesarios para realizar el Inventario Vial Georeferenciado (Fuente: MTC).

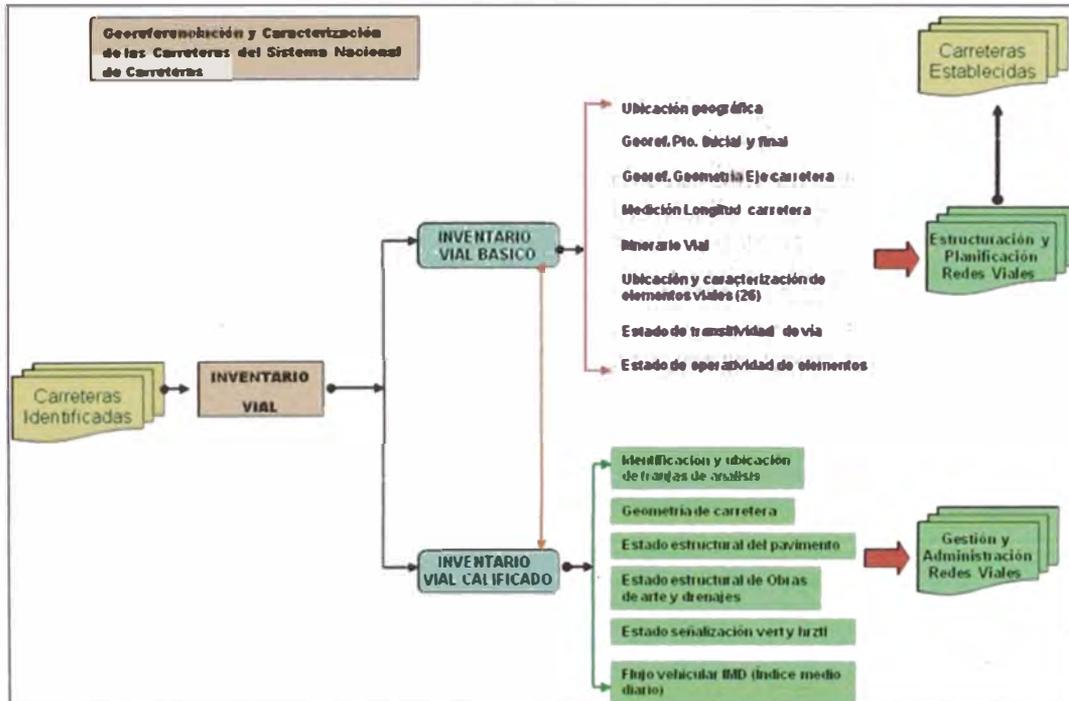


Figura 3.4.- Componentes del Inventario Vial Básico y Calificado (Fuente: MTC)

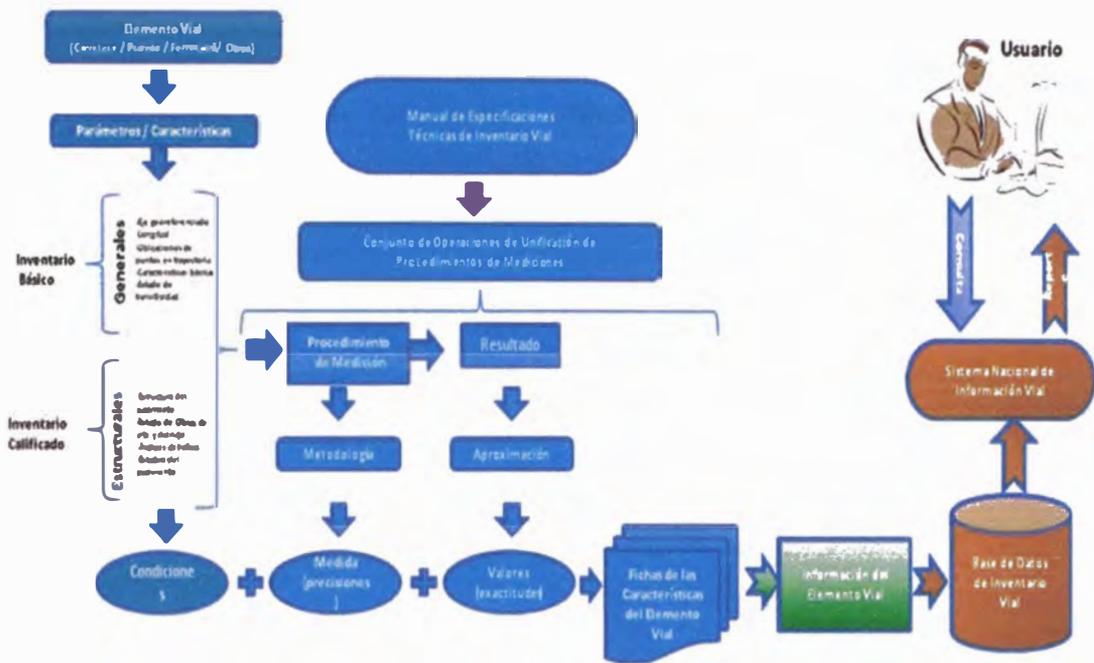


Figura 3.5.- Esquema General del Manual de Inventario Vial

### 3.5 PROPUESTA PARA ACTUALIZACIÓN DEL INVENTARIO VIAL

Existen diversos formatos que pueden ser utilizados para recabar la información, sin embargo, al margen del formato utilizado, este debe contener toda la información necesaria que permita conocer todas las características de la vía en estudio.

En la tabla 3.1 se muestra el formato utilizado por el Subsistema de Inventario Calificado SIC, planteado en el Manual de Gestión de Carreteras, del MTC.

En dicho formato se muestran todos los datos que deben ser suministrados para la base de datos, que permite describir la carretera respecto al estado de la superficie del pavimento.

Si bien el formato planteado contiene toda la información necesaria para describir el estado del pavimento, planteamos agregar (02) columna adicionales que permita conocer el área de las fallas presentadas en cada progresiva, además del % que representa dichas áreas de fallas respecto a las secciones de estudio, en nuestro caso 40m x 6m (ver tabla 3.2).

Los resultados de la evaluación con el formato propuesto, son mostrados en el Anexo 02 (Levantamiento Visual de Daños en el Pavimento).

Las fallas en el pavimento que son medidos en m<sup>2</sup> son de varios tipos de acuerdo a la clasificación presentada (ver Figura 4.2.- Formato de exploración de condición para Pavimento Asfáltico, Capítulo IV), sin embargo y a fin de conocer la magnitud de las fallas por cada tipo, se han elaborado cuadros en donde se muestran las áreas y porcentajes por cada tipo de fallas.

Esto permite conocer la magnitud en área de cada falla superficial presentada, respecto al área del pavimento, y por tipo de falla presentada.

Los resultados de esta consolidación por tipo de falla en el tramo en estudio, son presentados en el Anexo 03.





que es más fácil hacer reconstrucciones para no tener que gastar tanto en el costo inicial de un pavimento.

#### **4.1.3 Requerimientos de conservación**

Los factores climáticos influyen de gran manera en la vida de un pavimento. Otro factor es la intensidad del tránsito, ya que se tiene que prever el crecimiento futuro. Se debe de tomar en cuenta el comportamiento futuro de las terracerías, deformaciones y derrumbes. La degradación estructural de los materiales por carga repetida es otro aspecto que no se puede dejar de lado. La falta de conservación sistemática hace que la vida de un pavimento se acorte.

#### **4.1.4 Comodidad**

Para grandes autopistas y caminos, los métodos de diseño se ven afectados por la comodidad que el usuario requiere para transitar a la velocidad de proyecto. La seguridad es muy importante al igual que la estética.

#### **4.1.5 Base y Sub - base**

Según Olivera (1994), aunque las bases y las sub-bases tienen características semejantes, las sub - bases son de menor calidad. La sub-base es la capa de material que se construye directamente sobre la terracería y su función es:

- Reducir el costo de pavimento disminuyendo el espesor de la base.
- Proteger a la base aislándola de la terracería, ya que, si el material de la terracería se introduce en la base, puede sufrir cambios volumétricos generados al cambiar las condiciones de humedad dando como resultado una disminución en la resistencia de la base.
- Proteger a la base impidiendo que el agua suba por capilaridad.
- Transmitir y distribuir las cargas a las terracerías.

Las características de calidad que se buscan en los materiales de sub – base, se muestran en la tabla 4.1

**Tabla 4.1:** Materiales de Sub - Base. Fuente: SCT (2006)

<b>Materiales de Sub – base</b>	
<b>Características</b>	<b>Zonas en que se clasifica el material de acuerdo con su granulometría</b>
Límite líquido máximo	25%
Límite plástico máximo	6%
Compactación mínima	100%
Valor relativo de soporte estándar saturado, en porcentaje	50 min
Equivalente de arena, en porcentaje	30 min

*Fuente: Olivera (1,994), México DF*

La base es la capa de material que se construye sobre la sub - base. Los materiales con los que se construye deben de ser de mejor calidad que los de la sub – base, según Olivera (1994) la función de la base es:

- Tener la resistencia estructural para soportar las presiones transmitidas por los vehículos.
- Tener el espesor suficiente para que pueda resistir las presiones transmitidas a la sub - base.
- Aunque exista humedad la base no debe de presentar cambios volumétricos perjudiciales.

Las características de calidad que se buscan en los materiales para base, se muestran en la tabla 4.2.

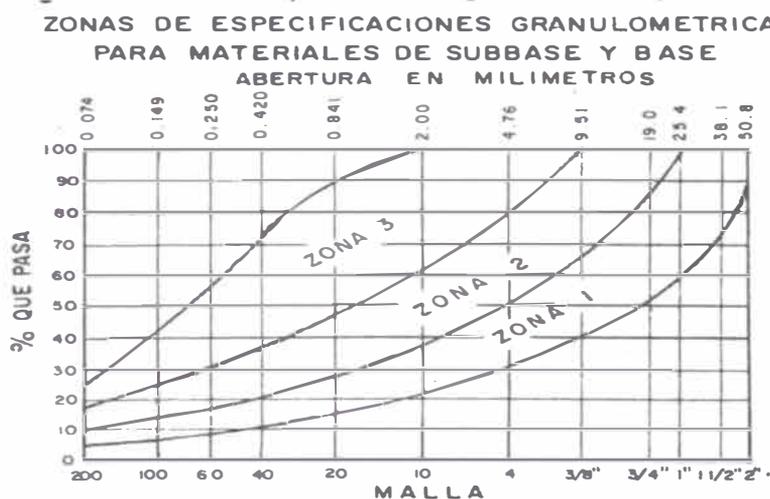
**Tabla 4.2.- Materiales de Base**

<b>Materiales de Base</b>	
<b>Características</b>	<b>Zonas en que se clasifica el material de acuerdo con su granulometría</b>
Límite líquido, en porcentaje	25%
Índice plástico máximo	6%
Partículas alargadas y lagueadas máximo	35%
Compactación	100%
Valor relativo de soporte estándar saturado, en porcentaje	100 mín
Equivalente de arena, en porcentaje	50 mín
Índice de durabilidad, en porcentaje	40 mín

*Fuente: Olivera (1,994), México DF*

Las zonas en las cuales puede estar el material de acuerdo a su granulometría tanto para sub – base como para base se muestran en la figura 4.1

**Figura 4.1:** Zona de especificaciones granulométricas para de sub – base y base.



*Fuente: Olivera (1,994), México DF*

## 4.2 EVALUACIÓN DE PAVIMENTOS

### 4.2.1. Antecedentes

Los daños superficiales de los pavimentos son parámetros básicos para el diagnóstico de la condición de los mismos. El registro de los deterioros y fallas superficiales presentes en un pavimento constituye una de las actividades más importantes para planear el mantenimiento de una red vial y para proteger el valor de las inversiones realizadas.

Deben identificarse y calificarse según criterios lo más objetivos posible. Se presenta bajo la forma de un catálogo de los daños viales significativos para una red extensa. Su objeto es la clasificación y cuantificación de los daños de carreteras pavimentadas.

Para cada tipo de daño, se definen tres niveles de gravedad. El carácter "práctico" de dicho Catálogo es fundamental para tener una cierta probabilidad de éxito. Su fin es describir los daños que influyen en los costos de obras de mantenimiento de manera significativa al nivel de la red y que se tomarán en cuenta en los subsistemas de planeamiento y administración de mantenimiento. No es suministrar una descripción minuciosa de la superficie de los pavimentos.

### 4.2.2. Objetivos

Con la evaluación superficial se busca reflejar el estado del pavimento a través de sus características superficiales, presentes en el momento de la evaluación.

Los resultados de la evaluación superficial del pavimento (mediante ensayos no destructivos), obtendremos el grado de serviciabilidad para determinar los trabajos de rehabilitación que requerirá el pavimento.

Para efectuar la evaluación del pavimento se realizó una inspección visual del estado de deterioro de la carretera.

### 4.2.3. Evaluación de las Fallas o Deterioro del Pavimento

La evaluación superficial del pavimento se efectuó con la finalidad de identificar los tipos de falla que han contribuido al deterioro del pavimento existente. La toma de datos se efectuó sistemáticamente, permitiendo recopilar los siguientes datos:

- ✓ Progresivas evaluadas
- ✓ Área de influencia
- ✓ Tipos de falla existente

Se han observado trabajos de sello asfáltico y parchado a lo largo del tramo como parte de los trabajos de mantenimiento y rehabilitación; entre las fallas predominantes se observan fisuras tipo piel de cocodrilo y baches debido a la desintegración de la carpeta asfáltica.

### 4.2.4. Identificación y Categorías de fallas

Cuando se trata de efectuar la evaluación de pavimentos se requiere determinar en primer lugar los defectos del pavimento en las Redes Viales materia de estudio.

En nuestro caso dado la amplitud y diversidad de fallas que el presente Manual trata de identificar, se consideró conveniente dividir en tres categorías los defectos de los pavimentos de manera de simplificar el proceso de evaluación.

Para describir la severidad de los defectos y poder determinar el tipo de tratamiento de rehabilitación y/o mantenimiento, estas categorías se subdividieron a su vez como se muestra a continuación:

**Tabla 4.3.-** Categoría de Fallas de Pavimentos Flexibles

ITEM	CATEGORIAS DE FALLAS	SEVERIDAD
01	Deformaciones	Menores Mayores
02	Agrietamientos	Menores Mayores
03	Desintegraciones	Menores Mayores

*Fuente: Manual de identificación, clasificación y tratamientos de fallas en Pavimentos urbanos (Vol VII) – Booz.Allen&Hamilton / Barriga Dall’orto / Wilbur Smith*

**Tabla 4.4.-** Tipos de Fallas de Pavimentos Flexibles

CATEGORIA	TIPO DE FALLA
Deformaciones	Ahuellamiento Hundimiento Corrugación Corrimiento Hinchamiento
Agrietamientos	Fisuras y Rajaduras * Tipo Piel de Cocodrilo * Longitudinales * Transversales * En arco * Por reflexión de juntas
Desintegraciones	Peladura Baches descubiertos Pulimentos de superficie Desintegración de borde
Otros	Exudación de asfalto

*Fuente: Manual de identificación, clasificación y tratamientos de fallas en Pavimentos urbanos (Vol VII) – Booz.Allen&Hamilton / Barriga Dall’orto / Wilbur Smith*

En el Anexo 01 se detallan la descripción y características más resaltantes de cada falla descrita.

#### **4.2.5. Procedimiento para la evaluación superficial de pavimentos**

Para efectuar la evaluación superficial de pavimentos se han considerado 3 pasos importantes a realizar en base a la necesidad de identificar los defectos o fallas del pavimento, que serán materia de evaluación específicamente en relación a las características físicas de la calzada y su superficie de rodadura.

La evaluación a realizar para efectos prácticos, considera la toma de datos como la base metodológica principal a desarrollar a partir de la inspección visual del pavimento, debiéndose hacer las anotaciones de lo observado en planillas especialmente preparadas para tal fin. (Ver Figura 4.2)

Dentro de los elementos viales, prioritarios a ser inspeccionados están:

1. Secciones transversales de las vías y ancho del pavimento.
2. Tipo de pavimento: flexible, rígido o mixto.
3. Condiciones del pavimento.
4. Condiciones de las bermas.
5. Condiciones de los sardineles.

Figura 4.2.- Formato de exploración de condición para Pavimento Asfáltico

PCI-01. CARRETERAS CON SUPERFICIE ASFÁLTICA.			ESQUEMA			
EXPLORACIÓN DE LA CONDICIÓN POR UNIDAD DE MUESTREO						
ZONA	ABSCISA INICIAL	UNIDAD DE MUESTREO				
CÓDIGO VIA	ABSCISA FINAL	ÁREA MUESTREO (m <sup>2</sup> )				
INSPECCIONADA POR		FECHA				
No.	Daño	No.	Daño			
1	Piel de cocodrilo.	11	Parqueo.			
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

A continuación se describen en forma resumida los pasos a seguir para efectuar la evaluación superficial de los pavimentos, mediante la Inspección Visual de las vías.

**Paso 1**

Inspección Visual de las Vías - Para tal efecto, se efectuará un recorrido de la vía a estudiar, con la finalidad de obtener información sistematizada para lo cual será necesario seleccionar tramos de características y condiciones homogéneas. Utilizando un vehículo se manejará lentamente sobre la vía para inspeccionar visualmente las condiciones generales de la superficie del pavimento, seleccionando tramos según la uniformidad de las condiciones.

Si se observan diferencias significativas, como cambios en la superficie de rodadura o en las secciones transversales, los pavimentos se deben subdividir en dichos puntos.

Para efectos de ayudar en el manejo de la información y obtener una imagen completa de la vía entre dos puntos, los tramos serán cortados a través de los carriles en el mismo punto. Así, si en una dirección el tramo empieza en un punto diferente de otro, en la otra dirección, este deberá también ser artificialmente dividido en dicho punto, aun pensando que no se requeriría hacerlo, constituyéndose en tramos apropiados para ser evaluados.

## **Paso 2**

Observación de fallas - Determinar las condiciones del pavimento recorriendo la vía lentamente para observar manifestación de fallas. Se deben hacer dos o tres paradas por tramo para examinar las fallas en función de tipo, severidad y extensión de la manifestación y ocurrencia de dichas fallas.

## **Paso 3**

Registro en Planilla de Evaluación – Los trabajos de gabinete han consistido en preparar los archivos electrónicos de las planillas de relevamiento de fallas, donde se han consignado los tipos de falla, cantidad y nivel de severidad.

Se deberá efectuar registro de todo lo observado en el recorrido de la inspección visual, anotando todas las manifestaciones de fallas, en las unidades de medida correspondientes que permita determinar los tratamientos de mantenimiento posibles de aplicar. De esta manera se tendrá definida la condición del pavimento de determinada vía y/o red vial, que posibilitará definir

En el Anexo 02 se muestra la Planilla de Evaluación con los resultados de la inspección visual realizada.

El procedimiento para la inspección, así como las definiciones y guías para la cuantificación de las fallas se ha realizado bajo los lineamientos establecidos en la Norma ASTM D 6433 – 03 ASTM (Standard Practice for Roads and Parking Lots Pavement Condition Index Surveys), con cuyos datos se ha procedido a calcular el valor de PCI.

### 4.3. METODOLOGÍA PARA LA DETERMINACIÓN DEL PCI (ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO)

#### 4.3.1. MARCO TEORICO

El Índice de Condición del Pavimento es una calificación numérica asociada a la condición del pavimento que varía entre 0 y 100, valores a los cuales se asocia una descripción verbal que varía de Colapsado a Excelente, según se muestra a continuación:

**Tabla 4.5.- Rango de PCI**

RANGO DEL PCI	ACCION A REALIZAR AL PAVIMENTO
86 - 100 EXCELENTE	Mantenimiento Rutinario y Preventivo (sello de fisuras, parches, lechadas asfálticas)
71 - 85 MUY BUENO	
56 - 70 BUENO	Mantenimiento Correctivo (Recapeado)
41 - 55 REGULAR	
26 - 40 POBRE	Rehabilitación Mayor (Reemplazo de carpeta asfáltica)
11 - 25 MUY POBRE	Reconstrucción (Reemplazo de base granular y carpeta asfáltica)
0 - 10 FALLADO	

*Fuente: Manual de identificación, clasificación y tratamientos de fallas en Pavimentos urbanos (Vol VII) – Booz.Allen&Hamilton / Barriga Dall’orto / Wilbur Smith*

Además, del PCI obtenido (promedio) por una determinada sección o tramo de carretera, se recomienda la acción o intervención a realizar.

La información obtenida en el Relevamiento de Fallas, se utiliza para calcular el PCI de cada unidad de muestra, el PCI de la sección de un pavimento se determina en base a los valores de PCI determinados para cada unidad de muestra.

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.

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  $230.0 \pm 93.0 \text{ m}^2$ .

A continuación se presentan algunas relaciones longitud – ancho de calzada pavimentada.

ANCHO DE CALZADA (m)	LONGITUD DE LA UNIDAD DE MUESTREO (m)
5.00	46.0
5.50	41.8
6.00	38.3
6.50	35.4
7.30 (máximo)	31.5

Para el presente estudio, se ha tomado como sección de estudio, una longitud de unidad de muestra de 40 m (240 m<sup>2</sup>).

El proceso de cálculo es el mismo, tanto para pavimentos flexibles como para pavimentos rígidos, la diferencia es que en el caso de los pavimentos flexibles se analizan las unidades de muestreo por áreas y en los rígidos en función al número de losas; una vez definidos los tipos de falla, clasificadas según el grado de severidad, según el tipo de pavimento, se han hallado los totales de las secciones dañadas para definir la densidad en que ésta se presenta:

$$\text{Densidad (\%)} = \frac{\text{Área de las fallas}}{\text{Área muestra}}$$

Con este valor, se calculan los Valores Deducidos (VD), utilizando las curvas para la obtención del Valor Deducido que se muestran en la Norma ASTM D 6433, según sea el tipo de pavimento rígido o flexible.

Cabe señalar que por cada tipo de daño, la norma establece una curva particular, y de esta manera se obtienen los Valores Deducidos de cada daño encontrado en la sección de muestra (Ver Anexo 04).

El Valores Deducidos de cada sección se calculará como la sumatoria de los valores de cada falla encontrada.

VD = En función de la Densidad y Nivel de severidad

Luego se procede a calcular el Valor Deducido Corregido (VDC), a partir del cálculo del número máximo de fallas permitidas  $m$ :

$$m = 1 + \left( \frac{9}{98} \right) * (100 - HDV)$$

HDV = Mayor valor deducido individual para la muestra "i"

A partir del máximo Valor Deducido Corregido (VDC) se calcula el PCI de la unidad de muestra analizada, según la siguiente expresión:

$$\underline{PCI = 100 - VDC}$$

Los PCI calculados para el tramo en estudio son mostrados en el Anexo 06.

Los indicadores individuales obtenidos por cada sección (40m) son promediados para obtener el PCI del tramo.

#### **4.3.2. APLICACIÓN DEL GIS EN LA EVALUACIÓN DE PAVIMENTOS**

La posibilidad de que con un Sistema de Información Geográfica (SIG) podamos manipular datos geográficos permite - en el caso particular de los pavimentos - realizar análisis de tendencias en cuanto a vida útil remanente, sugerir acciones de conservación, hacer planes presupuestos, y calcular insumos necesarios para planear la conservación, en la medida en que se cuente con información de todos los elementos que participan en el entorno de este tipo de estructuras y con datos sobre el estado funcional y estructural que guardan los pavimentos.

Para el presente estudio, se tomó como parámetro de ingreso al GIS el Índice de Condición del Pavimento (PCI) para realizar un mapa temático del estado actual del pavimento, tomando en cuenta la clasificación establecida por la Norma ASTM D 6433.

## CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### CONCLUSIONES

1. Mediante las técnicas de georeferenciación, y complementado con los resultados presentados en el Anexo 02 (evaluación superficial del pavimento) ha permitido actualizar el inventario vial del tramo en estudio respecto al estado superficial del pavimento. Debemos tener en cuenta que permanentemente debemos tener actualizada la data – sabiendo que el PCI que varía con el tiempo si no se realiza una acción sobre la carretera – que permitirá ver la evolución y severidad de los deterioros, y también analizar las causas de los deterioros observados y la influencia de factores específicos a cada tramo o zona evaluada.
2. La georeferenciación ha permitido de generar el banco de datos geográficos para la elaboración del mapa temáticos sobre la *evolución del estado superficial del pavimento*. De ahora en adelante vamos a requerir que de forma periódica y en forma continua debemos alimentar con datos actualizados para poder obtener resultados válidos y confiables.
3. Se plantea realizar una actualización sobre el estado del pavimento cada (01) año, ya que de la visita a la zona, el estado del pavimento se viene deteriorando aceleradamente. Con los resultados obtenidos, podemos ya tomar decisiones sobre las acciones a realizar sobre el tramo en estudio, ya sea un plan de actividades de Mantenimiento Rutinario, o una intervención mayor como un Mantenimiento Periódico.
4. De la evaluación Superficial se han detectado mayoritariamente las siguientes fallas, establecidos según el código de la Norma ASTM D6433 de mayor a menor presencia en la carretera:

FALLAS	%
Agrietamiento en bloque	31%
Grieta de borde	1%
Grietas longitudinales y transversales	57%
Parches	1%
Huecos	2%
Desprendimiento de agregados	8%

5. Las grietas (bloque, longitudinales, transversales) fueron las fallas que más se presentaron en el tramo en estudio. Cabe señalar que los porcentajes son en base a la cantidad de las fallas presentadas, sin considerar la severidad o dimensiones y/o áreas de las fallas.
6. De acuerdo a los resultados del PCI obtenidos (ver Anexo 06), podemos señalar que el pavimento existente se encuentra óptimas condiciones, indicativo de que el tramo en estudio necesita de un mantenimiento rutinario (programado), para subsanar algunas fallas presentadas.
7. Si bien con los resultados obtenidos se recomienda un mantenimiento rutinario, esta conclusión solo es valedera para el tramo de 2.0 km (Km 33 al Km 35), y no para toda la carretera Cañete – Lunahuaná, debiendo realizarse una evaluación integral al tramo para conocer el PCI promedio de todo el tramo y conocer la acción o intervención a realizar.
8. El punto anterior se refuerza con el estudio realizado por el Consultor CESEL, donde los resultados de los PCI de todo el tramo de la carretera Cañete – Lunahuaná indican que requiere una rehabilitación, y no un mantenimiento rutinario como se concluyó de los resultados del tramo en estudio. Además del presente estudio, la sección donde se halla el tramo en estudio, indica una clasificación de POBRE-REGULAR.

SECTOR	UBICACIÓN		PCI PROMEDIO	CLASIFICACION PAVIMENTO
	DEL KM	AL KM		
01	5+400	7+000	30.3	POBRE
02	7+000	9+500	29.8	POBRE
03	9+500	19+500	27.7	POBRE
04	19+500	25+000	52.6	REGULAR
05	25+000	42+844	50.0	REGULAR

*(Recomendación del Consultor: "...De acuerdo a los resultados del PCI obtenidos, podemos señalar que el pavimento existente se encuentra en su fase terminal, indicativo de que se necesita una reconstrucción...")*

9. La aplicabilidad del SIG denota su gran utilidad al análisis de información espacialmente referenciada, así lo demuestran los elementos tratados en evaluación preliminar en donde fue posible destacar la utilización de esta tecnología para representar los resultados de las evaluaciones en medios cartográficos.
10. Respecto a la geología solo estamos indicando aspectos generales de toda la zona que comprende la carretera Cañete – Lunahuaná, tomando como referencia estudios anteriores, ya que describir las características geológicas de la zona, comprende estudios más completos y detallado sobre la zona.
11. Sin embargo de los estudios encontrados podemos concluir que la parte central del tramo presenta rocas intrusivas de tipo granito, que dan origen a los suelos arenosos cuya distribución abarca desde el km 21+400 al km 40+000, en ambos márgenes del valle.
12. El punto más crítico afectado por el fenómeno de erosión de riberas es que se presenta en el km 28+700 al km 28+900 en una longitud de 200 m originado por un debilitamiento en el talud inferior de una terraza aluvial en los periodos de fuertes avenidas del Río Cañete.
13. Se presentan fisuras en el pavimento, principalmente en los puntos ubicados en las siguientes progresivas:
  - Km 19+560 - 19+700
  - Km 19+780
  - Km 21+420
  - Km 30+760
  - Km 29+320
  - km 34+520
  - km 36+120 – 36+145
  - km 36+820 – 36+840
  - km 42+510

Como se puede apreciar, ningún punto criticó respecto a fisuras, se encuentra dentro de nuestro tramo de estudio (Km 33+000 al 35+000), donde principalmente se detectaron fallas superficiales.

## RECOMENDACIONES

1. Si bien la evaluación superficial del pavimento proporciona el estado de deterioro del pavimento y los niveles de intervención a realizar, es recomendable complementar la evaluación con otros estudios, tales como la Evaluación de la condición funcional del Pavimento y la Evaluación de la condición estructural del Pavimento. Todo ello permitirá conocer de manera integral el estado real del pavimento (desde el suelo de fundación, hasta la carpeta de rodadura).
2. Como se planteó en el capítulo III, se recomienda agregar (02) columnas al formato SIC, respecto al área de las fallas presentadas y el porcentaje que representa, ello permitirá conocer la magnitud de las fallas superficiales respecto al área del pavimento.
3. Mediante el mapa temático, se podrán identificar de los puntos críticos respecto a las fallas superficiales del pavimento, por ello debemos - dentro de lo posible - actualizar el inventario cada (01) año, ya que las condiciones varían con el tiempo y por la falta de un mantenimiento adecuado.
4. Respecto al punto anterior, mediante el mapa temático se podrá observar la evolución del deterioro del pavimento en las diferentes secciones y como decrecen por no realizar un mantenimiento rutinario adecuado.
5. A fin de que los valores del PCI se mantengan o no disminuyan drásticamente, es recomendable realizar actividades de mantenimiento sobre las fallas que más se presentan (sello de fisuras/grietas).

## BIBLIOGRAFÍA

1. **Asociación BCEOM-OIST**, Ministerio de Transportes y Comunicaciones. Normas y Manuales V - Normas y Manuales Técnicos 1. Lima, Mayo 2001.
2. **CESEL Ingenieros**. Estudio Definitivo para la Rehabilitación y Mejoramiento de la Carretera Cañete – Lunahuaná, Abril 2010.
3. **Consortio Gestión de Carreteras**. Informe de Supervisión de Proyecto Perú (Conservación por Niveles de Servicio: Carretera Cañete – Lunahuaná – Pacarán – Zúñiga – Dv. Yauyos – Roncha – Chupaca), Abril 2010.
4. **Ing. Esp. Luis Ricardo Vásquez Varela** - Pavement Condition Index (PCI) para Pavimentos Asfálticos y de Concreto en Carreteras, Manizales, febrero 2002.
5. **Ing. Esp. Luis Ricardo Vásquez Varela** – Manual Centro Americano para Diseño de Pavimentos, Guatemala, Noviembre 2002
6. **Ministerio de Transportes, Comunicaciones, Vivienda y Construcción** – Dirección General de Caminos. Especificaciones Técnicas Generales para Construcción de Carreteras (EG-2000), Diciembre 2010
7. **Ms. Ing. Juan Carlos Villanueva** - Maestría en Vías Terrestre (Módulo IV), Curso: “Gestión de Conservación vial” - Medición del PCI en el pavimento. Lima, Agosto 2011

## **ANEXOS**

**ANEXO 01.** Fallas en Pavimentos Flexibles

**ANEXO 02.** Levantamiento Visual de Daños en el Pavimento

**ANEXO 03.** Área de las Fallas Superficiales en el Pavimento

**ANEXO 04.** Curvas para el cálculo del Valor Deducido

**ANEXO 05.** Método Estándar de Evaluación del Índice de la Condición Superficial del Pavimento.

**ANEXO 06.** Resultados del Índice de la Condición Superficial del Pavimento.

**ANEXO 07.** Aplicación del SIG en Evaluación de Pavimentos (Mapa Temático)

# **ANEXO 01.**

## **FALLAS EN PAVIMENTOS FLEXIBLES**

Item	DESCRIPCIÓN	DESCRIPCIÓN	NIVELES DE SEVERIDAD	FOTO DE LA FALLA
<b>OTROS</b>				
1	EXUDACION DE ASFALTO	<p>Afloramiento de material bituminoso de la mezcla a la superficie del pavimento.</p> <p>Forma una superficie brillante, reflectante, resbaladiza y pegajosa.</p> <p>Causas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Excesivo contenido de asfalto en la mezcla</li> <li>- Aplicación de material bituminoso en los seños</li> <li>- Bajo contenido de vacíos, con el calor el asfalto llena los vacíos y aflora a la superficie</li> </ul> <p>Disminuye la resistencia al deslizamiento. Inseguridad.</p>	<p>Baja (B), Moderada (M), Alta (A)</p> <p>(B) Se hace visible la coloración de la superficie por efecto de pequeñas migraciones de asfalto, aun atizadas</p> <p>(M) Exceso de asfalto forma una película continua en hueles de Canalización del tránsito.</p> <p>(A) Presencia de una cantidad significativa de asfalto libre.</p> <p>Aspecto húmedo del pavimento (mancha negra).</p>	

Fuente: Manual de identificación, clasificación y tratamientos de fallas en Pavimentos urbanos (Vol VII) – Booz.Allen&Hamilton / Barriga Dall'orto / Wilbur Smith

## FALLAS EN PAVIMENTOS FLEXIBLES

### DESINTEGRACIONES

Item	DESCRIPCIÓN	DESCRIPCIÓN	NIVELES DE SEVERIDAD	FOTO DE LA FALLA
1	<b>PELADURA</b>	<p>Desintegración superficial de la carpeta asfáltica debido a:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Perdida del ligante bituminoso</li> <li>Desprendimiento del agregado</li> </ul> <p>Se aumenta la textura del pavimento y expone a los agregados a la acción del clima y el tránsito.</p> <p>Esta falla indica las siguientes causas probables:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Asfalto defectuoso o endurecido y perdiendo sus propiedades ligantes</li> <li>Agregados defectuosos (sucios o muy absorbentes)</li> <li>Defectos de construcción</li> <li>Efecto de agentes agresivos (solventes, agua, etc.)</li> </ul>	<p>Baja (B), Moderada (M), Alta (A)</p> <p>(B) Pequeñas peladuras distribuidas aleatoriamente en la superficie del pavimento. El agregado fino y/o el ligante ha empezado a desprenderse en secciones. Cuando hay acción de aceites y solventes, pueden observarse residuos de estos, la superficie se mantiene firme y no puede penetrarse con una moneda.</p> <p>(M) Desprendimientos extensivos de agregados pétreos finos y/o ligante. Superficie abierta y rugosa. Bajo la acción de aceites, la superficie se ablanda y puede ser penetrada por una moneda.</p> <p>(A) Desprendimientos extensivos de agregados pétreos gruesos y finos, textura muy rugosa, cavidades de menos de 15 mm de profundidad. Bajo la acción de aceites, el agregado ha quedado suelto por la pérdida de las propiedades ligantes del asfalto.</p>	
2	<b>BACHES DESCUBIERTOS</b>	<p>Descomposición o desintegración total de la mezcla asfáltica y su remoción en una cierta extensión, formando cavidades de bordes netos.</p> <p>Causas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Fundiciones y capas inferiores inestables</li> <li>Espesores insuficientes</li> <li>Defectos constructivos</li> <li>Retención de agua en zonas hundidas y/o fisuradas.</li> <li>Fisuras, pial de coque, etc. No remediadas a tiempo.</li> </ul> <p>Alto impacto sobre el tránsito y la seguridad. Se llega a esta falla por evolución de otras fallas y carencia de mantenimiento</p>	<p>Baja (B), Moderada (M), Alta (A).</p>	
3	<b>DESINTEGRACION DE BORDES</b>	<p>Destrucción progresiva de los bordes del pavimento por acción del tránsito.</p> <p>Común en puentes con bermas no pavimentadas y sin sardinel.</p> <p>Causas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Acción localizada del tránsito</li> <li>Ausencia de confinamiento lateral</li> <li>Deficiente compactación del borde</li> </ul>	<p>Baja (B), Moderada (M), Alta (A)</p> <p>(B) Fisuras paralelas al borde. Pequeñas roturas (&lt; 25 mm) desde el borde del pavimento. No hay pérdida de pedruzcos de pavimento, o se observa muy pocos pedruzcos faltantes.</p> <p>(M) Fisuras paralelas al borde de severidad alta, y/o pedruzcos de cualquier tipo sin llegar a la rotura o desintegración total de los mismos. Roturas entre 25 y 75 mm desde el borde. Los pedruzcos que faltan le dan al borde del pavimento una apariencia de sierra.</p> <p>(A) Considerable desintegración de los bordes (&gt; 75 mm del borde), con pedruzcos considerables removidos por el tránsito. El borde tiene una apariencia aserrante, reduciendo el ancho de la calzada</p>	

Fuente: Manual de identificación, clasificación y tratamientos de fallas en Pavimentos urbanos (Vol VII) – Booz,Allen&Hamilton / Barriga Dall'orto / Wilbur Smith

Item	DESCRIPCIÓN	DESCRIPCIÓN	NIVELES DE SEVERIDAD	FOTO DE LA FALLA
4	<b>FISURAMIENTO EN BLOQUE</b>	<p>Serie de fisuras interconectadas que dividen el pavimento en piezas aproximadamente rectangulares. Los bloques pueden variar en tamaño de unos 30 x 30 cm a 3 x3 metros.</p> <p>Causas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· Contracción del concreto asfáltico</li> <li>· Ciclos diarios de temperatura</li> </ul> <p>Esta falla inusual que el pavimento se ha endurecido u oxidado considerablemente. Se manifiesta en su mayoría en áreas externas del pavimento. Difiere de la piel de cocodrilo en que forma piezas más pequeñas con ángulos agudos y se concentran mayormente y únicamente en las áreas sujetas al tráfico vehicular.</p>	<p>Baja (B), Moderada (M), Alta (A)</p> <p>(B) Fisuras únicas, &lt; 10 mm, espaciadas entre sí pero interconectadas formando un "mapa".</p> <p>(M) Las grietas interconectadas comienzan a desarrollar grietas múltiples, entre 10 y 20 mm.</p> <p>(A) Grietas múltiples interconectadas, &gt; 20 mm.</p>	
5	<b>FISURAMIENTO PIEL DE COCRODILLO</b>	<p>Serie de fisuras interconectadas formando pequeñas polígonos irregulares de ángulos agudos. Dimensión máxima menor de 0.60 m.</p> <p>Causas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· Fatiga de las capas asfálticas sometidas a una repetición de cargas superior a la permisible</li> <li>· Indicación de insuficiencia estructural del pavimento.</li> </ul> <p>Esta falla comienza en la parte inferior de las capas asfálticas. La fisura se propaga a la superficie. No tiene porque ocurrir en pavimentos mixtos.</p>	<p>Baja (B), Moderada (M), Alta (A)</p> <p>(B) Fisuras muy finas, menores de 1.5 mm de ancho, paralelas con escasas interconexión, dando origen a polígonos de clara longitud. Distorsiones &lt; 13 mm.</p> <p>(M) Fisuras finas a moderadas, &lt; 5 mm, interconectadas formando polígonos pequeños y anguladas. Distorsión de 13 a 25 mm.</p> <p>(A) Fisuras constituyen una malla cerrada de pequeños polígonos bien definidos. Algunas de esas piezas pueden estar sometidas a movimientos con el tránsito hasta ser removidas. Distorsiones &gt; 25 mm.</p>	
6	<b>FISURAMIENTO POR REFLEXION DE JUNTAS</b>	<p>Falla de pavimentos mixtos: superficies asfáltica sobre pavimento rígido con juntas. Son grietas transversales y longitudinales producidas por la reflexión de las juntas del pavimento rígido a la superficie de asfalto.</p> <p>Causas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· Movimiento de las losas de concreto, por razones térmicas, deflexión por las cargas, etc.</li> <li>· La acción del tránsito puede resultar en pedruzcos y eventualmente en baches.</li> </ul>	<p>Baja (B), Moderada (M), Alta (A)</p> <p>(B) Existe una de las condiciones siguientes:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· Fisuras sin sellar, ancho promedio &lt; 10mm, sin descascaramiento.</li> <li>· Fisuras selladas, de cualquier ancho, con sellado satisfactorio. No provocan golpeo cuando se circula en vehículo.</li> </ul> <p>(M) Existe una de las condiciones siguientes:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· Fisuras sin sellar, de ancho promedio entre 10 y 20 mm</li> <li>· Fisuras sin sellar, &lt; 10mm, con evidencia de desparafamiento de los bordes y/o con grietas asfálticas leves en sus proximidades y eventuales baches.</li> <li>· Fisuras selladas de cualquier ancho, sellado insatisfactorio.</li> <li>· La fisura provoca golpeo a los vehículos</li> </ul> <p>(A) Existe una de las condiciones siguientes:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· Cualquier fisura, sellada o no, rodeada por un agrietamiento de la superficie moderado o severo y eventuales baches.</li> <li>· Fisuras sin sellar de ancho mayor de 20 mm</li> <li>· Las fisuras provocan golpeo severo a los vehículos</li> </ul>	

Fuente: Manual de identificación, clasificación y tratamientos de fallas en Pavimentos urbanos (Vol VII) – Booz.Allen&Hamilton / Barriga Dall'orto / Wilbur Smith

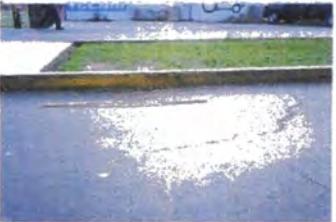
# FALLAS EN PAVIMENTOS FLEXIBLES

## AGRIETAMIENTOS

Item	DESCRIPCIÓN	DESCRIPCIÓN	NIVELES DE SEVERIDAD	FOTO DE LA FALLA
1	FRURAMIENTO LONGITUDINAL	<p>Fractura del pavimento paralelo al eje de la vía.</p> <p>Causas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· Acción del tránsito, fatiga del pavimento</li> <li>· Proceso constructivo deficiente de las juntas longitudinales (pavimento mixto).</li> <li>· Contracción de la mezcla asfáltica por endurecimiento del bitumen o reflexión de fisuras causadas por grietas existentes debajo de la superficie de rodamiento.</li> <li>· Confinamiento lateral deficiente. En ese caso,</li> </ul>	<p>Baja (B), Moderada (M), Alta (A)</p> <p>(B) Cualquiera de las siguientes condiciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· Fisuras sin sellar, ancho &lt; 10 mm, sin ramificaciones</li> <li>· Fisuras selladas de cualquier ancho, selló satisfactorio</li> </ul> <p>(M) Cualquiera de las siguientes condiciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· Fisuras sin sellar, ancho entre 10 y 20 mm</li> <li>· Fisuras sin sellar, &lt; 20 mm, con ramificaciones</li> <li>· Fisuras selladas, de cualquier ancho, con ramificaciones</li> </ul> <p>(A) Cualquiera de las siguientes condiciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· Fisuras sin sellar de ancho &gt; 20 mm</li> <li>· Cualquier fisura con ramificaciones.</li> </ul>	
2	FRURAMIENTO TRANSVERSAL	<p>Fractura del pavimento transversal (o casi) al eje de la vía.</p> <p>Causas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· Insuficiente espesor de pavimento y/o falta de sobre ancho de las capas inferiores en los bordes.</li> <li>· Retracción de la mezcla asfáltica por pérdida de flexibilidad debida a un exceso de filler, envejecimiento del asfalto, etc.</li> <li>· Reflexión de grietas de capas inferiores y apertura de juntas de construcción defectuosas (pavimento mixto).</li> </ul>	<p>Baja (B), Moderada (M), Alta (A)</p> <p>(B) Cualquiera de las siguientes condiciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· Fisuras sin sellar, ancho &lt; 10 mm, sin ramificaciones</li> <li>· Fisuras selladas de cualquier ancho, selló satisfactorio</li> </ul> <p>(M) Cualquiera de las siguientes condiciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· Fisuras sin sellar, ancho entre 10 y 20 mm</li> <li>· Fisuras sin sellar, &lt; 20 mm, con ramificaciones</li> <li>· Fisuras selladas, de cualquier ancho, con ramificaciones</li> </ul> <p>(A) Cualquiera de las siguientes condiciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· Fisuras sin sellar de ancho &gt; 20 mm</li> <li>· Cualquier fisura con ramificaciones</li> </ul>	
3	FRURAMIENTO DE BORDE	<p>Fisuramiento paralelo al borde exterior del pavimento, generalmente dentro de los 300 a 600 mm del borde. La falla se acelera por el tránsito.</p> <p>Causas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· Falta de soporte lateral de la bamba.</li> <li>· Drenaje inadecuado.</li> <li>· Falta de compactación y confinamiento en el borde del pavimento.</li> </ul> <p>El área entre la fisura y el borde del pavimento se considera desmoronada al hay desprendimiento y rotura de piezas completas.</p>	<p>Baja (B), Moderada (M), Alta (A)</p> <p>(B) Menos de 300 mm del borde del pavimento. Una sola fisura o dos fisuras paralelas.</p> <p>(M) Fisuras entre 300 y 600 mm del borde del pavimento. Fisuras múltiples con fisuras interconectadas.</p> <p>(A) Se extienden a más de 600 mm del borde del pavimento</p>	

## FALLAS EN PAVIMENTOS FLEXIBLES

### DEFORMACIONES

Item	DESCRIPCIÓN	DESCRIPCIÓN	NIVELES DE SEVERIDAD	FOTO DE LA FALLA
1	<b>AHUELLAMIENTO</b>	<p>Depresiones continuas longitudinales (&gt; 6 metros) a lo largo de las huellas de los vehículos.</p> <p>Cuando el radio de influencia de la zona ahuehada es pequeño, el origen está en el pavimento, cuando es amplio, el origen está en el suelo y fundación.</p> <p>Causas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· Acción del tránsito.</li> <li>· Insuficiencia estructural del pavimento.</li> <li>· Estabilidad deficiente del pavimento fundación.</li> </ul>	<p>Baja (B), Moderada (M), Alta (A)</p> <p>(B) Profundidad promedio &lt; 13 mm</p> <p>(M) Profundidad promedio entre 13 mm y 25 mm</p> <p>(A) Profundidad promedio &gt; 25 mm</p>	
2	<b>HUNDIMIENTO</b>	<p>Depresión de la superficie del pavimento en un área localizada del mismo.</p> <p>Causas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· Asentamiento de la fundación</li> <li>· Deficiencias en la construcción</li> </ul> <p>Se localizan en bordes (debido al menor confinamiento lateral) o en cualquier otro lugar de la superficie del pavimento.</p>	<p>Baja (B), Moderada (M), Alta (A)</p> <p>(B) Profundidad máxima de 13 mm a 25 mm</p> <p>(M) Profundidad máxima de 26 mm a 50 mm</p> <p>(A) Profundidad máxima mayor a 50 mm</p>	
3	<b>CORRUGACIONES Y DESPLAZAMIENTOS</b>	<p>Distorsiones y ondulaciones de la superficie del pavimento por desplazamientos de la mezcla asfáltica. Levantamientos del material formando cordones. Irregularidades del perfil y serpeanteo de la demarcación son signos típicos de estas fallas.</p> <p>Causas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· Acción del tránsito (zonas de aceleración y frenado son afectadas)</li> <li>· Exceso de asfalto, falta de viecos</li> <li>· Altas temperaturas favorecen el desarrollo de esta falla</li> </ul>	<p>Baja (B), Moderada (M), Alta (A)</p> <p>(B) Causa cierta vibración en el vehículo sin llegar a generar discomfort</p> <p>(M) Causa una vibración significativa en el vehículo. Cierta incomodidad</p> <p>(A) Causa vibración excesiva y continua del vehículo. Riesgo a la seguridad y obliga a una reducción de la velocidad</p>	

*Fuente: Manual de identificación, clasificación y tratamientos de fallas en Pavimentos urbanos (Vol VII) – Booz Allan&Hamilton / Barriga Dall'orto / Wilbur Smith*

## **ANEXO 02.**

# **LEVANTAMIENTO VISUAL DE DAÑOS EN EL PAVIMENTO**

LEVANTAMIENTO VISUAL DE DAÑOS EN EL PAVIMENTO

Carretera / Carretera / Ruta 24  
 Progresiva / Progresiva Inicial Km 34+000  
 Progresiva / Progresiva Final Km 35+000  
 Fecha de Evaluación 30-oct-11

Carretera	Cubierta	Faja	Ubicación Inicio		Ubicación Final		Tipo de Daño	Nivel de Gravedad	Clase de Daño	Área de Falla	% Área de Falla	Fecha	
			Código PR	Distancia	Código PR	Distancia							
024	CD	3	34	0	34	40	3	2		17.5	7.3%	30-oct-11	
							10	2					
							10	2					
							10	2					
							19	2			50		20.8%
							10	2					
							3	2			46.8		19.5%
							10	2					
							3	2			16.24		6.8%
							10	2					
024	CD	3	34	40	34	80	3	2	256	106.7%	30-oct-11		
024	CD	2	34	80	34	120	3	2	24.6	10.3%	30-oct-11		
							10	2					
							10	1					
							10	2					
							10	2					
							10	2					
							3	2	66	27.5%			
024	CD	3	34	120	34	160	11	2	5.44	2.3%	30-oct-11		
							3	2	128	53.3%			
							3	1	32	13.3%			
							13	3	2.3	1.0%			
024	CD	3	34	160	34	200	10	2			30-oct-11		
							10	2					
							3	2	55.68	23.2%			
							3	2	7.2	3.0%			
							10	1					
							10	2					
							3	2	38.44	16.0%			
024	CD	2	34	200	34	240	3	2	128	53.3%	30-oct-11		
							3	1	55.36	23.1%			
024	CD	2	34	240	34	280	3	2	120	50.0%	30-oct-11		
							10	1					
							10	2					
024	CD	3	34	280	34	320	3	1	128	53.3%	30-oct-11		
							19	2	19.8	8.3%			
024	CD	2	34	320	34	360	10	2			30-oct-11		
							3	2	89.65	37.4%			
							3	2	51.77	21.9%			
							10	2					
024	CD	2	34	360	34	400	3	1	120.64	50.3%	30-oct-11		
							10	1					
024	CD	3	34	400	34	440	3	2	87.45	36.4%	30-oct-11		
							10	2					
							10	2					
							3	2	70.2	29.3%			
024	CD	2	34	440	34	480	3	1	50.56	21.1%	30-oct-11		
							19	2	47.04	19.6%			
							10	1					
024	CD	3	34	480	34	520	3	2	58.5	24.4%	30-oct-11		
							19	1	54.4	22.7%			
							3	2	41.6	17.3%			
024	CD	3	34	520	34	560	3	1	82.56	34.4%	30-oct-11		
							10	1					
							10	2					
							10	2					
							3	2	13.6	5.7%			
024	CD	2	34	600	34	640	3	1	208	86.7%	30-oct-11		
							13	3	2.1	0.9%			
024	CD	3	34	640	34	680	3	2	224	93.3%	30-oct-11		
							2	2					
024	CD	3	34	680	34	720	3	2	228	95.0%	30-oct-11		
024	CD	3	34	720	34	760	3	2	42.25	17.6%	30-oct-11		
							10	2					
							10	2					
							3	2	46.81	19.5%			
							3	2	112.4	46.0%			
024	CD	3	34	760	34	800	3	1	224	93.3%	30-oct-11		
024	CD	2	34	800	34	840	3	2	103.5	43.1%	30-oct-11		
							10	1					
							10	2					
							10	2					
							3	2	66.65	27.8%	30-oct-11		
024	CD	2	34	840	34	880	3	2	228	95.0%	30-oct-11		
024	CD	2	34	880	34	920	10	2					
							10	2					
							10	2					
							3	2	52.71	22.0%			
							10	2					
024	CD	3	34	920	34	960	3	2	144	60.0%	30-oct-11		
							19	2	144	60.0%			
024	CD	2	35	960	34	0	3	2	144	60.0%	30-oct-11		
							19	2	222	92.5%			

		3					10	2				
		3					10	2				
		2					10	2				
		2					10	2				
		3					10	1				
		2					3	2				
024	CD	3	33	480	33	520	3	2		37.76	15.7%	
		2					3	2		93.76	39.1%	30-oct-11
		3					3	2		16.96	7.1%	
		3					3	1		24.96	10.4%	
		3					19	3		40	16.7%	
024	CD	3	33	520	33	560	3	2		57.6	24.0%	30-oct-11
		3					10	2				
		2					10	1				
		2					3	2		144	60.0%	
		3					19	1		72	30.0%	
024	CD	2	33	560	33	600	3	3		128	53.3%	30-oct-11
		3					3	2		57.6	24.0%	
		2					10	1				
		3					10	1				
		3					10	1				
		2					10	1				
024	CD	3	33	600	33	640	10	2				30-oct-11
		3					3	2		118.14	49.2%	
		2					10	2				
		2					10	2				
		3					19	1		22.5	9.4%	
024	CD	2	33	640	33	680	3	2		20.48	8.5%	30-oct-11
		3					10	1				
		2					10	1				
		3					10	1				
		3					10	1				
		2					10	1				
		3					10	1				
		3					19	2		40	16.7%	
024	CD	2	33	680	33	720	3	2		128	53.3%	30-oct-11
		2					10	2				
		3					10	2				
		2					10	1				
		3					10	2				
		2					10	2				
		3					13	1	1			
024	CD	3	33	720	33	760	3	2		128	53.3%	30-oct-11
		2					10	2				
		3					10	2				
		3					10	2				
		2					10	2				
		2					10	1				
		3					10	1				
024	CD	2	33	760	33	800	3	2		132	55.0%	30-oct-11
		3					10	2				
		2					10	2				
		3					10	2				
		3					10	2				
		3					10	2				
		3					10	2				
024	CD	2	33	800	33	840	10	2				30-oct-11
		2					10	2				
		3					10	2				
		2					10	1				
		3					10	1				
		2					10	1				
		3					10	1				
		3					10	1				
		3					10	1				
		2					10	1				
		2					3	2		13	5.4%	
		3					3	2		128	53.3%	
		2					10	1				
		3					10	1				
		3					10	1				
		2					10	1				
024	CD	2	33	840	33	880	3	2		220	91.7%	30-oct-11
024	CD	3	33	880	33	920	3	1		224	93.3%	30-oct-11
024	CD	2	33	920	33	960	10	2				30-oct-11
		3					3	2		128	53.3%	
		2					3	2		60	25.0%	
024	CD	3	33	960	34	0	3	1		224	93.3%	30-oct-11

LEVANTAMIENTO VISUAL DE DAÑOS EN EL PAVIMENTO

Carretera / Carretera / Ruta 24  
 Progresiva / Progresiva Inicial Km 33+000  
 Progresiva / Progresiva Final Km 34+000  
 Fecha de Ev / Fecha de Evaluación 30-oct-11

Carretera	Cebado	Faja	Ubicación Inicio		Ubicación Final		Tipo de Daño	Nivel de Gravedad	Clase de Dirección	Área de Falla	% Área de Falla	Fecha
			Cálculo PR	Distancia	Cálculo PR	Distancia						
024	CD	2	33	0	33	40	19	3		175	77.9%	30-oct-11
024	CD	3	33	40	33	80	19	3		180	75.0%	30-oct-11
		2					19	2		60	25.0%	
		2					7	3				
024	CD	2	33	80	33	120	19	3		188	78.3%	30-oct-11
		3					10	1				
		3					10	1				
024	CD	2	33	120	33	160	19	3		54	22.5%	30-oct-11
		2					10	2				
		3					10	2				
		2					3	2		5.61	2.3%	
		3					10	2				
		2					10	2				
024	CD	3	33	160	33	200	10	2				30-oct-11
		2					10	1				
		2					3	2		47.35	19.7%	
		3					11	1		26.24	10.9%	
		3					10	1				
		2					13	2	1	3.6	1.5%	
024	CD	3	33	200	33	240	10	2				30-oct-11
		3					10	2				
		2					3	2		87	36.3%	
		3					10	2				
		3					10	2				
		2					3	2		13.65	5.7%	
024	CD	2	33	240	33	280	10	1				30-oct-11
		3					10	1				
		2					3	2		91.84	38.3%	
		2					3	2		59.84	24.9%	
024	CD	2	33	280	33	320	10	2				30-oct-11
		3					10	2				
		2					10	2				
		3					3	1		12.74	5.3%	
		3					3	2		31.2	13.0%	
		2					10	2				
		2					10	2				
		3					10	1				
		3					3	2		8.96	3.7%	
		2					10	2				
		3					19	2		11.55	4.8%	
		3					10	2				
		2					10	2				
		3					10	1				
024	CD	2	33	320	33	360	19	3		232	96.7%	30-oct-11
		3					10	2				
		3					3	2		38.4	16.0%	
024	CD	2	33	360	33	400	10	2				30-oct-11
		2					19	2		160	66.7%	
		2					10	2				
		2					3	2		19.2	8.0%	
		3					10	2				
		3					10	2				
024	CD	3	33	400	33	440	19	3		80	33.3%	30-oct-11
		3					10	2				
		3					3	2		116.16	48.4%	
		2					10	2				
		2					10	2				
		3					10	2				
		2					10	2				
024	CD	2	33	440	33	480	10	2				30-oct-11
		3					10	2				

## **ANEXO 03.**

# **AREA DE LAS FALLAS SUPERFICIALES EN EL PAVIMENTO**

Carretera Cañete - Lunahuaná

### AREAS DE DAÑOS EN EL PAVIMENTO PARCHES

Carretera / Ruta 24  
Progresiva Inicial Km 33+000  
Progresiva Final Km 35+000  
Fecha de Evaluación 30-oct-11

Ubicación Inicio		Ubicación Final		AREA DE DAÑO (m2)	% AREA DE DAÑO
Código	Distancia	Código	Distancia		
33	160	33	200	26.24	10.9%
34	120	34	160	5.44	2.3%

### AREAS DE DAÑOS EN EL PAVIMENTO HUECOS

Carretera / Ruta 24  
Progresiva Inicial Km 33+000  
Progresiva Final Km 35+000  
Fecha de Evaluación 30-oct-11

Ubicación Inicio		Ubicación Final		AREA DE DAÑO (m2)	% AREA DE DAÑO
Código	Distancia	Código	Distancia		
33	160	33	200	3.6	1.5%
33	680	33	720	3.6	1.5%
34	120	34	160	2.3	1.0%
34	600	34	640	2.1	0.9%

### AREAS DE DAÑOS EN EL PAVIMENTO DESPRENDIMIENTO DE AGREGADOS

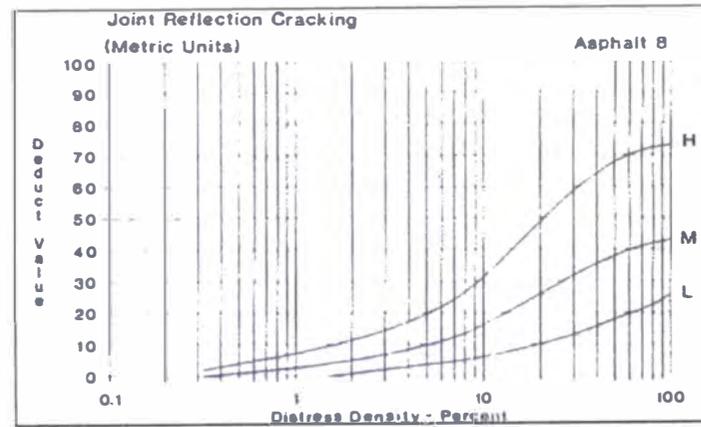
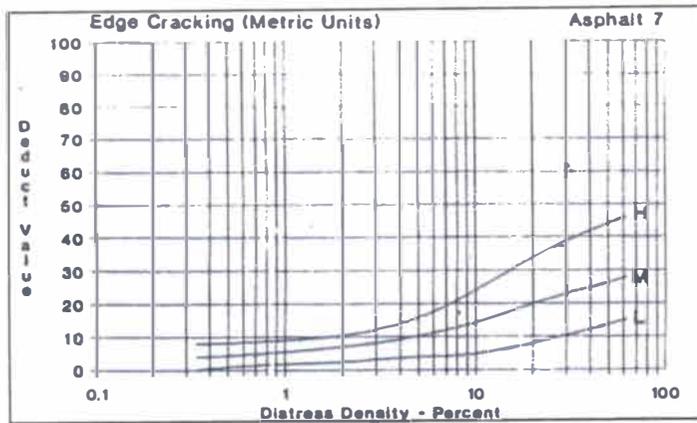
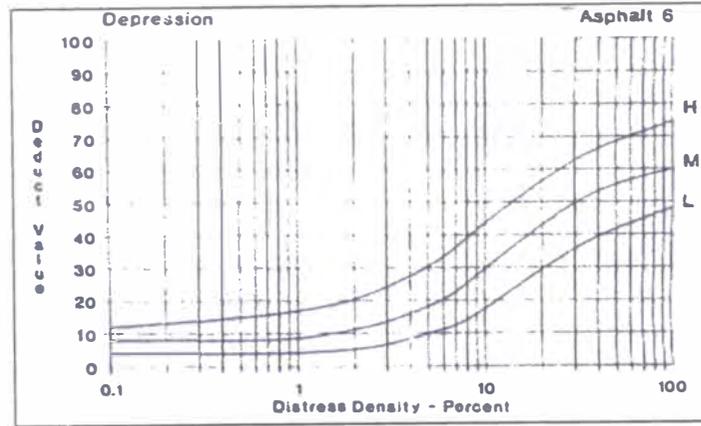
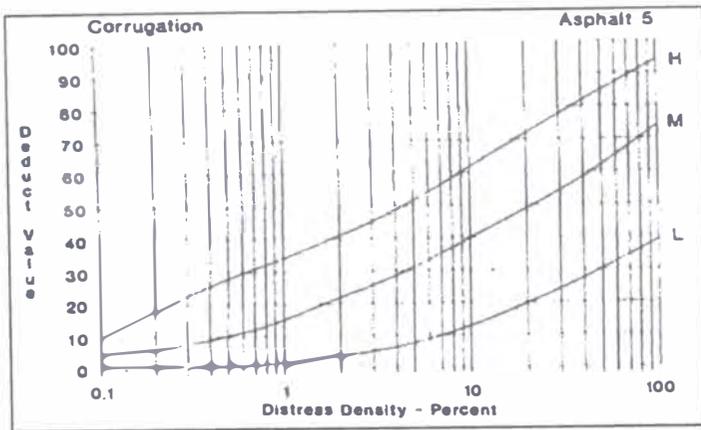
Carretera / Ruta 24  
Progresiva Inicial Km 33+000  
Progresiva Final Km 35+000  
Fecha de Evaluación 30-oct-11

Ubicación Inicio		Ubicación Final		AREA DE DAÑO (m2)	% AREA DE DAÑO
Código	Distancia	Código	Distancia		
33	0	33	40	175	72.9%
33	40	33	80	240	100.0%
33	80	33	120	188	78.3%
33	120	33	160	54	22.5%
33	280	33	320	11.55	4.8%
33	320	33	360	232	96.7%
33	360	33	400	160	66.7%
33	400	33	440	80	33.3%
33	480	33	520	40	16.7%
33	520	33	560	72	30.0%
33	600	33	640	22.5	9.4%
33	640	33	680	40	16.7%
34	0	34	40	50	20.8%
34	280	34	320	19.8	8.3%
34	440	34	480	47.04	19.6%
34	480	34	520	54.4	22.7%
34	920	34	960	144	60.0%
34	960	35	0	222	92.5%

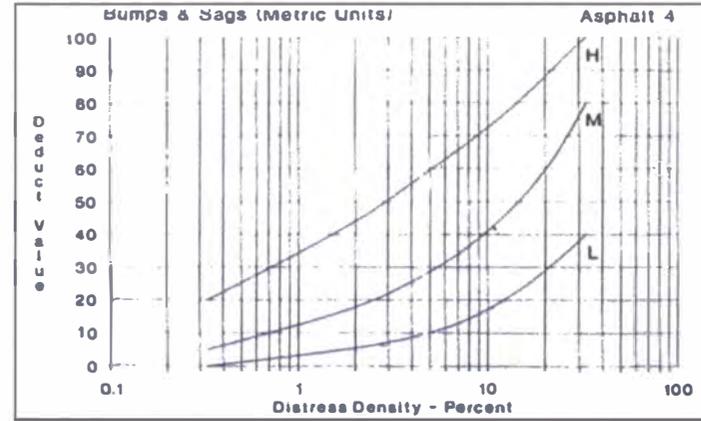
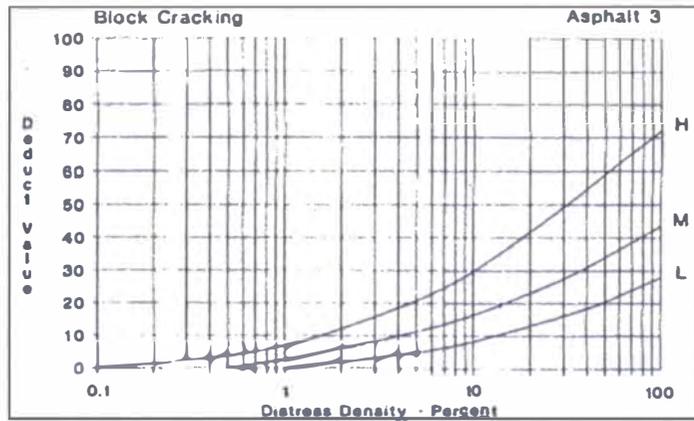
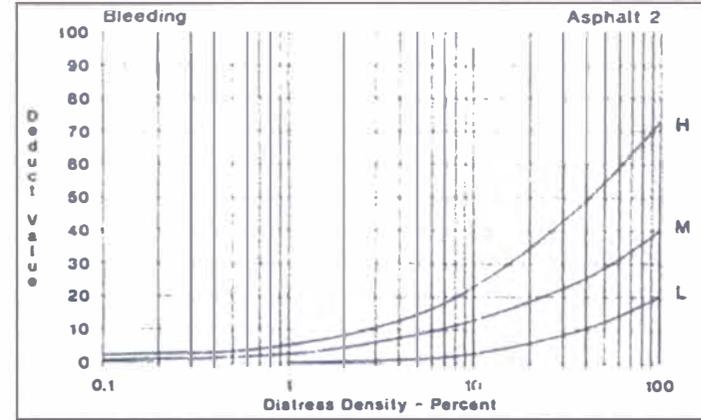
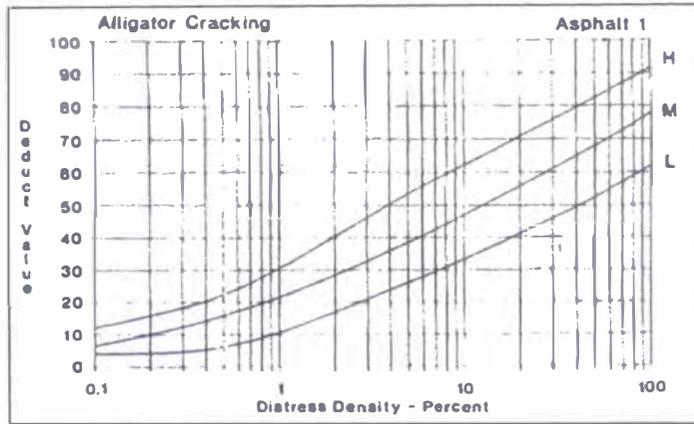


## **ANEXO 04.**

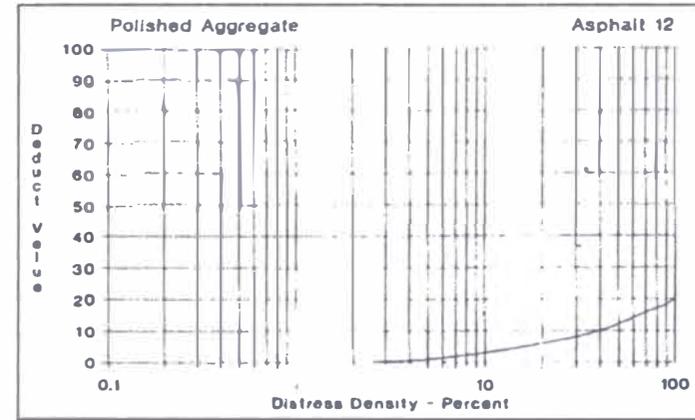
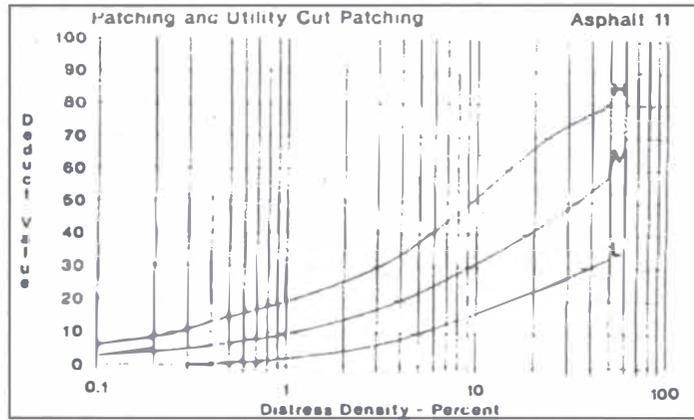
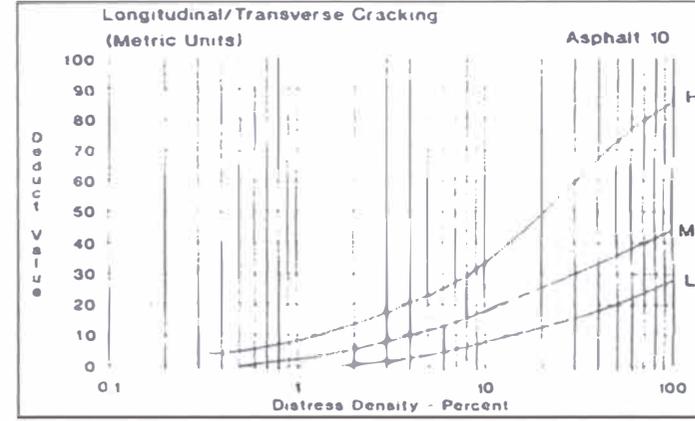
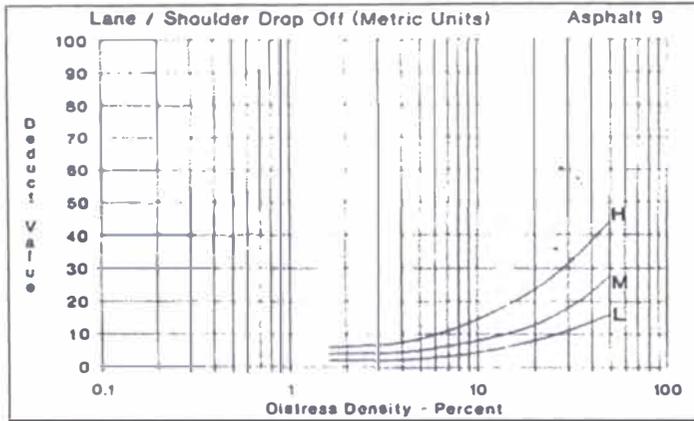
# **CURVAS PARA EL CÁLCULO DEL VALOR DEDUCIDO**



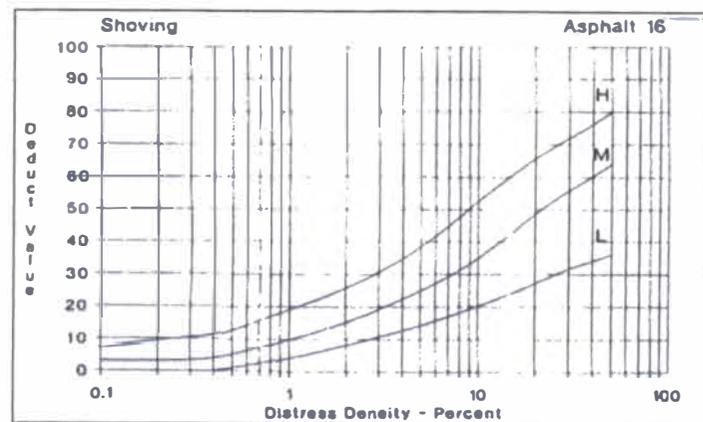
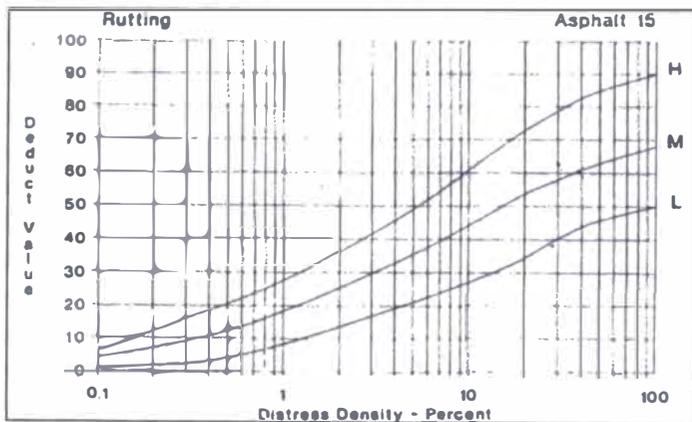
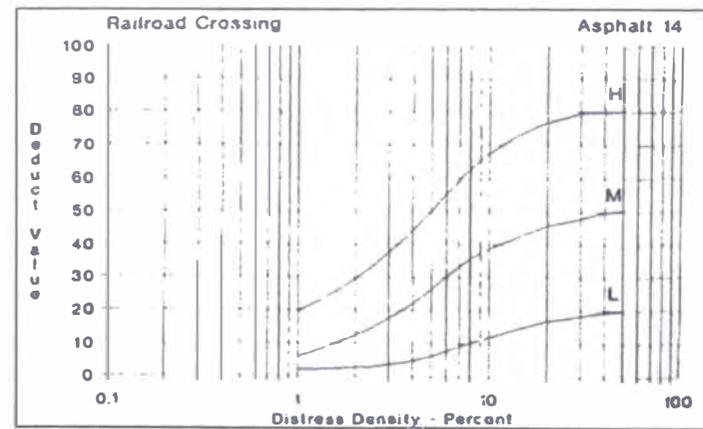
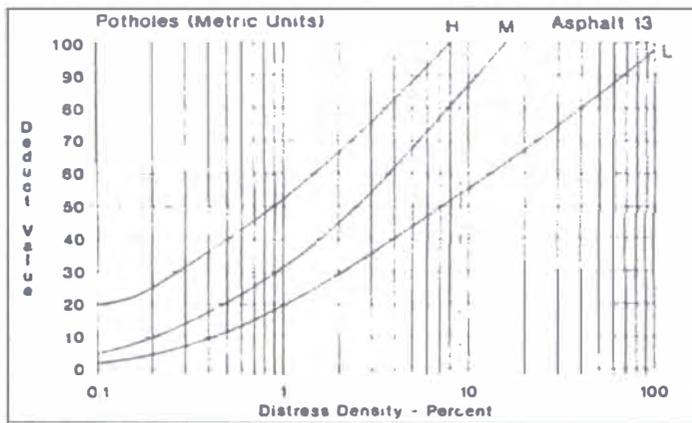
Fuente: Ing. Esp. Luis Ricardo Vásquez Varela - Pavement Condition Index (PCI) para Pavimentos Asfálticos y de Concreto en Carreteras, Manizales, febrero 2002.



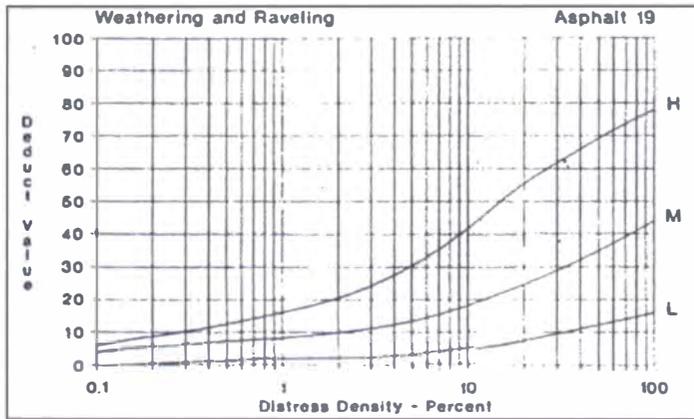
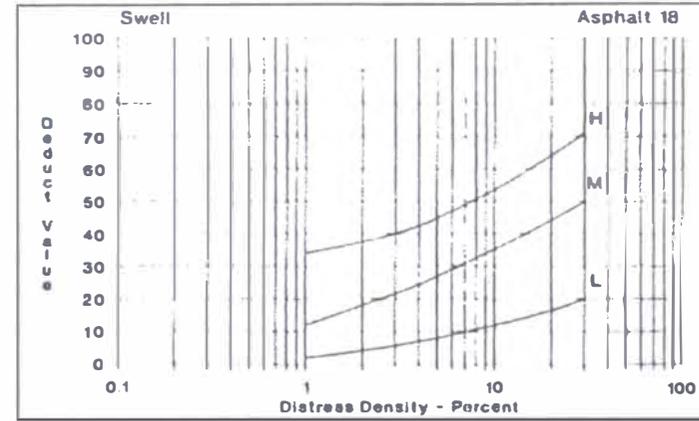
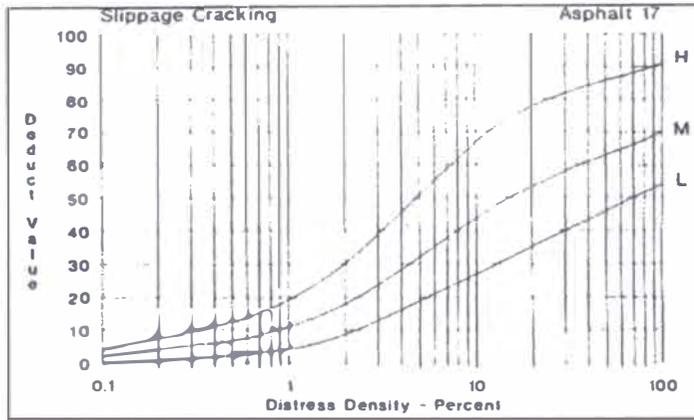
Fuente: Ing. Esp. Luis Ricardo Vásquez Varela - Pavement Condition Index (PCI) para Pavimentos Asfálticos y de Concreto en Carreteras, Manizales, febrero 2002.



Fuente: Ing. Esp. Luis Ricardo Vásquez Varela - Pavement Condition Index (PCI) para Pavimentos Asfálticos y de Concreto en Carreteras, Manizales, febrero 2002.

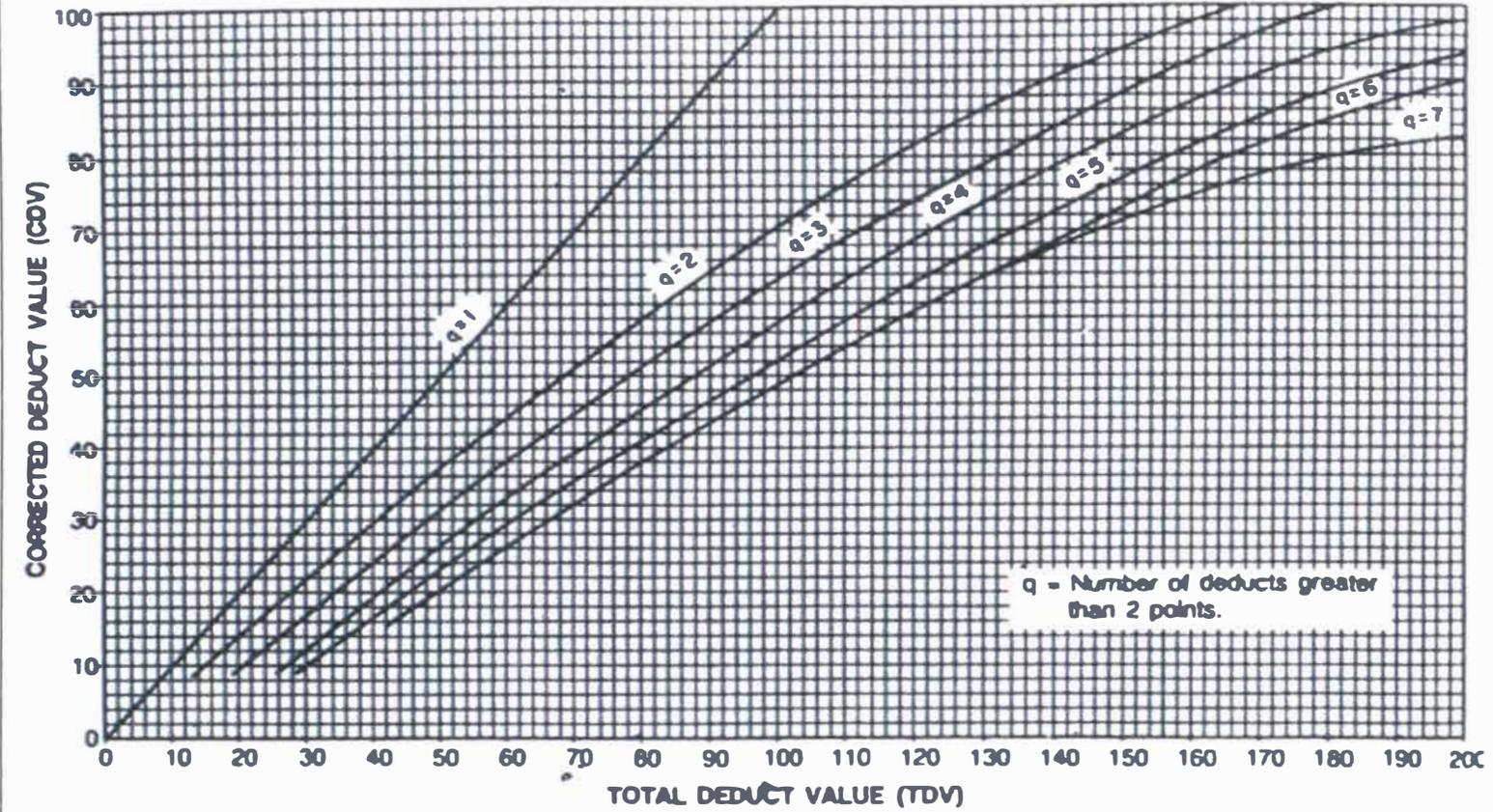


Fuente: Ing. Esp. Luis Ricardo Vásquez Varela - Pavement Condition Index (PCI) para Pavimentos Asfálticos y de Concreto en Carreteras, Manizales, febrero 2002.



Fuente: Ing. Esp. Luis Ricardo Vásquez Varela - Pavement Condition Index (PCI) para Pavimentos Asfálticos y de Concreto en Carreteras, Manizales, febrero 2002.

**ROADS AND PARKING LOTS: ASPHALT**



q = Number of deducts greater than 2 points.

Fuente: Ing. Esp. Luis Ricardo Vásquez Varela - Pavement Condition Index (PCI) para Pavimentos Asfálticos y de Concreto en Carreteras, Manizales, febrero 2002.

## **ANEXO 05.**

# **MÉTODO ESTÁNDAR DE EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO.**





DEL	AL	TIPOS DE FALLAS EXISTENTES			
		3	19		
Estado	Estado	1L	1H		
Longitud (m)	40	2M			
Ancho (m)	Area (m2)				
6.00	240				
Total	Baja (L)	1			
	Media (M)	2			
	Alta (H)		1		

Tipo de Falla	Densidad	Severidad	Valor de Deducción
3	0.42	L	0.0
3	0.83	M	2.0
19	0.42	H	11.0
Valor total de deducción			13.0
Valor de deducción corregido			13.0
PCI = 100 - VDC			87.0
Condición del Pavimento			

DEL	AL	TIPOS DE FALLAS EXISTENTES			
		3	19	11	1L
Estado	Estado	2M	1L	1L	
Longitud (m)	40		1M		
Ancho (m)	Area (m2)				
6.00	240				
Total	Baja (L)		1	1	
	Media (M)	2	1		
	Alta (H)				

Tipo de Falla	Densidad	Severidad	Valor de Deducción
3	0.83	M	2.0
19	0.42	L	0.0
10	0.42	M	0.0
19	0.42	L	0.1
Valor total de deducción			2.1
Valor de deducción corregido			2.1
PCI = 100 - VDC			97.9
Condición del Pavimento			

DEL	AL	TIPOS DE FALLAS EXISTENTES			
		3	10		
Estado	Estado	1M	1L		
Longitud (m)	40	1H	1L		
Ancho (m)	Area (m2)				
6.00	240				
Total	Baja (L)		1		
	Media (M)	1			
	Alta (H)	1			

Tipo de Falla	Densidad	Severidad	Valor de Deducción
3	0.42	M	0.0
3	0.42	H	2.5
10	2.08	L	0.5
Valor total de deducción			3.0
Valor de deducción corregido			3.0
PCI = 100 - VDC			97.0
Condición del Pavimento			

DEL	AL	TIPOS DE FALLAS EXISTENTES			
		3	19	11	1L
Estado	Estado	1M	3M	1L	
Longitud (m)	40				
Ancho (m)	Area (m2)				
6.00	240				
Total	Baja (L)			1	
	Media (M)	1	3		
	Alta (H)				

Tipo de Falla	Densidad	Severidad	Valor de Deducción
3	0.42	M	0.0
10	1.25	M	2.0
19	0.42	L	0.1
Valor total de deducción			2.1
Valor de deducción corregido			2.1
PCI = 100 - VDC			97.9
Condición del Pavimento			

DEL	AL	TIPOS DE FALLAS EXISTENTES			
		3	19	11	1L
Estado	Estado	1M	6L	1H	
Longitud (m)	40				
Ancho (m)	Area (m2)				
6.00	240				
Total	Baja (L)		6		
	Media (M)	1			
	Alta (H)			1	

Tipo de Falla	Densidad	Severidad	Valor de Deducción
3	0.42	M	0.0
10	2.50	L	0.7
19	0.42	H	11.0
Valor total de deducción			11.7
Valor de deducción corregido			11.7
PCI = 100 - VDC			88.3
Condición del Pavimento			

DEL	AL	TIPOS DE FALLAS EXISTENTES			
		3	10	11	1L
Estado	Estado	1M	1L	1L	
Longitud (m)	40		4M		
Ancho (m)	Area (m2)				
6.00	240				
Total	Baja (L)		1	1	
	Media (M)	1	4		
	Alta (H)				

Tipo de Falla	Densidad	Severidad	Valor de Deducción
3	0.42	M	0.0
10	0.42	L	0.0
10	1.67	M	3.0
13	0.42	L	10.0
Valor total de deducción			13.0
Valor de deducción corregido			12.0
PCI = 100 - VDC			88.0
Condición del Pavimento			

DEL Inicia	AL Termina	TIPOS DE FALLAS EXISTENTES			
		3	10		
Longitud (m)	40	1M	2L		
Ancho (m)	Area (m <sup>2</sup> )		4M		
6.00	240				
Total	Baja (L) Medio (M) Alta (H)	1	2		

Tipo de Falla	Densidad	Severidad	Valor de Deducción
3	0.42	M	0.0
10	0.83	L	0.0
10	1.67	M	3.0
Valor total de deducción			3.0
Valor de deducción corregido			3.0
PI = 100 - VDC			97.0
Condición del Pavimento			

DEL Inicia	AL Termina	TIPOS DE FALLAS EXISTENTES			
		3	10		
Longitud (m)	40	1M	6M		
Ancho (m)	Area (m <sup>2</sup> )				
6.00	240				
Total	Baja (L) Medio (M) Alta (H)	1	6		

Tipo de Falla	Densidad	Severidad	Valor de Deducción
3	0.42	M	0.0
10	2.50	M	7.0
Valor total de deducción			7.0
Valor de deducción corregido			7.0
PI = 100 - VDC			93.0
Condición del Pavimento			

DEL Inicia	AL Termina	TIPOS DE FALLAS EXISTENTES			
		3	10		
Longitud (m)	40	1M	3L		
Ancho (m)	Area (m <sup>2</sup> )		3M		
6.00	240				
Total	Baja (L) Medio (M) Alta (H)	1	3		

Tipo de Falla	Densidad	Severidad	Valor de Deducción
3	0.42	M	0.0
10	3.75	L	2.5
10	1.25	M	2.0
Valor total de deducción			4.5
Valor de deducción corregido			4.5
PI = 100 - VDC			95.5
Condición del Pavimento			

DEL Inicia	AL Termina	TIPOS DE FALLAS EXISTENTES			
		3	10		
Longitud (m)	40	1M			
Ancho (m)	Area (m <sup>2</sup> )				
6.00	240				
Total	Baja (L) Medio (M) Alta (H)	1			

Tipo de Falla	Densidad	Severidad	Valor de Deducción
3	0.42	M	0.0
Valor total de deducción			0.0
Valor de deducción corregido			0.0
PI = 100 - VDC			100.0
Condición del Pavimento			

DEL Inicia	AL Termina	TIPOS DE FALLAS EXISTENTES			
		3	10		
Longitud (m)	40	1L			
Ancho (m)	Area (m <sup>2</sup> )				
6.00	240				
Total	Baja (L) Medio (M) Alta (H)	1			

Tipo de Falla	Densidad	Severidad	Valor de Deducción
3	0.42	L	0.0
Valor total de deducción			0.0
Valor de deducción corregido			0.0
PI = 100 - VDC			100.0
Condición del Pavimento			

DEL Inicia	AL Termina	TIPOS DE FALLAS EXISTENTES			
		3	10		
Longitud (m)	40	2M	1M		
Ancho (m)	Area (m <sup>2</sup> )				
6.00	240				
Total	Baja (L) Medio (M) Alta (H)	2	1		

Tipo de Falla	Densidad	Severidad	Valor de Deducción
3	0.83	M	2.0
10	0.42	M	0.0
Valor total de deducción			2.0
Valor de deducción corregido			2.0
PI = 100 - VDC			98.0
Condición del Pavimento			

DEL Inicia	AL Termina	TIPOS DE FALLAS EXISTENTES			
		3	10		
Longitud (m)	40	1L			
Ancho (m)	Area (m <sup>2</sup> )				
6.00	240				
Total	Baja (L) Medio (M) Alta (H)	1			

Tipo de Falla	Densidad	Severidad	Valor de Deducción
3	0.42	L	0.0
Valor total de deducción			0.0
Valor de deducción corregido			0.0
PI = 100 - VDC			100.0
Condición del Pavimento			

**METODO ESTANDAR DE EVALUACION DEL INDICE DE LA CONDICION SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO**

Progresiva Inicial Km 34+000  
Progresiva Final Km 35+000

DEL (m)	AL (m)	TIPOS DE FALLAS EXISTENTES		
		3	10	19
Longitud (m)	40	3M	7M	1M
Ancho (m)	Area (m2)			
S.OO	240			
Total	Baja (L) Media (M) Alta (H)	3	7	1

Tipo de Falla	Densidad	Severidad	Valor de Deducción
3	1.25	M	4.0
10	2.92	M	9.0
19	0.42	M	7.0
Valor total de deducción			20.0
Valor de deducción corregido			13.0
PCI = 100 - VDC			87.0
Condición del Pavimento			

DEL (m)	AL (m)	TIPOS DE FALLAS EXISTENTES		
		1 <th></th> <th></th>		
Longitud (m)	40	1M		
Ancho (m)	Area (m2)			
S.OO	240			
Total	Baja (L) Media (M) Alta (H)	1		

Tipo de Falla	Densidad	Severidad	Valor de Deducción
3	0.42	M	0.0
Valor total de deducción			0.0
Valor de deducción corregido			0.0
PCI = 100 - VDC			100.0
Condición del Pavimento			

DEL (m)	AL (m)	TIPOS DE FALLAS EXISTENTES		
		2M	1L	3M
Longitud (m)	40			
Ancho (m)	Area (m2)			
S.OO	240			
Total	Baja (L) Media (M) Alta (H)	2	1	3

Tipo de Falla	Densidad	Severidad	Valor de Deducción
3	0.83	M	2.0
10	0.42	L	0.0
10	1.25	M	2.0
Valor total de deducción			4.0
Valor de deducción corregido			4.0
PCI = 100 - VDC			96.0
Condición del Pavimento			

DEL (m)	AL (m)	TIPOS DE FALLAS EXISTENTES		
		1L	1M	1M
Longitud (m)	40			
Ancho (m)	Area (m2)			
S.OO	240			
Total	Baja (L) Media (M) Alta (H)	1	1	1

Tipo de Falla	Densidad	Severidad	Valor de Deducción
3	0.42	L	0.0
3	0.42	M	0.0
11	0.42	M	7.0
13	0.42	M	18.0
Valor total de deducción			25.0
Valor de deducción corregido			20.0
PCI = 100 - VDC			80.0
Condición del Pavimento			

DEL (m)	AL (m)	TIPOS DE FALLAS EXISTENTES		
		3M	1L	
Longitud (m)	40			
Ancho (m)	Area (m2)			
S.OO	240			
Total	Baja (L) Media (M) Alta (H)	3	1	

Tipo de Falla	Densidad	Severidad	Valor de Deducción
3	1.25	M	4.0
10	0.42	L	0.0
10	1.25	M	2.0
Valor total de deducción			6.0
Valor de deducción corregido			6.0
PCI = 100 - VDC			94.0
Condición del Pavimento			

DEL (m)	AL (m)	TIPOS DE FALLAS EXISTENTES		
		2		
Longitud (m)	40	1L		
Ancho (m)	Area (m2)			
S.OO	240			
Total	Baja (L) Media (M) Alta (H)	1		

Tipo de Falla	Densidad	Severidad	Valor de Deducción
3	0.42	L	0.0
3	0.42	M	0.0
Valor total de deducción			0.0
Valor de deducción corregido			0.0
PCI = 100 - VDC			100.0
Condición del Pavimento			

DEL (m)	AL (m)	TIPOS DE FALLAS EXISTENTES		
		1M	1L	
Longitud (m)	40			
Ancho (m)	Area (m2)			
S.OO	240			
Total	Baja (L) Media (M) Alta (H)	1	1	

Tipo de Falla	Densidad	Severidad	Valor de Deducción
3	0.42	L	0.0
10	0.42	L	0.0
10	0.42	M	0.0
Valor total de deducción			0.0
Valor de deducción corregido			0.0
PCI = 100 - VDC			100.0
Condición del Pavimento			



DEL	AL	TIPOS DE FALLAS EXISTENTES			
0.300	0.400	3	30		
Longitud (m)	40	2M	6M		
Ancho (m)	Area (m2)				
6.00	240				
Total	Baja (L) Media (M) Alta (H)	2	4		

Tipo de Falla	Densidad	Severidad	Valor de Deducción
3	0.83	M	2.0
10	1.67	M	3.0
Valor total de deducción			5.0
Valor de deducción corregido			5.0
PCI = 100 - VDC			95.0
Condición del Pavimento			

DEL	AL	TIPOS DE FALLAS EXISTENTES			
0.300	0.400	3	13		
Longitud (m)	40	1L	1H		
Ancho (m)	Area (m2)				
6.00	240				
Total	Baja (L) Media (M) Alta (H)	3			

Tipo de Falla	Densidad	Severidad	Valor de Deducción
3	0.82	L	0.0
13	0.62	H	37.0
Valor total de deducción			37.0
Valor de deducción corregido			37.0
PCI = 100 - VDC			63.0
Condición del Pavimento			

DEL	AL	TIPOS DE FALLAS EXISTENTES			
0.400	0.400	3	7		
Longitud (m)	40	1M	1M		
Ancho (m)	Area (m2)				
6.00	240				
Total	Baja (L) Media (M) Alta (H)	3	1		

Tipo de Falla	Densidad	Severidad	Valor de Deducción
3	0.42	M	0.0
7	0.42	M	4.0
Valor total de deducción			4.0
Valor de deducción corregido			4.0
PCI = 100 - VDC			96.0
Condición del Pavimento			

DEL	AL	TIPOS DE FALLAS EXISTENTES			
0.400	0.700	3			
Longitud (m)	40	1M			
Ancho (m)	Area (m2)				
6.00	240				
Total	Baja (L) Media (M) Alta (H)	3			

Tipo de Falla	Densidad	Severidad	Valor de Deducción
3	0.42	M	0.0
Valor total de deducción			0.0
Valor de deducción corregido			0.0
PCI = 100 - VDC			100.0
Condición del Pavimento			

DEL	AL	TIPOS DE FALLAS EXISTENTES			
0.700	0.700	3	30		
Longitud (m)	40	3M	2M		
Ancho (m)	Area (m2)				
6.00	240				
Total	Baja (L) Media (M) Alta (H)	3	3		

Tipo de Falla	Densidad	Severidad	Valor de Deducción
3	1.25	M	4.0
10	0.83	M	2.0
Valor total de deducción			6.0
Valor de deducción corregido			6.0
PCI = 100 - VDC			94.0
Condición del Pavimento			

DEL	AL	TIPOS DE FALLAS EXISTENTES			
0.400	0.400	3			
Longitud (m)	40	1M			
Ancho (m)	Area (m2)				
6.00	240				
Total	Baja (L) Media (M) Alta (H)	3			

Tipo de Falla	Densidad	Severidad	Valor de Deducción
3	0.42	M	0.0
Valor total de deducción			0.0
Valor de deducción corregido			0.0
PCI = 100 - VDC			100.0
Condición del Pavimento			

DEL	AL	TIPOS DE FALLAS EXISTENTES			
0.400	0.400	3	18		
Longitud (m)	40	2M	3M		
Ancho (m)	Area (m2)				
6.00	240				
Total	Baja (L) Media (M) Alta (H)	2	3		

Tipo de Falla	Densidad	Severidad	Valor de Deducción
3	0.83	M	2.0
10	1.25	M	2.0
Valor total de deducción			4.0
Valor de deducción corregido			4.0
PCI = 100 - VDC			96.0
Condición del Pavimento			

DEL	AL	TIPOS DE FALLAS EXISTENTES			
		3	1M	5M	19
Origen	1-1000				
Longitud (m)	40	1M			
Ancho (m)	Arca (m2)				
6.00	240				
Total	Baja (L) Media (M) Alta (H)	1			

Tipo de Falla	Densidad	Severidad	Valor de Deducción
3	0.42	M	0.0
Valor total de deducción			0.0
Valor de deducción corregido			0.0
PCI = 100 - VDC			100.0
Condición del Pavimento			

DEL	AL	TIPOS DE FALLAS EXISTENTES			
		3	1M	5M	19
Origen	1-1000				
Longitud (m)	40	1M	5M		
Ancho (m)	Arca (m2)				
6.00	240				
Total	Baja (L) Media (M) Alta (H)	2	4		

Tipo de Falla	Densidad	Severidad	Valor de Deducción
3	0.83	M	2.0
19	1.87	M	3.0
Valor total de deducción			5.0
Valor de deducción corregido			5.0
PCI = 100 - VDC			95.0
Condición del Pavimento			

DEL	AL	TIPOS DE FALLAS EXISTENTES			
		3	1M	5M	19
Origen	1-1000				
Longitud (m)	40	1M	1M		
Ancho (m)	Arca (m2)				
6.00	240				
Total	Baja (L) Media (M) Alta (H)	1	1		

Tipo de Falla	Densidad	Severidad	Valor de Deducción
3	0.42	M	0.0
19	0.42	M	7.0
Valor total de deducción			7.0
Valor de deducción corregido			7.0
PCI = 100 - VDC			93.0
Condición del Pavimento			

DEL	AL	TIPOS DE FALLAS EXISTENTES			
		3	1M	5M	19
Origen	1-1000				
Longitud (m)	40	1M	1M		
Ancho (m)	Arca (m2)				
6.00	240				
Total	Baja (L) Media (M) Alta (H)	1	1		

Tipo de Falla	Densidad	Severidad	Valor de Deducción
3	0.42	M	0.0
19	0.42	M	7.0
Valor total de deducción			7.0
Valor de deducción corregido			7.0
PCI = 100 - VDC			93.0
Condición del Pavimento			

## **ANEXO 06.**

# **RESULTADOS DEL ÍNDICE DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO.**

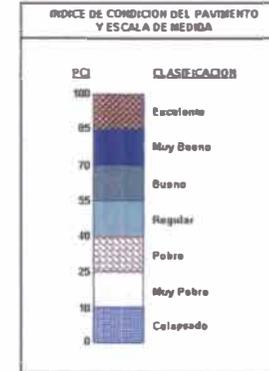
Carretera Cafete - Lunahuaná

**METODO ESTANDAR DE EVALUACION DEL INDICE DE LA CONDICION SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO**

Progresiva Inicial Km 34+000

Progresiva Final Km 35+000

Nº	AREA (m²)	Unidad de Muestreo	Progresiva		VCD	PCI	Clasificación
			Inicial	Final			
1	240	001	0+000	0+040	13.0	87.0	EXCELENTE
2	240	002	0+040	0+080	0.0	100.0	EXCELENTE
3	240	003	0+080	0+120	4.0	96.0	EXCELENTE
4	240	004	0+120	0+160	20.0	80.0	MUY BUENO
5	240	005	0+160	0+200	6.0	94.0	EXCELENTE
6	240	006	0+200	0+240	0.0	100.0	EXCELENTE
7	240	007	0+240	0+280	0.0	100.0	EXCELENTE
8	240	008	0+280	0+320	7.0	93.0	EXCELENTE
9	240	009	0+320	0+360	4.0	96.0	EXCELENTE
10	240	010	0+360	0+400	0.0	100.0	EXCELENTE
11	240	011	0+400	0+440	4.0	96.0	EXCELENTE
12	240	012	0+440	0+480	7.0	93.0	EXCELENTE
13	240	013	0+480	0+520	2.1	97.9	EXCELENTE
14	240	014	0+520	0+560	0.0	100.0	EXCELENTE
15	240	015	0+560	0+600	5.0	95.0	EXCELENTE
16	240	016	0+600	0+640	37.0	63.0	BUENO
17	240	017	0+640	0+680	4.0	96.0	EXCELENTE
18	240	018	0+680	0+720	0.0	100.0	EXCELENTE
19	240	019	0+720	0+760	6.0	94.0	EXCELENTE
20	240	020	0+760	0+800	0.0	100.0	EXCELENTE
21	240	021	0+800	0+840	4.0	96.0	EXCELENTE
22	240	022	0+840	0+880	0.0	100.0	EXCELENTE
23	240	023	0+880	0+920	5.0	95.0	EXCELENTE
24	240	024	0+920	0+960	7.0	93.0	EXCELENTE
25	240	025	0+960	1+000	7.0	93.0	EXCELENTE
<b>PROMEDIO</b>						<b>94.3</b>	<b>EXCELENTE</b>



Carretera Cafete - Lunahuaná

**METODO ESTANDAR DE EVALUACION DEL INDICE DE LA CONDICION SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO**

Progresiva Inicial

Km 33+000

Progresiva Final

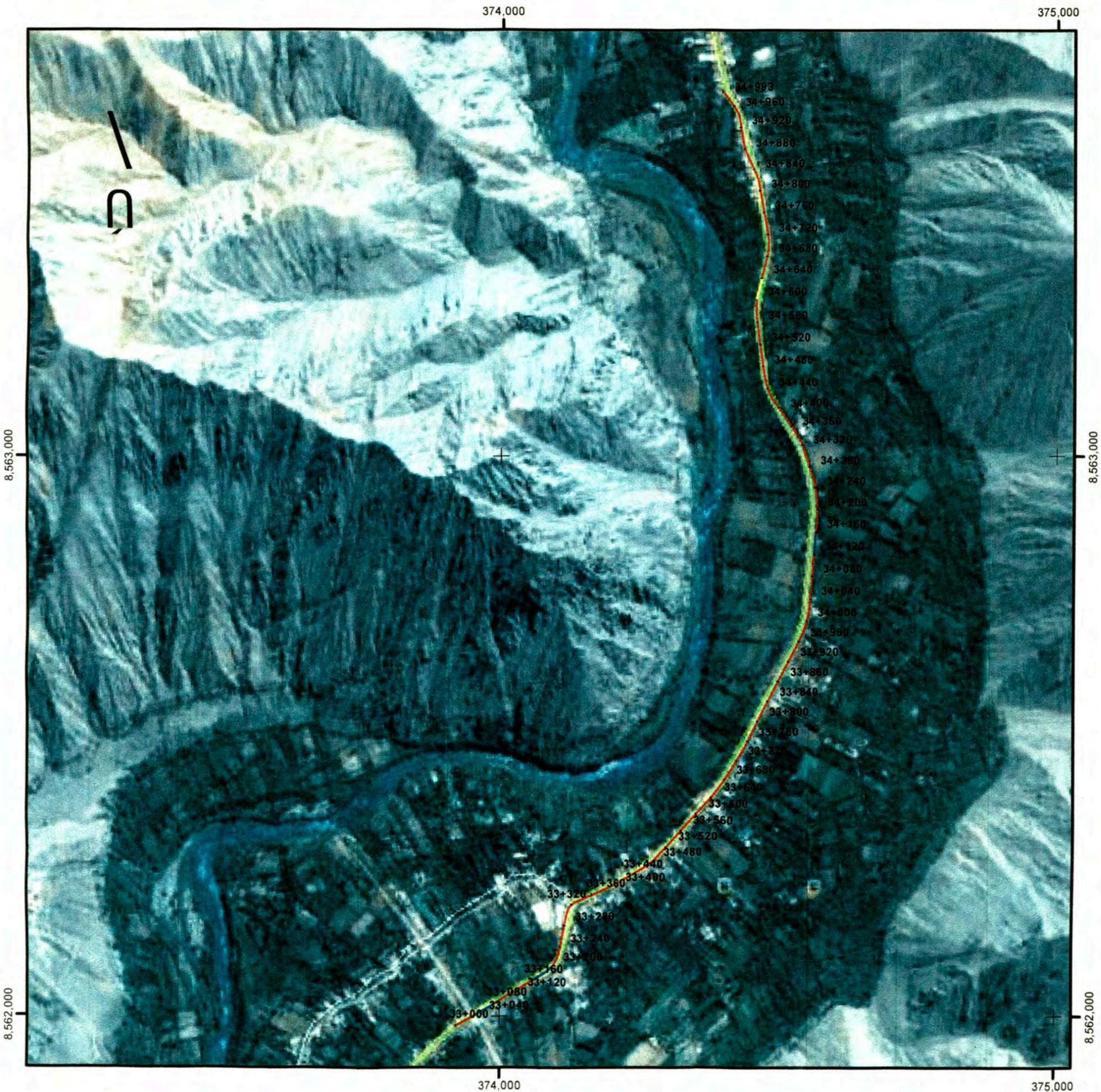
Km 34+000

Nº	AREA (m <sup>2</sup> )	Unidad de Muestreo	Progresiva		VCD	PCI	Clasificación
			Inicial	Final			
1	240	001	0+000	0+040	11.0	89.0	EXCELENTE
2	240	002	0+040	0+080	15.0	85.0	MUY BUENO
3	240	003	0+080	0+120	11.0	89.0	EXCELENTE
4	240	004	0+120	0+160	13.0	87.0	EXCELENTE
5	240	005	0+160	0+200	18.5	81.5	MUY BUENO
6	240	006	0+200	0+240	5.0	95.0	EXCELENTE
7	240	007	0+240	0+280	2.0	98.0	EXCELENTE
8	240	008	0+280	0+320	12.0	88.0	EXCELENTE
9	240	009	0+320	0+360	11.0	89.0	EXCELENTE
10	240	010	0+360	0+400	9.0	91.0	EXCELENTE
11	240	011	0+400	0+440	13.0	87.0	EXCELENTE
12	240	012	0+440	0+480	9.0	91.0	EXCELENTE
13	240	013	0+480	0+520	13.0	87.0	EXCELENTE
14	240	014	0+520	0+560	2.1	97.9	EXCELENTE
15	240	015	0+560	0+600	3.0	97.0	EXCELENTE
16	240	016	0+600	0+640	2.1	97.9	EXCELENTE
17	240	017	0+640	0+680	11.7	88.3	EXCELENTE
18	240	018	0+680	0+720	12.0	88.0	EXCELENTE
19	240	019	0+720	0+760	3.0	97.0	EXCELENTE
20	240	020	0+760	0+800	7.0	93.0	EXCELENTE
21	240	021	0+800	0+840	4.5	95.5	EXCELENTE
22	240	022	0+840	0+880	0.0	100.0	EXCELENTE
23	240	023	0+880	0+920	0.0	100.0	EXCELENTE
24	240	024	0+920	0+960	2.0	98.0	EXCELENTE
25	240	025	0+960	1+000	0.0	100.0	EXCELENTE
<b>PROMEDIO</b>						<b>92.4</b>	<b>EXCELENTE</b>



## **ANEXO 07.**

# **APLICACIÓN DEL SIG EN EVALUACIÓN DE PAVIMENTOS (MAPA TEMÁTICO)**



### LEYENDA

RANGO DEL PCI	COLOR	TIPO DE MANTENIMIENTO
86 - 100	EXCELENTE	Mantenimiento Rutinario y Preventivo (sello de fisuras, parches, lechadas asfálticas)
71 - 85	MUY BUENO	
56 - 70	BUENO	Mantenimiento Correctivo (Recapeado)
41 - 55	REGULAR	
26 - 40	POBRE	Rehabilitación Mayor (Remplazo de carpeta asfáltica)
11 - 25	MUY POBRE	Reconstrucción
0 - 10	FALLADO	(Remplazo de base granular y carpeta asfáltica)

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

INDICE DE LA CONDICION SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO

SISTEMA DE COORDENADAS: WGS 1984 UTM Zone 18S  
PROYECCIÓN: Transverse Mercator  
DATUM: WGS 1984

MAPA  
**3**