

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL**



**EL SIG APLICADO A LA EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN DEL  
PAVIMENTO Y ESTABILIDAD DE TALUDES EN LA CARRETERA  
CAÑETE - LUNAHUANA**

**INFORME DE SUFICIENCIA**

**Para optar el Título Profesional de:**

**INGENIERO CIVIL**

**VICTOR HUMBERTO RUBIO CASTILLO**

**Lima- Perú**

**2012**

Dedicado a mi madre,  
en gratitud a su sabio consejo  
y apoyo incondicional.

<b>ÍNDICE</b>	<b>Página</b>
<b>RESUMEN</b>	04
<b>LISTA DE CUADROS</b>	05
<b>LISTA DE FIGURAS</b>	06
<b>LISTA DE SÍMBOLOS Y SIGLAS</b>	07
<b>INTRODUCCIÓN</b>	08
<b>CAPÍTULO I: GENERALIDADES</b>	09
1.1. ANTECEDENTES	09
1.2. OBJETIVOS DE LA EVALUACION	09
1.2.1 Objetivo General	09
1.2.2 Objetivos Específicos	10
1.3. DESCRIPCION DEL AREA EN ESTUDIO	10
1.3.1 Ubicación	10
1.3.2 Accesibilidad	11
1.3.3 Altitud	11
1.3.4 Clima	11
1.4. GEOLOGIA DEL AREA EN ESTUDIO	11
1.4.1 Geomorfología	11
1.4.2 Litoestratigrafía	12
1.5. GEOTECNIA DEL AREA EN ESTUDIO	12
<b>CAPÍTULO II: EVALUACION DE LA CONDICION DEL PAVIMENTO</b>	15
2.1. DESCRIPCION DE LA CARRETERA	15
2.2. OBJETIVOS DE LA EVALUACION DEL PAVIMENTO	15
2.3. EVALUACION DE LA CONDICION SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO	15
2.3.1. Evaluación de las fallas	15
2.3.2. Metodología para el Relevamiento de Fallas	15
2.3.3. Metodología para la Determinación del PCI	19
2.3.4. Resultados obtenidos por Método PCI	20
2.4. EVALUACION DE LA CONDICION FUNCIONAL DEL PAVIMENTO	22

2.4.1. Índice de Serviciabilidad Presente (PSI)	22
2.4.2. Índice Internacional de Rugosidad (IRI)	23
2.4.3. Relación entre los valores de PSI y IRI	25
2.5. EVALUACION DE LA CONDICION ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO	26
<b>CAPÍTULO III: EVALUACION DE LA ESTABILIDAD DE TALUDES</b>	<b>29</b>
3.1. ESTABILIDAD DE TALUDES EN CARRETERAS	29
3.2. OBJETIVO DE LA EVALUACION	29
3.3. CAUSAS DE INESTABILIDAD DE TALUDES	30
3.3.1. Geología y Tectónica	30
3.3.2. Geometría	31
3.3.3. Sobrecargas puntuales	31
3.3.4. Cambios en el contenido de agua del suelo	31
3.3.5. Cambios en las condiciones de circulación de aguas profundas	31
3.3.6. Meteorización	31
3.3.7. Sacudidas sísmicas, voladuras y vibraciones	31
3.4. TIPOS DE FALLAS EN LA ESTABILIDAD DE TALUDES	32
3.4.1 Desprendimientos	33
3.4.2. Derrumbes	34
3.4.3 Avalanchas	38
3.4.4 Flujo de escombros	38
3.4.5 Repteo	38
3.5. FACTORES QUE INFLUENCIAN LA ESTABILIDAD DE TALUDES	39
3.5.1 Geología de la región	39
3.5.2 Topografía y estabilidad	41
3.5.3 Pluviosidad	41
3.5.4 Erosión	42
3.5.5 Licuefacción debido a acciones sísmicas	42
3.6. PUNTOS CRÍTICOS EN EL TRAMO EN ESTUDIO	44
<b>CAPÍTULO IV: APLICACIONES AL SIG</b>	<b>45</b>
4.1. SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (SIG)	45
4.2. FUNCIONAMIENTO DE UN SIG	45

---

4.3.	TÉCNICAS UTILIZADAS EN LOS SIG	48
4.3.1	Creación de datos	48
4.3.2	Representación de datos	49
4.4.	RESULTADOS DE INVENTARIO VIAL	57
4.5.	ELABORACION DE MAPAS TEMATICOS	62
4.5.1	Condición Superficial del pavimento	62
4.5.2	Transitabilidad de la Vía	64
4.5.3	Estabilidad de Taludes	66
 <b>CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>		 67
5.1.	CONCLUSIONES	67
5.2.	RECOMENDACIONES	68
 <b>BIBLIOGRAFÍA</b>		 69
<b>ANEXOS</b>		70

## RESUMEN

Evaluar la condición de un pavimento y el comportamiento de las formaciones rocosas por las cuales atraviesa una carretera es uno de los temas más importantes de un Inventario Vial Calificado ya que podemos obtener información para un mejor planeamiento en el mantenimiento rutinario o rehabilitación de la carretera y la prevención de los problemas de erosión, deslizamientos u otros tipos de fallas que puedan afectar la transitabilidad de la vía.

Esta evaluación, prevención y mantenimiento de la vía debe ser periódico y necesario como política del estado, para mantener la red vial en buenas condiciones de transitabilidad, brindando seguridad a los usuarios.

Este informe tiene como objetivo principal dar a conocer las condiciones en que se encuentra el pavimento y el comportamiento de las formaciones rocosas por las cuales atraviesa la vía en el tramo Cañete-Lunahuana Km.29+000 al Km.31+000 utilizando el Sistema de Información Geográfica (SIG).

Para lograr este objetivo se han utilizado datos obtenidos de otros estudios para obtener el índice de rugosidad del pavimento, además de identificar los tipos de fallas del pavimento, para determinar la condición del pavimento mediante el método PCI y se han reconocido los sectores críticos ocasionados por inestabilidad de taludes, erosión u otros tipos de fallas.

En base a la información recopilada y los resultados obtenidos se ha procedido a utilizar el software ARCGIS para la elaboración de tablas de atributos, gráficos y mapas temáticos que nos permitan visualizar de una manera sencilla y eficiente la condición actual de la vía y proponer medidas correctivas para un adecuado mantenimiento y conservación del pavimento.

## LISTA DE CUADROS Página

Cuadro N° 1.1	Análisis Granulométrico por Tamizado ASTM C-136	13
Cuadro N° 1.2	Límite Líquido y Límite Plástico ASTM D-4318	13
Cuadro N° 1.3	Clasificación de Suelos	14
Cuadro N° 2.1	Espesores del Pavimento Existente	15
Cuadro N° 2.2	Determinación del número de unidades a inspeccionar	18
Cuadro N° 2.4	Clasificación de la Transitabilidad	23
Cuadro N° 2.5	Valores obtenidos del IRI	25
Cuadro N° 2.6	Transitabilidad del tramo en estudio	26
Cuadro N° 2.7	Evaluación deflectométrica del tramo en estudio	27
Cuadro N° 3.1	Clasificación de fallas	32
Cuadro N° 4.1	Ventajas del GIS tipo vectorial o tipo raster	55
Cuadro N° 4.2	Desventajas del SIG tipo vectorial o tipo raster	56
Cuadro N° 4.3	Ancho de faja	58
Cuadro N° 4.4	Puntos Críticos	59
Cuadro N° 4.5	Estado de conservación del pavimento	60
Cuadro N° 4.6	Ubicación de alcantarillas	61
Cuadro N° 4.7	Señalización horizontal	61
Cuadro N° 4.8	Señalización vertical	61
Cuadro N° 4.9	Índice de rugosidad internacional	62

## LISTA DE FIGURAS Página

Figura N° 1.1 Mapa de ubicación Carretera Cañete Lunahuaná	10
Figura N° 2.1 Rango de clasificación del pavimento	19
Figura N° 3.1 Diagrama de un talud	30
Figura N° 3.2 Desprendimiento de bloques	34
Figura N° 3.4 Deslizamiento planar en macizo rocoso	35
Figura N° 3.5 Deslizamiento en forma de cuña	35
Figura N° 3.6 Derrumbe rotacional	36
Figura N° 3.7 Desparramamiento Lateral	37
Figura N° 3.8 Granulometrías límites de suelos potencialmente licuables	43
Figura N° 3.9 Zona crítica por erosión del talud del terraplén	44
Figura N° 4.1 Diagrama funcional de un SIG	45
Figura N° 4.2 Inserción de fotos en un mapa temático	46
Figura N° 4.3 Separación de información mediante capas	46
Figura N° 4.4 Capas temáticas del programa ArcGis	47
Figura N° 4.5 Mapa geológico del cuadrángulo de Chincha	49
Figura N° 4.6 Ejemplo de objeto discreto	50
Figura N° 4.7 Ejemplo de objeto continuo	51
Figura N° 4.8 Interpretación cartográfica vectorial y raster	51
Figura N° 4.9 Imagen raster generada por un SIG	52
Figura N° 4.10 Objetos con datos vectoriales	55
Figura N° 4.11 Gráfico Valor PCI vs Progresiva	63
Figura N° 4.12 Mapa temático de la condición superficial del pavimento	63
Figura N° 4.13 Índice de Rugosidad (IRI) vs Progresiva	64
Figura N° 4.14 Índice de Serviciabilidad Presente (PSi) vs Progresiva	65
Figura N° 4.15 Mapa temático de Transitabilidad de la vía	65
Figura N° 4.16 Mapa temático de Estabilidad de Taludes	66



## LISTA DE SÍMBOLOS Y SIGLAS

AASHO	Asociación Americana Oficial de Carreteras
AASHTO	Asociación Americana Oficial de Carreteras y Transportes
ASTM	Sociedad Americana de Ensayos y Materiales
C	Calicata
CAD	Diseño Asistido por Computadora
CBR	Razón Soporte California
CD	Creciente – Decreciente
cm.	Centímetros
Cu	Coeficiente de Uniformidad
GP	Grava Pobremente Gradada
IRI	Índice Internacional de Rugosidad
km	Kilometro
ksi	Kilo por Pulgada Cuadrada
Ktgd-i	Cretáceo Tonalita Granodiorita
M	Muestra
m.	Metros
mm.	Milímetros
m.s.n.m.	Metros Sobre el Nivel del Mar
m <sup>2</sup>	Metros Cuadrados
PCI	Índice de Condición del Pavimento
PSI	Índice de Serviciabilidad Presente
Qp-al	Depósitos Cuaternarios Pleistoceno Aluviales
SIC	Subsistema de Inventario Calificado
SIG	Sistema de Información Geográfica
SM-SP	Arena Limosa Mal Gradada
SUCS	Clasificación Unificada de Suelos
t2	Terraza Aluvial Segundo Periodo
TIN	Redes Irregulares de Triángulos
UC	Únicamente Creciente
L.L.	Límite Líquido
L.P.	Límite Plástico
VD	Valores Deducidos
VDC	Valor Deducido Corregido
HDV	Mayor Valor Deducido Individual para la Muestra “i”

## INTRODUCCIÓN

El presente informe de suficiencia propone utilizar un Sistema de Información Geográfica (SIG), que para el caso del estudio es el programa ArcGIS. El rasgo principal de este programa es su capacidad para almacenar gran cantidad de información georeferenciada y su potencia para el análisis de la misma, que la hacen idónea para abordar problemas de planificación y gestión, es decir, para la toma de decisiones.

Dicha información permitirá elaborar estrategias, programas de conservación y mantenimiento de la red vial; seleccionando de manera racional los tramos que requieran intervenciones de mantenimiento; definiendo los presupuestos mínimos, optimizando el uso de los recursos humanos y financieros disponibles.

El primer capítulo describe las características del área en estudio en el tramo Km 29+000 al Km 31+000 analizando tanto la geología como la geotecnia del tramo en estudio.

El segundo capítulo describe las características de la carretera, así como la evaluación de la condición superficial, funcional y estructural del pavimento en el tramo en estudio, mediante información obtenida en el campo o información obtenida de otros estudios.

El tercer capítulo describe las causas y tipos de fallas en la inestabilidad de taludes así como otros factores que pueden afectar, finalmente identifica los puntos críticos en el tramo en estudio.

El cuarto capítulo describe los sistemas de información geográfica, como funcionan, que técnicas se utilizan y finalmente el procesamiento de los datos obtenidos para la elaboración de mapas temáticos mediante el programa ArcGis.

El último capítulo trata de las conclusiones y recomendaciones obtenidas del desarrollo del informe en base a los resultados obtenidos en los capítulos anteriores.

## CAPITULO I GENERALIDADES

### 1.1 ANTECEDENTES

La Carretera Cañete - Lunahuana tiene una longitud de 40.950 Km., tiene como punto de inicio el tramo del segundo ovalo de Cañete en la vía que se dirige a Lunahuana y termina en la localidad de Uchupampa. En el ámbito del proyecto se encuentran localidades como Cañete, Imperial, Nuevo Imperial, Encañada, Caltopa, Socsi y Lunahuana. Esta carretera forma parte de la Ruta Nacional No 24, fue proyectada y ejecutada por tramos entre la década de 1920 a 1930, durante el gobierno de Sr. Augusto B. Leguía.

Como parte de la política del Estado de mantener la red vial del Perú en buenas condiciones de transitabilidad se realizan los trabajos de Conservación Vial por Niveles de Servicio de la Carretera Cañete-Lunahuana-Pacarán-Chupaca a cargo de la empresa Consorcio Gestión de Carreteras que en la fase Pre-operativa ha realizado el Inventario Vial calificado el cual fue ejecutado durante los meses de Abril, Mayo y junio del 2008. El 01 de Marzo del 2010 se suscribió el Contrato con la empresa Cesel S.A. para la elaboración del estudio definitivo de la carretera. A la fecha el informe final se encuentra en revisión.

El tramo en estudio que se encuentra en la Carretera Cañete-Lunahuana Km29+000 – Km 31+000 que se encuentra a nivel de asfaltado presenta problemas de inestabilidad de taludes y erosiones en algunas zonas o tramos puntuales, además se presentan daños en la condición superficial de la superficie de rodadura. Por lo tanto los puntos críticos identificados merecen especial consideración y atención, puesto que se deben hacer intervenciones oportunas para evitar que en un futuro próximo se presenten problemas mayores en la vía.

### 1.2 OBJETIVOS DE LA EVALUACION

#### 1.2.1 Objetivo General

Este trabajo tiene como objetivo principal dar a conocer las condiciones en que se encuentra el pavimento y el comportamiento de las formaciones rocosas por las cuales atraviesa la vía en el tramo Cañete - Lunahuana Km.29+000 al Km.31+000 utilizando el Sistema de Información Geográfica (SIG).

## 1.2.2 Objetivos Específicos

- Identificar los tipos de fallas del pavimento mediante el método PCI y los sectores críticos ocasionados por inestabilidad de taludes, erosión u otros tipos de fallas.
- Proponer medidas correctivas para un adecuado mantenimiento y conservación del pavimento.
- Utilizar las tecnologías del SIG con la finalidad de generar un banco de datos geográficos que permita la elaboración de mapas temáticos sobre la red vial.

## 1.3 DESCRICION DEL AREA EN ESTUDIO

### 1.3.1 Ubicación

La carretera se encuentra ubicada en la Región Lima, provincia de Cañete y pertenece a la Red Vial Nacional, con código de Ruta N° PE 24, iniciándose en el Km 05+400 (Estadio Oscar Ramos, en el distrito de Imperial), y finalizando en el Km 42+844 (Salida de Lunahuaná, Anexo de Uchupampa) con una longitud de 37.844 km. El tramo en evaluación del presente informe se inicia en el Km 29+000 (Ruinas de Arka), y finalizando en el Km 31+000 (Complejo Incahuasi, Anexo de Paullo) con una longitud de 2 km. (Ver figura 1.1).



Figura 1.1 Mapa de ubicación Carretera Cañete Lunahuaná

### 1.3.2 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.

### 1.3.3 Altitud

Cabe indicar que, todo el tramo de la carretera en estudio discurre en costa variando su altitud de los 320 m.s.n.m. ubicado en su inicio en el distrito de Imperial hasta llegar a una altitud de 380 m.s.n.m. en el Anexo de Uchupampa, perteneciente al Distrito de Lunahuaná.

### 1.3.4 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 Socsi 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.

## 1.4 GEOLOGIA DEL AREA EN ESTUDIO

### 1.4.1 Geomorfología

En la zona en estudio se han reconocido las siguientes unidades morfológicas:

#### **Terraza Aluvial Segundo Periodo (t2)**

La referida terraza se encuentra asentado en ambos márgenes y en forma concordante al río Cañete. Su morfología actual corresponde al segundo periodo de la actividad fluvial del referido río. En la actualidad la terraza se encuentra estable con erosión fluvial en sectores muy aislados. Por otra parte, la topografía del relieve del suelo en superficie, es moderadamente accidentada, sus taludes poseen pendientes que van entre 30° - 45° de inclinación en dirección del río. La edad geológica de la terraza pertenece al Cuaternario reciente; por otra parte, sobre la superficie de esta unidad morfológica, se encuentra emplazado el puente Socsi.

## **Unidad Morfológica Valle del Río Cañete**

Unidad Morfológica Menor, se prolonga hacia el sureste, por la margen derecha y concordante al río Cañete, parte de su fondo es labrado por típica acción fluvial del río Cañete y constituye el drenaje principal hacia la vertiente del Pacífico, su sección transversal tiene la forma de una "U", abierta, simétrica, de fondo amplio, sus contrafuertes en ambos márgenes están constituidos por rocas intrusivas tonalita y granodiorita de las Superunidades de Tiabaya e Incahuasi, correspondiente al Batolito de la Costa.

### **1.4.2 Litoestratigrafía**

En la zona en estudio se han reconocido las siguientes unidades litoestratigráficas:

#### **Depósitos cuaternarios pleistoceno aluviales (Qp-al)**

La secuencia de estos depósitos se da en forma concordante al área de evaluación. Consiste de una gruesa secuencia de estratos superpuestos, de limo, arena (SM-SP) y mayormente de grava pobremente gradada (GP), de ligera humedad, no plástico, compacidad suelta a media, de color gris. Su edad geológica pertenece al Cuaternario pleistoceno.

#### **Cretáceo – tonalita granodiorita Superunidad Incahuasi (Ktgd-i)**

El afloramiento de las masas rocosas de la Superunidad Incahuasi, forman parte del Batolito de la Costa y consisten de una secuencia de rocas intrusivas tonalita y granodiorita, éstas rocas se encuentran meteorizadas, ligeramente oxidados, rugosos, moderadamente fracturados, relleno de cuarzo, muy diaclasadas, moderada resistencia a la acción de agentes naturales, agua, hielo, aire y rayos solares. Su edad geológica pertenece al Cretáceo.

## **1.5 GEOTECNIA DEL AREA EN ESTUDIO**

La investigación geotécnica de la carretera Cañete Lunahuaná ha sido realizada por CESEL, la frecuencia de ejecución de calicatas fue una cada kilometro. Se ha obtenido la información de los ensayos estándar de laboratorio de mecánica de suelos, que se obtuvieron de las excavaciones realizadas en el tramo en estudio Km 29+000 al Km31+000. Con esta información se ha elaborado los siguientes cuadros:

**Cuadro 1.1 Análisis Granulométrico por Tamizado ASTM C-136**

Fecha de Excavación	Calicata	km	Lado	Muestra	Profundidad (m)	GRANULOMETRIA		
						3" a Nro. 4	Nro. 4 a Nro. 200	Menor Nro. 200
07/04/2010	C - 25	29+000	IZQUIERDO	M - 01	0,04 - 0,24	50.03	41.65	8.32
				M - 02	0,24 - 0,46	50.60	42.07	7.33
				M - 03	0,46 - 1,50	19.53	59.26	21.21
07/04/2010	C - 26	30+000	DERECHO	M - 01	0,07 - 0,27	34.43	56.54	9.03
				M - 02	0,27 - 0,47	33.68	57.72	8.60
				M - 03	0,47 - 1,50	45.46	52.24	2.30
06/04/2010	C - 27	31+000	IZQUIERDO	M - 01	0,07 - 0,27	46.15	44.75	9.10
				M - 02	0,27 - 0,57	41.27	49.65	9.08
				M - 03	0,57 - 1,50	48.23	43.72	8.05

Elaboración Propia – Fuente: Cesel

**Cuadro 1.2 Límite Líquido y Límite Plástico ASTM D-4318**

Fecha de Excavación	Calicata	km	Lado	Muestra	Profundidad (m)	LIMITES		
						L.L.	L.P.	I.P.
06/04/2010	C - 25	31+000	IZQUIERDO	M - 01	0,07 - 0,27	16.00	NP	NP
				M - 02	0,27 - 0,57	18.00	NP	NP
				M - 03	0,57 - 1,50	19.00	NP	NP
06/04/2010	C - 26	32+000	DERECHO	M - 01	0,06 - 0,26	16.00	NP	NP
				M - 02	0,26 - 0,66	17.00	NP	NP
				M - 03	0,66 - 1,50	19.00	NP	NP
06/04/2010	C - 27	33+000	IZQUIERDO	M - 01	0,06 - 0,26	16.00	NP	NP
				M - 02	0,26 - 0,46	17.00	NP	NP
				M - 03	0,46 - 1,50	20.00	NP	NP
				M - 03	0,57 - 1,50	19.00	NP	NP

Elaboración Propia – Fuente: Cesel

**Cuadro 1.3 Clasificación de Suelos**

Fecha de Excavación	Calicata	km	Lado	Muestra	Profundidad (m)	CLASIFICACION	
						AASHTO	SUCS
07/04/2010	C - 25	29+000	IZQUIERDO	M - 01	0,04 - 0,24	A-1-a (0)	GW-GM
				M - 02	0,24 - 0,46	A-1-a (0)	GW-GM
				M - 03	0,46 - 1,50	A-1-b (0)	SM
07/04/2010	C - 26	30+000	DERECHO	M - 01	0,07 - 0,27	A-1-a (0)	SW-SM
				M - 02	0,27 - 0,47	A-1-a (0)	SW-SM
				M - 03	0,47 - 1,50	A-1-a (0)	SP
06/04/2010	C - 27	31+000	IZQUIERDO	M - 01	0,07 - 0,27	A-1-a (0)	GW-GM
				M - 02	0,27 - 0,57	A-1-a (0)	SW-SM
				M - 03	0,57 - 1,50	A-1-a (0)	GW-GM

Elaboración Propia – Fuente: Cesel



## CAPITULO II

### EVALUACION DE LA CONDICION DEL PAVIMENTO

#### 2.1. DESCRIPCION DE LA CARRETERA

La carretera Cañete Lunahuaná tiene una longitud de 40.950 km, con una carpeta asfáltica como superficie de rodadura. A lo largo de esta carretera se tiene calzadas Únicamente - Crecientes (UC) en los tres primeros kilómetros. En el resto de la carretera asfaltada, que incluye el tramo en estudio del Km 29+000 al Km 31+000 se tiene una calzada de dos carriles Creciente – Decreciente (CD). También se cruza los anexos de Socsi y Paullo y se ubica la zona arqueológica de Incahuasi, entre el km. 29+500 al km. 30+400.

El tramo en estudio tiene un ancho promedio de faja de 7 metros y un espesor promedio de concreto asfáltico de 5.7 centímetros, que se ha obtenido de los testigos diamantinos de dicho tramo (Ver cuadro 2.1)

**CUADRO 2.1 Espesores del Pavimento Existente**

Número	Lado	Progresiva	Espesor (cm)
48	IZQUIERDO	29+000	7
49	EJE	29+500	5.2
50	DERECHO	30+000	4.9
51	EJE	30+500	6.1
52	IZQUIERDO	31+000	5.3
<b>ESPESOR PROMEDIO DEL CONCRETO ASFÁLTICO PARA EL KM29+000 AL KM31+000</b>			<b>5.7</b>

Elaboración Propia – Fuente: CESEL

#### 2.2. OBJETIVOS DE LA EVALUACION DEL PAVIMENTO

Presentar los resultados de la evaluación superficial y estructural de pavimentos mediante ensayos no destructivos, determinando el grado de serviciabilidad, rugosidad y capacidad estructural de la vía para determinar los trabajos de rehabilitación del pavimento.

Para efectuar la evaluación del pavimento se realizó una inspección visual del estado de deterioro de la carretera, medición de la rugosidad para determinar el índice de serviciabilidad presente y medición de deflexiones utilizando la Viga Benkelman.

### **2.3. EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO**

Se efectuó el trabajo de campo de evaluación superficial entre los meses de Noviembre y Diciembre, en lo que se refiere a relevamiento de fallas del pavimento. Esta evaluación comprendió la evaluación visual del estado del pavimento; se efectuó determinando el grado de deterioro de la carpeta de rodadura utilizando el Método ASTM D-6433-03, conocido por sus siglas en inglés como Método del PCI.

La evaluación superficial del pavimento tiene por objetivo la determinación del valor del PCI (Índice de Condición del Pavimento), los resultados de esta evaluación permitirán establecer el estado de deterioro del pavimento y los niveles de intervención a recomendar.

#### **2.3.1. Evaluación de las Fallas**

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.

#### **2.3.2. Metodología para el Relevamiento de Fallas**

La primera etapa corresponde al trabajo de campo en el cual se identifican los daños teniendo en cuenta la clase, severidad y extensión de los mismos. Esta información se registra en los formatos adecuados para obtener el valor PCI de cada sección o unidad de muestreo.

Para llevar a cabo los trabajos de campo, se ha efectuado la división de la vía en secciones o unidades de muestreo, cuyas dimensiones varían de acuerdo a las características de la vía y el tipo de superficie de rodadura.

En el tramo en estudio que es una carretera con superficie de rodadura asfáltica y ancho de faja menor que 7.30 m, el área de la unidad de muestreo debe estar en el rango  $230 \pm 93.0 \text{ m}^2$  según la norma.

Se recomienda tomar un valor cercano al valor medio de los rangos y en ningún caso definir unidades de muestreo con áreas por fuera de los rangos recomendados.

Considerando que el tramo en estudio es de una superficie de rodadura asfáltica y ancho de faja promedio de 7 m., se ha decidido tomar unidades de muestreo cada 40 metros de longitud que coincidan con las progresivas de la carretera establecidas cada 20 m, obteniendo un área que corresponde a cada unidad de muestreo de  $280 \text{ m}^2$ . Cumpliendo con el rango establecido según norma.

El número de unidades de muestra a ser inspeccionadas puede variar desde todas las unidades en una sección hasta el número de unidades de muestra que permita un nivel de confianza del 95% o hasta un número menor.

El número mínimo de unidades de muestra a ser inspeccionadas ( $n$ ) en una determinada sección para obtener un nivel de confianza adecuado (95% de confiabilidad), se calcula utilizando la siguiente fórmula:

$$n = \frac{Ns^2}{\left[ \left( \frac{e^2}{4} \right) (N - 1) + s^2 \right]}$$

$e$  : error aceptable en la estimación del PCI de la sección  $\pm 5$  puntos del PCI

$s$  : desviación estándar del PCI entre unidades de muestra de la misma sección

$N$ : Número total de unidades de muestra en la sección.

Sin embargo un nivel de confiabilidad menor al 95%, dependiendo de las condiciones en que se encuentre el pavimento, puede ser usado según las condiciones y objetivos de la inspección, el siguiente cuadro presenta un criterio alternativo para determinar el número mínimo de unidades de muestra a ser inspeccionadas:

**Cuadro 2.2 Determinación del número de unidades a inspeccionar**

NUNERO DE UNIDADES	INSPECCIONAR
1 a 5 unidades de muestreo	1 unidad de muestra
6 a 10 unidades de muestreo	2 unidades de muestra
11 a 15 unidades de muestreo	3 unidades de muestra
16 a 40 unidades de muestreo	4 unidades de muestra
Mas de 40 unidades de muestreo	10%

Elaboración Propia – Fuente: CESEL

Una vez que se ha determinado el número de unidades de muestra, se calcula el intervalo de espaciamiento entre las unidades, el intervalo de espaciamiento (*i*) se calcula con la siguiente fórmula, redondeando el resultado al número entero inmediato superior:

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

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

*n* : Número total de unidades de muestreo a ser analizadas

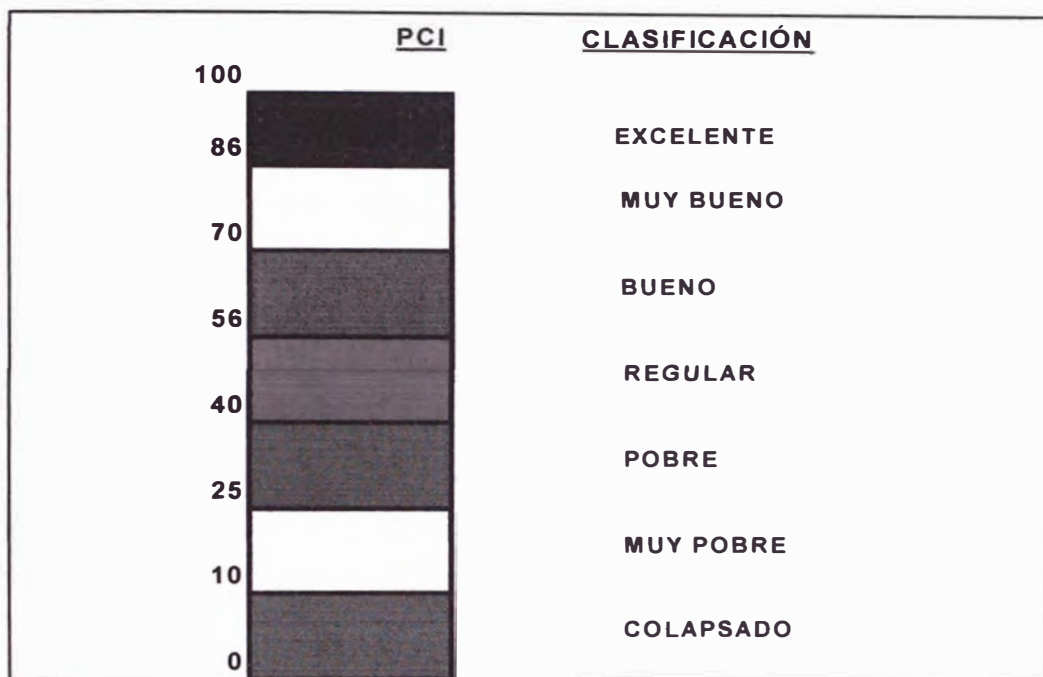
Para la selección de las cantidades de las unidades de muestreo, se ha decidido efectuar el relevamiento del 100% de la superficie del pavimento, ya que el tramo en estudio es de solo 2 km. que significaría un total de 50 unidades de muestreo.

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, con cuyos datos se ha procedido a calcular el valor de PCI.

### 2.3.3. Metodología para la Determinación del PCI

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:



**Figura 2.1 Rango de Clasificación del Pavimento según el Método del PCI**

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.

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:

$$\text{Dens. ( \% )} = \frac{\text{Área de las fallas}}{\text{Área muestra (280m}^2\text{)}}$$

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 D6433, en nuestro caso para pavimentos flexibles.

$$\text{VD} = \text{F (Densidad, Nivel de severidad)}$$

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:

$$PCI = 100 - VDC$$

#### 2.3.4. Resultados obtenidos por Método PCI

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:

- Envejecimiento y Disgregación
- Piel de Cocodrilo
- Fisuras Longitudinales y Transversales

- Ahuellamientos
- Desnivel Carril/Bermas
- Fisuras en Bloque
- Exudaciones

Para efectos de la evaluación de la condición superficial del tramo en estudio km 29+000 al km 31+000 y con el apoyo de la Figura 2.1, se presenta un cuadro resumen con los resultados de PCI obtenidos en cada sección y el PCI promedio obtenido del tramo en estudio. (Ver Cuadro 2.3)

**Cuadro 2.3. Resultados obtenidos por el Método PCI**

PROGRESIVA		VALOR PCI	CLASIFICACION DEL PAVIMENTO
Km Inicio	Km Final		
29+000	29+040	83	MUY BUENO
29+040	29+080	78	MUY BUENO
29+080	29+120	72	MUY BUENO
29+120	29+160	74	MUY BUENO
29+160	29+200	74	MUY BUENO
29+200	29+240	58	BUENO
29+240	29+280	62	BUENO
29+280	29+320	58	BUENO
29+320	29+360	38	MALO
29+360	29+400	50	REGULAR
29+400	29+440	65	BUENO
29+440	29+480	66	BUENO
29+480	29+520	62	BUENO
29+520	29+560	64	BUENO
29+560	29+600	68	BUENO
29+600	29+640	48	REGULAR
29+640	29+680	62	BUENO
29+680	29+720	68	BUENO
29+720	29+760	69	BUENO
29+760	29+800	64	BUENO
29+800	29+840	63	BUENO
29+840	29+880	62	BUENO
29+880	29+920	47	REGULAR
29+920	29+960	58	BUENO
29+960	30+000	75	MUY BUENO
30+000	30+040	72	MUY BUENO
30+040	30+080	65	BUENO

30+080	30+120	52	REGULAR
30+120	30+160	60	BUENO
30+160	30+200	50	REGULAR
30+200	30+240	63	BUENO
30+240	30+280	76	MUY BUENO
30+280	30+320	78	MUY BUENO
30+320	30+360	50	REGULAR
30+360	30+400	48	REGULAR
30+400	30+440	68	BUENO
30+440	30+480	62	BUENO
30+480	30+520	35	MALO
30+520	30+560	38	MALO
30+560	30+600	40	MALO
30+600	30+640	42	MALO
30+640	30+680	56	BUENO
30+680	30+720	60	BUENO
30+720	30+760	68	BUENO
30+760	30+800	62	BUENO
30+800	30+840	40	MALO
30+840	30+880	52	REGULAR
30+880	30+920	49	REGULAR
30+920	30+960	51	REGULAR
30+960	31+000	53	REGULAR
<b>PCI PROMEDIO KM 29+000 AL KM 31+000</b>		<b>59.56</b>	<b>BUENO</b>

Fuente: Elaboración propia

## 2.4. EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN FUNCIONAL DEL PAVIMENTO

La condición funcional del pavimento resulta clave para la vida económica y social de una nación ya que incide directamente en algunos aspectos tales como:

- Costos de operación de los vehículos
- Calidad de manejo y confort.
- Seguridad de los usuarios al transitar por las carreteras.

### 2.4.1. Índice de Serviciabilidad Presente (PSI)

Durante muchos años se utilizó el método desarrollado en los años sesentas por la American Association of State Highways Officials (AASHO), el cual toma en cuenta un parámetro denominado PSI por sus siglas en inglés, mejor conocido en el Perú como Índice de Serviciabilidad Presente.



El Índice de Serviciabilidad Presente consiste en calificar el grado de confort y seguridad que el usuario percibe al transitar por un camino a la velocidad de operación y es realizado por un grupo de evaluadores. Cada evaluador debe calificar el camino de una manera subjetiva de 0 a 5, correspondiente a una superficie intransitable a una superficie perfecta, respectivamente (ver Cuadro 2.4). El resultado de cada sección del pavimento deberá ser reportado por separado, como el promedio del valor asignado por los evaluadores.

Este método ayuda a estimar de manera subjetiva la condición de transitabilidad en que se encuentra una carretera con rapidez y sin interrumpir el tráfico de vehículos. Este método tuvo gran difusión, debido también a que antes no se contaba con equipos de alto rendimiento para medir la rugosidad en la superficie de rodadura.

**CUADRO 2.4 Clasificación de la Transitabilidad**

PSI	TRANSITABILIDAD
0 - 1	MUY MALA
1 - 2	MALA
2 - 3	REGULAR
3 - 4	BUENA
4 - 5	MUY BUENA

### 2.4.2. Índice Internacional de Rugosidad (IRI)

Para establecer criterios de calidad y comportamiento de los pavimentos que indicaran las condiciones actuales y futuras del estado superficial de un camino, surgió la necesidad de establecer un índice que permitiera evaluar las deformaciones verticales de un camino, que afectan la dinámica de los vehículos que transitan sobre él. Se trató de unificar los criterios de evaluación con los equipos de medición de rugosidad a nivel mundial, tales como los perfilómetros o los equipos de tipo respuesta, y que de alguna manera sustituyera el método de la AASHO, ahora AASHTO, que permite calificar la condición funcional del pavimento solo de manera subjetiva.

El Índice Internacional de Rugosidad, mejor conocido como IRI, fue propuesto por el Banco Mundial en 1986 como un estándar estadístico de la rugosidad y sirve como parámetro de referencia en la medición de la calidad de un pavimento.

El cálculo matemático del IRI está basado en la acumulación de desplazamientos en valor absoluto, de la masa superior con respecto a la masa inferior ( en milímetros metros o pulgadas) de un modelo de vehículo, dividido entre la distancia recorrida (en metros , kilómetros o millas) que se produce por los movimientos al vehículo cuando este viaja a una velocidad determinada. El IRI se expresa en unidades de mm/m, m/km, in/mi, etc.

Siendo la medición de la rugosidad el parámetro principal para determinar el Índice de Serviciabilidad Presente (PSI) y existiendo diversos métodos para su cálculo se debe poner especial cuidado en la selección del equipo solicitado. En el caso del tramo en estudio hemos encontrado los resultados obtenidos por el rugosímetro tipo “BUMP INTEGRATOR UNIT” (Unidad Integradora de muelles) que se ha utilizado para medir la rugosidad de la vía rehabilitada en ambos carriles, este equipo va montado en la tolva de la camioneta, conectado directamente con el diferencial del eje trasero mediante un cable flexible adecuadamente tensado. Conforme el vehículo recorre la vía a una velocidad uniforme, la “Unidad Integradora” mide los movimientos relativos entre el chasis y el eje trasero registrando los datos con la Unidad Contadora instalada en el panel de control de la cabina.

Para efectos de este informe la medida de la rugosidad se efectuó con el rugosímetro “BUMP INTEGRATOR”, debidamente calibrado, equipo tipo respuesta que permite correlacionar sus resultados con el Índice de Rugosidad Internacional (IRI). Las mediciones se efectuaron cada 200 m en forma continua, en ambos carriles.

En el cuadro 2.5 se observan los valores IRI obtenidos de las mediciones para finalmente obtener el IRI característico del tramo mediante la siguiente expresión:

$$IRI_c = IRI_{promedio} + 1.645 \text{ Desv. Standard}$$

**CUADRO 2.5 Valores obtenidos del IRI**

PROGRESIVA		VALOR
Km Inicio	Km Final	IRI
29+000	29+200	1.8
29+200	29+400	1.6
29+400	29+600	1.8
29+600	29+800	2.3
29+800	30+000	2.7
30+000	30+200	2.4
30+200	30+400	2.6
30+400	30+600	2.5
30+600	30+800	2.3
30+800	31+000	3.5
VALOR IRI PROMEDIO		2.36
DESVIACIÓN ESTÁNDAR		0.55
VALOR IRI CARACTERISTICO		3.27

Elaboración Propia Fuente: Consorcio Gestión de Carreteras

### 2.4.3. Relación entre los valores de PSI y IRI

Muchas relaciones se han desarrollado entre el Índice de Serviciabilidad Presente (PSI) y el Índice de Rugosidad Internacional (IRI). En el presente informe la determinación analítica del PSI se ha efectuado utilizando la expresión aproximada establecida por Paterson en 1986, que relaciona estos índices mediante la siguiente expresión:

$$PSI = 5e^{-0.18(IRI)}$$

**PSI : Índice Presente de Serviciabilidad**

**IRI : Índice de Rugosidad Internacional**

Utilizando esta ecuación y con los resultados obtenidos del cuadro anterior podemos clasificar el tramo en estudio de la siguiente manera:

**CUADRO 2.6 Transitabilidad del tramo en estudio**

VALOR		TRANSITABILIDAD
IRI	PSI	
1.8	3.63	BUENA
1.6	3.73	BUENA
1.8	3.62	BUENA
2.3	3.30	BUENA
2.7	3.08	BUENA
2.4	3.22	BUENA
2.6	3.14	BUENA
2.5	3.16	BUENA
2.3	3.31	BUENA
3.5	2.65	REGULAR
IRI PROMEDIO		2.36
PSI PROMEDIO		3.27
TRANSITABILIDAD DEL TRAMO		BUENA

Elaboración Propia

## 2.5. EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO

La evaluación estructural de pavimentos consiste básicamente en la determinación de la capacidad portante del sistema pavimento – subrasante en una estructura vial existente, en cualquier momento de su vida de servicio, para cuantificar y establecer las necesidades de rehabilitación , cuando el pavimento se acerca al fin de su vida útil o cuando el pavimento va cambiar de función. Las necesidades de evaluar estructuralmente los pavimentos de una red vial nacional o regional y consecuentemente aumenta la necesidad de su preservación y rehabilitación.

### Medida de la Deflexión (Viga Benkelman)

La medición de deflexiones en campo se realizó en la totalidad del tramo Cañete Lunahuaná mediante viga Benkelman por CESEL Ingenieros. Se tomaron mediciones cada 50 m alternados en cada sentido, tomándose lecturas a 25, 30, 40, 50, 60, 70, 100 y 500, las cuales permitieron ubicar las deflexiones entre 35% y 65% de la máxima deflexión.

Para llegar al juicio de la capacidad estructural del pavimento existente se tomaron en cuenta los resultados obtenidos mediante el método racional elástico de regresión. Una metodología de base racional es el denominado Método de Hogg, el cual mediante el uso de modelos elásticos para pavimentos y la medición experimental de deflexiones, determina la capacidad estructural de la estructura pavimento-subrasante.

Esta metodología utiliza el modelo de Hogg para idealizar la estructura pavimento – subrasante. Los materiales de este sistema pueden ser caracterizados en base al análisis e interpretación de las curvas de deflexiones. Las deflexiones producidas en la superficie de un pavimento flexible, por acción de cargas vehiculares, son determinadas haciendo uso de deflectómetros tales como el denominado “Viga Benkelman”.

En base a las deflexiones medidas en campo el programa permite determinar los módulos de elasticidad del pavimento y de la subrasante, CBR y el Módulo de Resiliencia.

En cuanto a la evaluación deflectométrica mediante la utilización del Modelo Hogg, se obtuvieron los siguientes módulos de resiliencia para el tramo en evaluación, tal como se indica a continuación:

**Cuadro 2.7 Evaluación deflectométrica del tramo en estudio**

TRAMO	KM 29+000 – KM 31+000
DEFLEXION PROMEDIO (0.01 mm)	38.1
DESVIACION ESTANDAR (0.01 mm)	14.67
COEFICIENTE DE VARIACION (%)	38.5
MODULO RESILIENTE HOGG (ksi)	16.5
MODULO RESILIENTE CBR (ksi)	13.7
DEFLEXION CARACTERISTICA (0.01 mm)	62.23

Fuente: Cesel

Al respecto en la evaluación efectuada, en la carretera Cañete Lunahuaná se observó una clara correspondencia entre la deflexión y la condición del pavimento medido a través de su PCI, esta comprobación es fundamental para validar la metodología empleada, al verificarse que la deflexión constituye un adecuado indicador del comportamiento del pavimento.

## **CAPITULO III**

### **EVALUACION DE LA ESTABILIDAD DE TALUDES**

#### **3.1. ESTABILIDAD DE TALUDES EN CARRETERAS**

En los taludes de carreteras los principales causantes del deterioro son la gravedad, los cambios de temperatura, el agua y los elementos biológicos, todos ellos actúan de manera conjunta ocasionando deslizamientos o desprendimientos que pueden afectar la transitabilidad de la carretera.

Se entiende por talud a cualquier superficie inclinada respecto de la horizontal que hayan de adoptar permanentemente las estructuras de tierra. No hay duda que el talud constituye una estructura compleja de analizar debido a que en su estudio coinciden los problemas de mecánica de suelos y de mecánica de rocas, sin olvidar el papel básico que la geología aplicada desempeña en la formulación de cualquier criterio aceptable.

Parece claro que la estabilidad de un talud depende tanto de su geometría, pendiente y altura como de las características intrínsecas del propio suelo que lo forma, ángulo de rozamiento interno y cohesión.

El resultado del deslizamiento de un talud puede ser a menudo catastrófico, con la pérdida de considerables bienes y muchas vidas. Por otro lado el costo de rebajar un talud para alcanzar mayor estabilidad suele ser muy grande. Es por esto que la estabilidad se debe asegurar pero un conservadorismo extremo sería antieconómico.

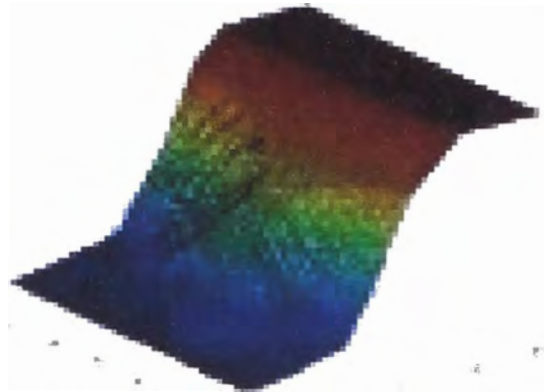
#### **3.2. OBJETIVO DE LA EVALUACION**

El objetivo principal de una evaluación de estabilidad de taludes o laderas es establecer medidas de prevención y control para reducir los niveles de amenaza y riesgo. Sin embargo, la eliminación total de los problemas no es posible mediante métodos preventivos en todos los casos y se requiere de intervención para controlar la estabilización de taludes susceptibles a sufrir deslizamientos o desprendimientos. La estabilización de estos es un trabajo relativamente complejo, el cual requiere de metodologías de diseño y construcción.

### 3.3. CAUSAS DE INESTABILIDAD DE TALUDES

Para el análisis de los movimientos de inestabilidad de un talud o una ladera es de primordial importancia el reconocimiento de los factores que actúan como desencadenantes. Su conocimiento permitirá, además, definir las medidas necesarias para evitarlos o corregirlos.

Suele admitirse que los factores o las causas que producen la inestabilidad de taludes o laderas no se presentan de manera aislada, haciéndolo normalmente combinados (excavación, lluvias y sismo).



**Figura 3.1. Diagrama de un talud**

La susceptibilidad de una masa de terreno a deslizar entendida esta palabra en su sentido más amplio y no como referencia al fenómeno de inestabilidad conocido como deslizamiento depende, básicamente, de los siguientes factores:

#### 3.3.1. Geología y Tectónica

Si las fracturas ligadas a la tectónica tienen una inclinación desfavorable, aun en ausencia de agua, pueden producirse inestabilidades. Lo mismo se podría decir en relación con las fallas, la degradación que pueden sufrir los materiales situados en sus proximidades, es también una causa muy frecuente de producción de inestabilidades.



### **3.3.2. Geometría**

La altura e inclinación del talud así como la topografía de los alrededores son también un factor determinante.

### **3.3.3. Sobrecargas puntuales**

Pueden estar distribuidas en coronación de taludes o en laderas. Constituyen ejemplos típicos los rellenos, escombreras, acumulaciones de materiales en general, estructuras, etc. Estas sobrecargas producen un incremento de las tensiones de corte y de las presiones intersticiales en suelos de naturaleza arcillosa.

### **3.3.4. Cambios en el contenido de agua del suelo**

Cambios en el contenido de agua del suelo. La saturación de los materiales que constituyen una ladera natural o un talud después de un período de lluvias, implica un incremento de peso de la masa potencialmente inestable y una menor resistencia al corte.

### **3.3.5. Cambios en las condiciones de circulación de aguas profundas**

La excavación de un talud puede dar lugar a unos elevados gradientes de circulación de las aguas subterráneas para adaptarse a las nuevas condiciones geométricas establecidas, y por lo tanto a una variación de las presiones intersticiales existentes.

### **3.3.6. Meteorización**

Son muy numerosos los materiales que ante agentes físicos, químicos o atmosféricos sufren importantes transformaciones de comportamiento. En el caso de las rocas es bastante conocida en España la transformación del granito en Jabre.

### **3.3.7. Sacudidas sísmicas, voladuras y vibraciones**

Los movimientos de tierra producidos por cualquiera de las causas anteriores, originan un cambio temporal del estado de esfuerzos existente en una masa de terreno que puede afectar a la estabilidad de la misma. En el caso de arenas finas saturadas es frecuente que se produzca el fenómeno de la licuefacción.

Hay que recalcar la gran importancia que tiene el agua en la estabilidad de un talud. Es quizá el principal agente desencadenante de gran número de movimientos de inestabilidad, debido a la disminución de resistencia a que da lugar y al aumento de presiones intersticiales. La asociación entre movimientos y períodos lluviosos es ampliamente conocida en el mundo entero.

### 3.4. TIPOS DE FALLA EN LA ESTABILIDAD DE TALUDES

Los deslizamientos de taludes ocurren de muchas maneras y aún persiste cierto grado de incertidumbre en su predictibilidad, rapidez de ocurrencia y área afectada. Sin embargo, existen ciertos patrones que ayudan a identificar y reconocer áreas potenciales de fallas, lo cual permite el tratamiento del talud para eliminar o reducir a un mínimo el riesgo de falla. En el cuadro 3.1 se presenta una clasificación de fallas de taludes adaptada de Hunt (1984).

**Cuadro 3.1 Clasificación de fallas**

Tipo de falla	Forma	Definición
Desprendimientos	Caída libre	Desprendimiento repentino de uno o más bloques de suelo o roca que descienden en caída libre.
	Volcadura	Caída de un bloque de roca con respecto a un pivote ubicado debajo de su centro de gravedad.
Derrumbes	Planar	Movimiento lento o rápido de un bloque de suelo o roca a lo largo de una superficie de falla plana.
	Rotacional	Movimiento relativamente lento de una masa de suelo, roca o una combinación de los dos a lo largo de una superficie curva de falla bien definida.

	Desparramamiento lateral	Movimiento de diferentes bloques de suelo con desplazamientos distintos.
	Deslizamiento de escombros	Mezcla de suelo y fragmentos de roca moviéndose a lo largo de una superficie de roca planar.
Avalanchas	De roca o escombros	Movimiento rápido de una masa incoherente de escombros de roca o suelo-roca donde no se distingue la estructura original del material.
Flujo	De escombros	Suelo o roca moviéndose como un fluido viscoso, desplazándose usualmente hasta distancias mucho mayores de la falla.
Repteo		Movimiento lento e imperceptible talud abajo de una masa de suelo o suelo-roca

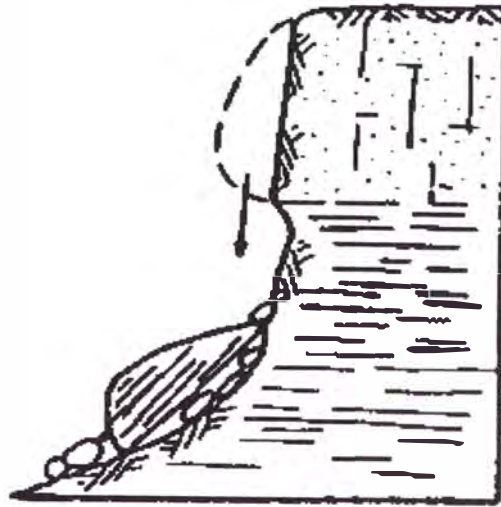
### 3.4.1 Desprendimientos

Son fallas repentinas de taludes verticales o casi verticales que producen el desprendimiento de un bloque o múltiples bloques que descienden en caída libre (figura 3.2). La volcadura de los bloques generalmente desencadena un desprendimiento (figura 3.3).

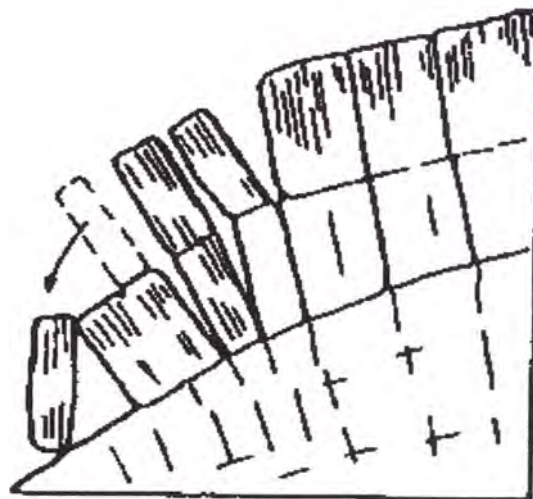
En suelos, los desprendimientos son causados por socavación de taludes debido a la acción del hombre o erosión de quebradas. En macizos rocosos son causados por socavación debido a la erosión. En algunos casos los desprendimientos son el resultado de meteorización diferencial.

Los desprendimientos o caídas son relevantes desde el punto de vista de la ingeniería porque la caída de uno o varios bloques puede ocasionar daños a estructuras o a otros taludes que se encuentren en la parte inferior y podría originar una destrucción masiva.

Los desprendimientos se producen comúnmente en taludes verticales o casi verticales en suelos débiles a moderadamente fuertes y en macizos rocosos fracturados. Generalmente, antes de la falla ocurre un desplazamiento, el cual puede ser identificado por la presencia de grietas de tensión.



**Figura 3.2 Desprendimiento de bloques**



**Figura 3.3 Volcadura de bloques**

### **3.4.2. Derrumbes**

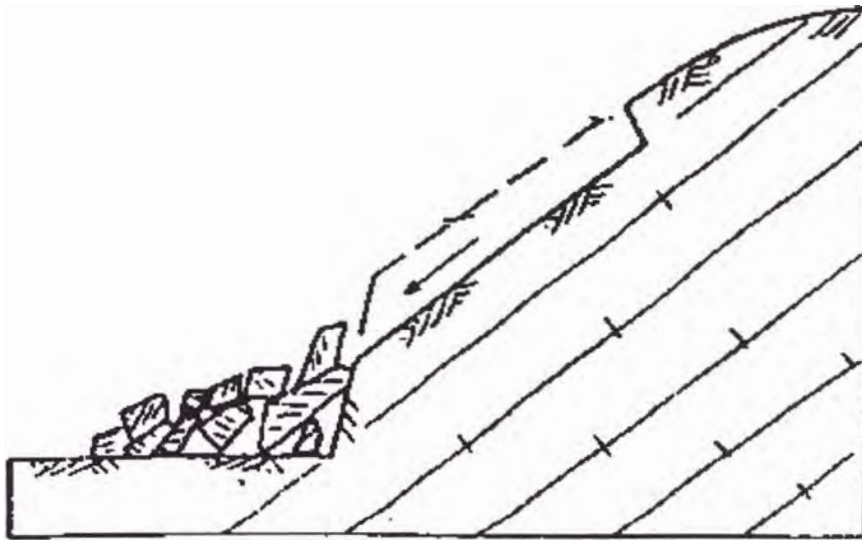
Los derrumbes se encuentran asociados a fallas en suelos y rocas, y de acuerdo con la forma de la superficie de falla se subdividen en rotacionales y planares.

#### **Derrumbes planares**

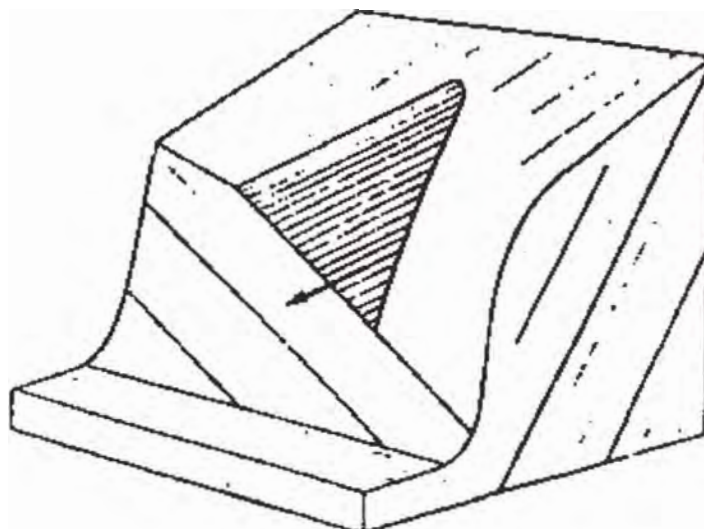
Los derrumbes planares consisten en el movimiento de un bloque (o bloques) de suelo o roca a lo largo de una superficie de falla plana bien definida. Estos derrumbes pueden ocurrir lenta o rápidamente.

Los deslizamientos planares en macizos rocosos consisten en el deslizamiento como una unidad o unidades (bloques) talud abajo, a lo largo de una o más superficies planas (figura 3.4). También se puede generar una falla de cuña a lo largo de la intersección de dos planos, consistente de uno o varios bloques de pequeño a gran tamaño (figura 3.5).

Los deslizamientos en bloque pueden ser destructivos especialmente en regiones montañosas donde los deslizamientos masivos de roca resultan desastrosos y en muchos casos no pueden ser prevenidos.



**Figura 3.4** Deslizamiento planar en macizo rocoso



**Figura 3.5** Deslizamiento en forma de cuña

Los deslizamientos planares suelen ocurrir en:

- Rocas sedimentarias que tengan un buzamiento similar o menor a la inclinación de la cara del talud.
- Discontinuidades, tales como fallas, foliaciones o diaclasas que forman largos y continuos planos de debilidad que interceptan la superficie del talud.
- Intersección de diaclasas o discontinuidades que dan como resultado la falla de un bloque en forma de cuña.

En general, durante los períodos iniciales de la falla se generan grietas de tracción con un pequeño desplazamiento, luego se pueden observar escarpes frescos que dejan los bloques con posterioridad al movimiento. En algunos casos, este movimiento deja sin vegetación la zona deslizada y los escombros quedan expuestos al pie del talud.

### Derrumbes rotacionales

Los derrumbes rotacionales tienden a ocurrir lentamente en forma de cuchara y el material comienza a fallar por rotación a lo largo de una superficie cilíndrica; aparecen grietas en la cresta del área inestable y abombamientos al pie de la masa deslizante (figura 3.6). Al finalizar, la masa se desplaza sustancialmente y deja un escarpe en la cresta.

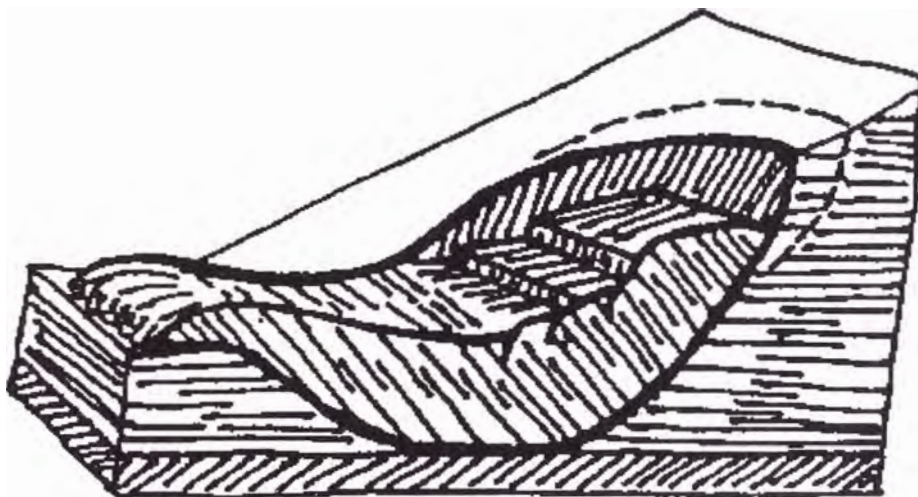


Figura 3.6 Derrumbe rotacional

La principal causa de este tipo de falla es el incremento de la inclinación del talud, meteorización y fuerzas de filtración; sus consecuencias no son catastróficas, a pesar de que el movimiento puede causar severos daños a

estructuras que se encuentren en la masa deslizante o sus alrededores. Cuando se presentan algunos signos tempranos de falla los taludes pueden ser estabilizados.

En las etapas tempranas del deslizamiento se forman grietas de tensión, luego de la falla parcial se genera una serie de pequeños hundimientos y escarpes, y al momento de la falla total se pueden apreciar varios escarpes en la superficie además de grietas de tensión, concéntricas y profundas, así como una gran masa de material incoherente al pie del talud.

#### - Desparramamiento lateral y falla progresiva

Los desparramamientos laterales son una forma de falla planar que ocurre en suelos y rocas. La masa se deforma a lo largo de una superficie plana que representa una zona débil, tal como lo ilustra la figura 3.7. Los bloques se separan progresivamente por tensión.



**Figura 3.7. Desparramamiento Lateral**

Este tipo de falla es común en valles de ríos y se asocia también con arcillas firmes y duras fisuradas, lutitas y estratos con buzamiento horizontal y una zona continua de debilidad. También se presenta en coluvios con pendientes suaves que se encuentran sobre suelos residuales o rocas.

Los desparramamientos laterales pueden activarse repentinamente por eventos sísmicos. Sin embargo, bajo acciones gravitacionales se generan grietas de tensión. Durante la falla progresiva, las grietas de tensión se abren y los escarpes forman grandes bloques.

#### - Deslizamiento de escombros

En los deslizamientos de escombros, una masa de suelo o mezcla de suelo y fragmentos de roca se mueven como una unidad a lo largo de superficies planas con alta inclinación. Estos deslizamientos ocurren de manera progresiva y pueden convertirse en avalanchas o flujos. Las principales causas de deslizamientos de escombros son el incremento de las fuerzas de filtración y la inclinación del talud. La ocurrencia de este tipo de deslizamiento es común en suelos residuales y depósitos coluviales que reposan sobre una superficie de roca.

#### **3.4.3 Avalanchas**

Las avalanchas son el movimiento rápido de escombros, de suelo o de roca y puede o no comenzar con la ruptura a lo largo de una superficie de falla. Toda la vegetación, el suelo y la roca suelta pueden ser arrastrados.

Las principales causas de avalanchas son las altas fuerzas de filtración, alta pluviosidad, derretimiento de nieve, sismos o deslizamiento gradual de los estratos de roca. Las avalanchas ocurren de manera brusca sin previo aviso y generalmente son impredecibles. Los efectos pueden ser desastrosos y pueden sepultar extensas áreas al pie del talud.

Las avalanchas son características de zonas montañosas con pendientes muy inclinadas en suelos residuales donde la topografía causa concentración de la escorrentía. También se puede presentar en zonas de roca muy fracturada.

#### **3.4.4 Flujo de escombros**

Este tipo de falla es similar a las avalanchas, excepto que la cantidad de agua es mayor y por ello la masa fluye como lodo. La principal causa es el aporte de grandes lluvias y material suelto en la superficie.

#### **3.4.5 Repteo**

El repteo consiste en un lento e imperceptible movimiento o deformación del material de un talud frente a bajos niveles de esfuerzos que generalmente afectan a las porciones más superficiales del talud, aunque también puede afectar a porciones profundas cuando existe un estrato poco resistente. El repteo es el resultado de la acción de fuerzas de filtración o gravitacionales y es un indicador de condiciones favorables para el deslizamiento.



El repteo es característico en materiales cohesivos y rocas blandas como lutitas y sales, en taludes moderadamente empinados a empinados.

Los rasgos característicos del repteo son la presencia de crestas paralelas y transversales a la máxima pendiente del talud y postes de cerca inclinados.

### **3.5. FACTORES QUE INFLUENCIAN LA ESTABILIDAD DE LOS TALUDES**

Los deslizamientos en taludes ocurren de muchas maneras y existe cierto grado de incertidumbre en su predicción. Sin embargo, conocer los deslizamientos que han ocurrido en el área de interés constituye un buen punto de partida para la detección y evaluación de potenciales deslizamientos en el futuro.

Para conocer los deslizamientos pasados se puede revisar diversas fuentes, tales como periódicos locales, revistas nacionales o internacionales especializadas en el tema, mapas de zonificación de casos de inestabilidad geológica, inventarios de riesgos geológicos, etc.

No siempre es posible conseguir documentación escrita de ocurrencias previas de deslizamientos, por lo que la información de los vecinos del sector -si los hay- constituye generalmente una valiosa fuente de información.

El tipo de información solicitada a los vecinos sería la descripción de deslizamientos previos en el área, el comportamiento de los taludes durante el período de lluvias, comportamiento durante eventos sísmicos, presencia de antiguas lagunas que se hayan secado, existencia de grietas en construcciones de la zona, grietas en el terreno, inclinación de postes, cercas o árboles con deformaciones, etc.

#### **3.5.1. Geología de la región**

La topografía actual es el producto de millones de años de desarrollo y modificación a lo largo de diferentes procesos geológicos. Este proceso es continuo y los deslizamientos de taludes constituyen unos de los mecanismos de modificación (Schuster and Krizek 1976). La geología representa un factor primordial en la estabilidad de un talud y existen muchos factores geológicos que ilustran el potencial del deslizamiento de taludes.

El relieve y la topografía están determinados por la geología del área, lo que permite estimar la susceptibilidad al movimiento en el nivel regional. En general,

los deslizamientos pueden ocurrir en cualquier tipo de relieve si las condiciones están dadas, sin embargo, la experiencia de trabajar y observar distintos tipos de relieves ha demostrado que los deslizamientos son más comunes en ciertos tipos de relieves. A continuación se incluye una breve descripción de las características de estos relieves.

- **Taludes escarpados:** En terrenos escarpados los deslizamientos pueden ocurrir en cualquier tipo de material geológico. Sin embargo, la causa más común de derrumbe en taludes escarpados es el deslizamiento a lo largo del contacto con la roca de suelos residuales o coluviales. El material meteorizado o suelto no puede mantener la misma pendiente que la roca, por ello, una fuerte lluvia o un corte al pie del talud pueden activar el deslizamiento de la masa suprayacente.
- **Áreas de concentración de drenaje y filtración:** Un estudio cuidadoso de la red de drenaje y áreas de concentración de agua es extremadamente importante. Es probable que ocurran filtraciones con el subsecuente deslizamiento en áreas debajo de reservorios, canales de irrigación o depresiones con agua estancada. Es importante reconocer el peligro potencial de las áreas derivadas de drenaje superficial, especialmente en rocas porosas y fracturadas.
- **Áreas de concentración de fracturas:** El movimiento de taludes puede estar estructuralmente condicionado por superficies débiles tales como fallas, diaclasas, planos de deposición y foliación. Estas estructuras pueden dividir un macizo rocoso en una serie de unidades individuales que pueden actuar independientemente una de la otra.

Por ello, el macizo rocoso no puede ser considerado como un medio continuo sino como una serie de bloques individuales; estos planos de debilidad facilitan el flujo de aguas y desarrollo de vegetación, lo cual debilita los bloques y reduce la resistencia al deslizamiento. Por lo tanto, se debe buscar cuidadosamente las áreas con pequeño espaciamiento de diaclasas, especialmente cuando estas se cruzan y dividen el macizo rocoso en pequeños bloques que lo hace más inestable.

### 3.5.2. Topografía y estabilidad

Los mapas topográficos representan una excelente fuente de información para la detección de deslizamientos y, algunas veces, se puede identificar en ellos grandes áreas de deslizamiento. En los mapas topográficos, la escala y el intervalo de las curvas de nivel facilitan la identificación de los deslizamientos. Esta identificación se puede llevar a cabo mediante:

- Características topográficas evidentes, por ejemplo, pendientes empinadas (curvas de nivel con poco espaciamiento) en el escarpe de un deslizamiento, topografía con pequeñas elevaciones o montículos dentro de la masa deslizante (curvas de nivel que siguen un patrón irregular y no simétrico con depresiones poco profundas), presencia de masa separada y características de flujo en la parte baja.
- Curvas de nivel onduladas, vías locales dañadas con niveles desiguales y otros lineamientos superficiales tales como líneas de transmisión o cercas.
- Movimientos menores o irregularidades en zonas de pendientes empinadas, acantilados, bancos, áreas de concentración de drenaje, etc.

La identificación de deslizamientos en mapas topográficos se verá ayudada por la escala y el intervalo de las curvas de nivel en el mapa.

### 3.5.3 Pluviosidad

La pluviosidad tiene un efecto primordial en la estabilidad de los taludes ya que influencia la forma, incidencia y magnitud de los deslizamientos. En suelos residuales, generalmente no saturados, el efecto acumulativo puede llegar a saturar el terreno y activar un deslizamiento.

Con respecto a la pluviosidad hay tres aspectos importantes:

- El ciclo climático en un período de años, por ejemplo, alta precipitación anual versus baja precipitación anual.
- La acumulación de pluviosidad en un año determinado en relación con la acumulación normal.
- Intensidad de una tormenta específica.

### 3.5.4 Erosión

La erosión puede ser causada por agentes naturales y humanos. Entre los agentes naturales se pueden incluir el agua de escorrentía, aguas subterráneas, olas, corrientes y viento. La erosión por agentes humanos incluye cualquier actividad que permite un incremento de la velocidad del agua, especialmente en taludes sin protección, como la tala de árboles u otro tipo de vegetación que ayuda a fijar el suelo y mejorar la estabilidad del talud.

La erosión puede causar la pérdida de soporte de fundación de estructuras, pavimentos, rellenos y otras obras de ingeniería. En terrenos montañosos, incrementa la incidencia de taludes inestables y puede resultar en la pérdida de vías u otras estructuras.

La sedimentación y arrastre de aluviones son otros efectos importantes de la erosión que en los lagos o embalses incrementan la turbidez de las aguas y crean un peligro para la vida acuática, contaminan el agua potable y reducen la capacidad de almacenamiento de los embalses y por tanto su vida útil.

Existen ciertos procedimientos para controlar la erosión y sedimentación. En bancos de ríos y canales, la protección se puede proveer con estructuras de retención o revestimiento de concreto. En taludes, la protección consiste en:

- Sembrar vegetación de rápido crecimiento además de instalar un sistema de control del drenaje superficial
- Instalar fajinas en la dirección transversal del talud, las cuales se pueden sujetar con estacas.
- Sellar las grietas superficiales con concreto, suelo o asfalto para prevenir la infiltración, lo cual reduce la erosión.

### 3.5.5. Licuefacción debido a acciones sísmicas

La mayoría de las fallas de los taludes durante sismos se debe al fenómeno de licuefacción en suelos no-cohesivos, sin embargo, también se han observado fallas en suelos cohesivos durante algunos eventos sísmicos de gran magnitud.

La licuefacción es un fenómeno que consiste en una caída brusca de resistencia al corte de un suelo granular en condiciones no drenadas, la cual puede ser activada por la repetida aplicación de pequeños incrementos o decrementos de esfuerzos de corte inducidos por vibraciones del terreno asociadas con terremotos o explosiones. La pérdida de resistencia es de tal magnitud que

momentáneamente el suelo alcanza la consistencia de un fluido pesado y se originan grandes deformaciones.

Los fenómenos de licuefacción se han observado generalmente en depósitos aluviales recientes compuestos por granulares, como los que se encuentran típicamente en los deltas o zonas de inundación de ríos y lagos.

Los parámetros más relevantes en la evaluación del potencial de licuefacción son:

- La granulometría (tamaño, gradación y forma de granos).
- La densidad relativa del depósito.

Estas características son determinadas por el método de deposición, la edad geológica y la historia de esfuerzos del depósito.

Las arenas finas limpias y las arenas limosas no-plásticas que contienen menos de 10% de finos son las más susceptibles a la licuefacción porque tienen la tendencia a depositarse de manera suelta y presentan una permeabilidad baja para impedir el drenaje durante las vibraciones del terreno.

En general, los materiales con un coeficiente de uniformidad  $C_u$  (definido como el tamaño de 60% de los granos más finos del depósito) entre 2 y 5 y un tamaño promedio dado por el  $D_{50}$  que varía entre 0,02 mm y 2,0 mm son los más propensos a la licuefacción. Basado en los resultados de análisis granulométricos en suelos que sufrieron o no licuefacción durante sismos, Tsuchida (1970) propuso las granulometrías de frontera que se muestran en la figura 3.8

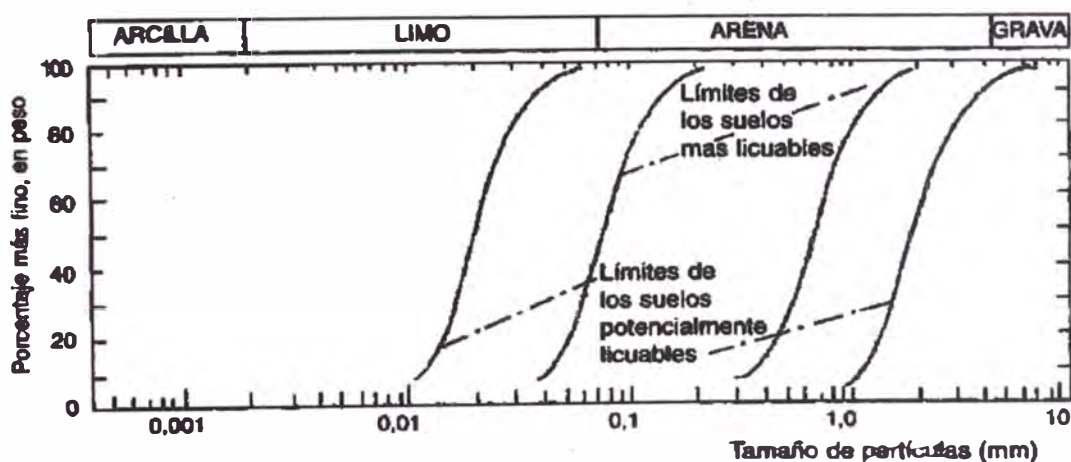


Figura 3.8 Granulometrías límites de suelos potencialmente licuables

### 3.6. PUNTOS CRÍTICOS EN EL TRAMO EN ESTUDIO

En el tramo en estudio solo se ha observado un punto crítico en lo que se refiere a estabilidad de taludes, que necesita ser evaluado y se encuentra al lado izquierdo de la carretera entre las siguientes progresivas

#### **Km 29+000 al km 29+245**

En este kilómetro el río impacta contra los terraplenes y se deflecta formando una curva, la misma que por la fuerza centrífuga ha ido acercándose más a la carretera. En la visita de campo se observó que el eje actual de la vía ya había sido desplazado por el colapso de la vía a causa de la erosión de los taludes. La zona se vuelve más inestable si se tiene en cuenta que incluso en periodos de mínimas avenidas, el flujo siempre impacta en el pie de apoyo del terraplén.



**Figura 3.9. Zona crítica por erosión del talud del terraplén  
km 29+000 al km 29+245**

## CAPITULO IV APLICACIONES AL SIG

### 4.1 SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (SIG)

El término SIG procede del acrónimo de Sistema de Información Geográfica (en inglés GIS, Geographic Information System).

Técnicamente se puede definir un SIG como una colección organizada de equipos electrónicos (hardware) programados adecuadamente (software) que permiten manejar una serie de datos espaciales (información geográfica), es decir que están diseñados para la eficiente captura, almacenamiento, integración, actualización, modificación, análisis espacial, y despliegue de todo tipo de información geográficamente referenciada, que permite realizar una serie de análisis complejos siguiendo los criterios impuestos por un equipo científico (personal).



Figura 4.1 Diagrama funcional de un SIG

### 4.2 FUNCIONAMIENTO DE UN SIG

El SIG funciona como una base de datos con información geográfica (datos alfanuméricos) que se encuentra asociada por un identificador común a los

objetos gráficos de un mapadigital. De esta forma, señalando un objeto se conocen sus atributos e, inversamente, preguntando por un registro de la base de datos se puede saber su localización en lacartografía.



Figura 4.2 Inserción de fotos en un mapa temático

El Sistema de Información Geográfica separa la información en diferentes capas temáticas y las almacena independientemente, permitiendo trabajar con ellas de manera rápida y sencilla, y facilitando al profesional la posibilidad de relacionar la información existente a través de la topología de los objetos, con el fin de generar otra nueva que no podríamos obtener de otra forma.



Figura 4.3 Separación de información mediante capas



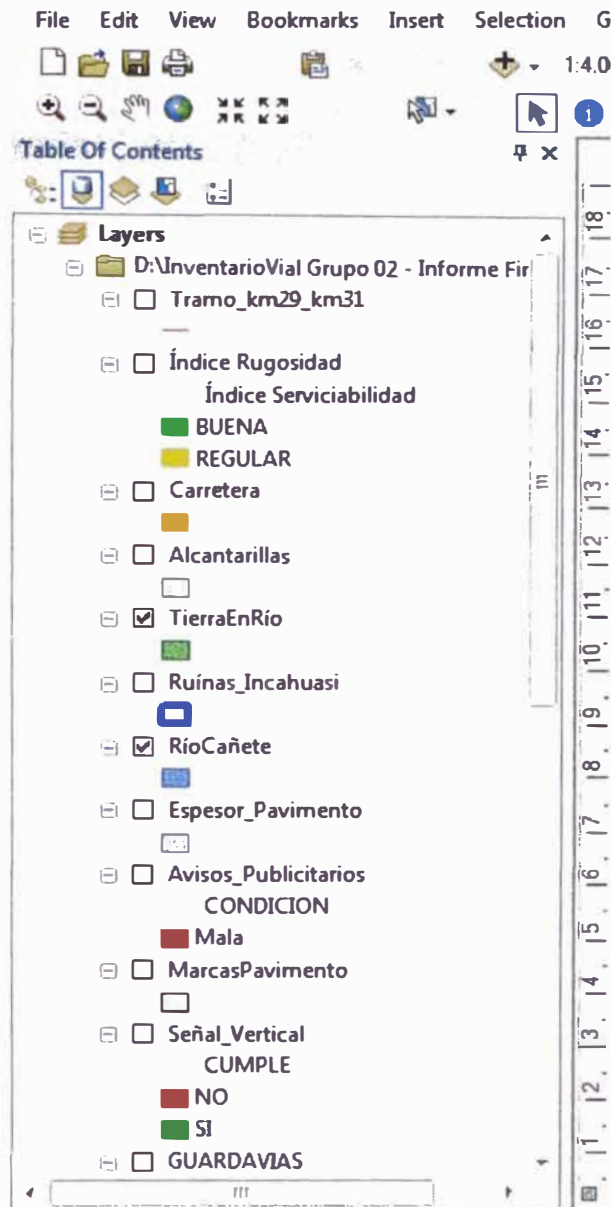


Figura 4.4 Capas temáticas del programa ArcGis

Las principales cuestiones que puede resolver un Sistema de Información Geográfica son:

- **Localización:** preguntar por las características de un lugar concreto.
- **Condición:** el cumplimiento o no de unas condiciones impuestas.

- **Tendencia:** comparación entre situaciones temporales o espaciales distintas de alguna característica.
- **Rutas:** cálculo de rutas óptimas entre dos o más puntos.
- **Pautas:** detección de pautas espaciales.
- **Modelos:** generación de modelos a partir de fenómenos o actuaciones simuladas.

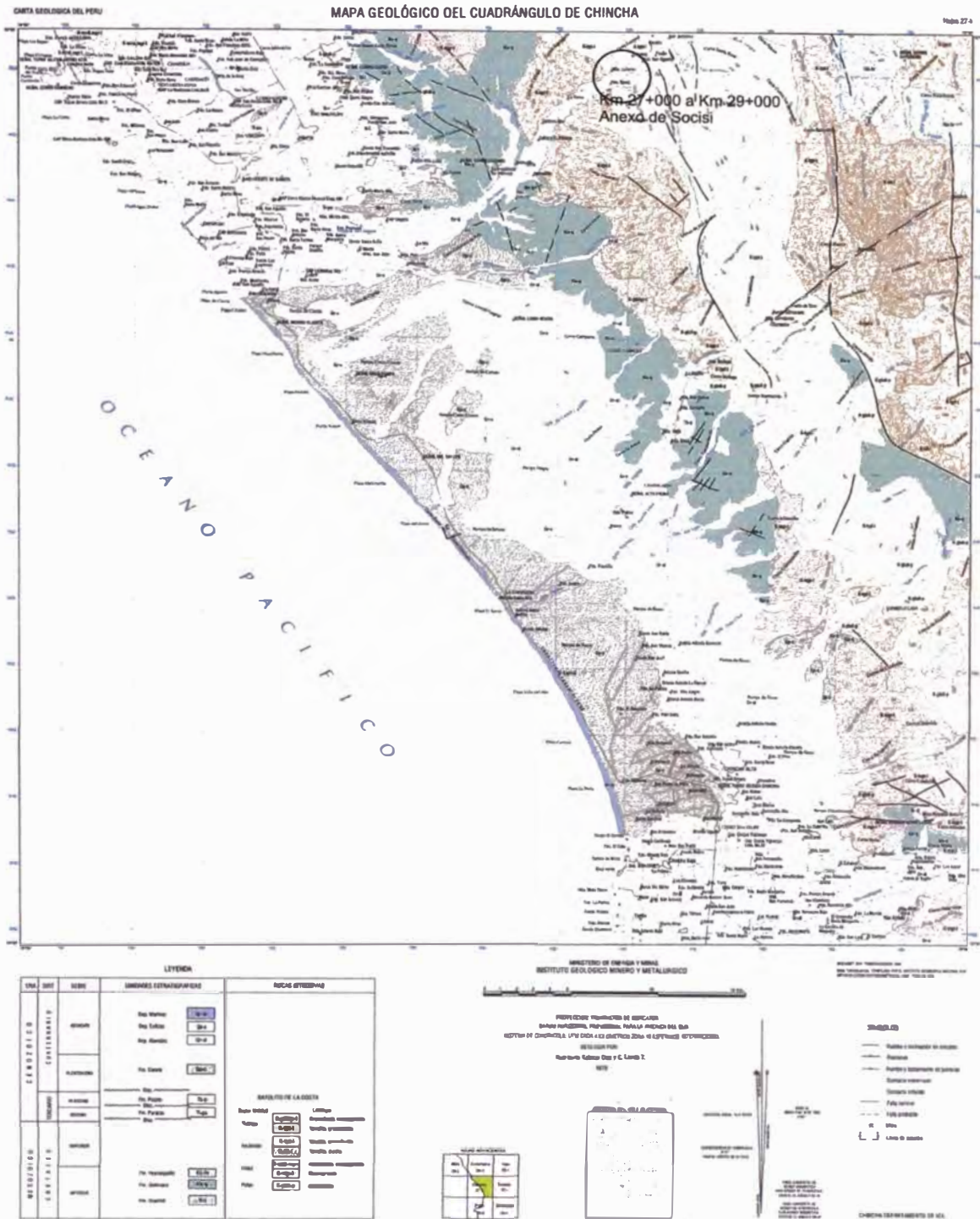
Por ser tan versátiles, el campo de aplicación de los Sistemas de Información Geográfica es muy amplio, pudiendo utilizarse en la mayoría de las actividades con un componente espacial.

### 4.3 TÉCNICAS UTILIZADAS EN LOS SIG

#### 4.3.1 Creación de datos

Los SIG trabajan con información digital, para la cual existen varios métodos utilizados en la creación de datos digitales. El método más utilizado es la digitalización, donde a partir de un mapa impreso o con información tomada en campo se transfiere a un medio digital por el empleo de un programa de Diseño Asistido por Computadora (DAC o CAD) con capacidades de georeferenciación.

Dada la amplia disponibilidad de imágenes orto-rectificadas (tanto de satélite y como aéreas), la digitalización por esta vía se está convirtiendo en la principal fuente de extracción de datos geográficos. Esta forma de digitalización implica la búsqueda de datos geográficos directamente en las imágenes aéreas en lugar del método tradicional de la localización de formas geográficas sobre un tablero de digitalización.



Fuente: IGN

Figura 4.5 Mapa geológico del cuadrángulo de Chincha

### 4.3.2 Representación de datos

Los datos SIG representan los objetos del mundo real (carreteras, estado del pavimento, alcantarillas, señalizaciones, el uso del suelo, altitudes). Los objetos

del mundo real se pueden dividir en dos abstracciones: objetos discretos (una alcantarilla) y continuos (cantidad de lluvia caída, una elevación). Existen dos formas de almacenar los datos en un SIG: raster y vectorial.

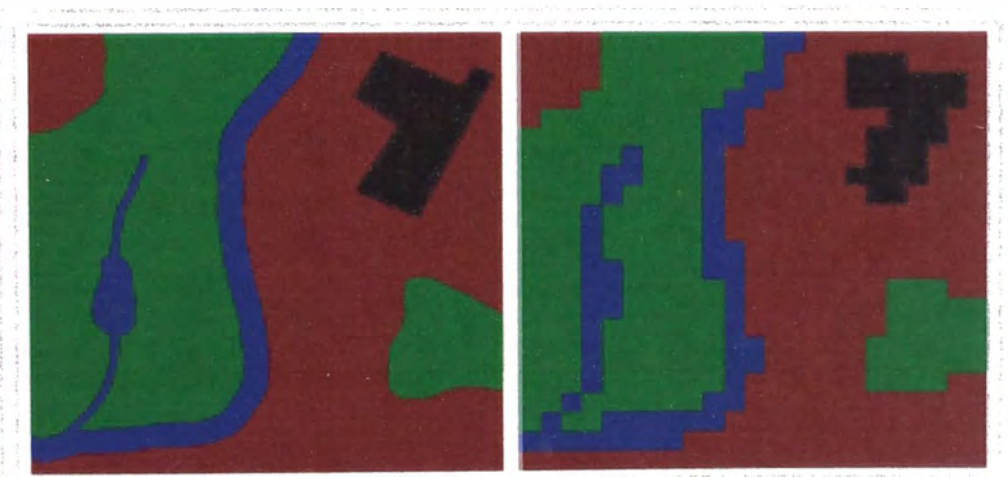


**Figura 4.6 Ejemplo de objeto discreto**



**Figura 4.7 Ejemplo de objeto continuo**

Los SIG que se centran en el manejo de datos en formato vectorial son más usados. No obstante, los SIG raster son muy utilizados en estudios que requieran la generación de capas continuas, necesarias en fenómenos no discretos; también en estudios medioambientales donde no se requiere una excesiva precisión espacial (contaminación atmosférica, distribución de temperaturas, localización de especies marinas, análisis geológicos, etc.).

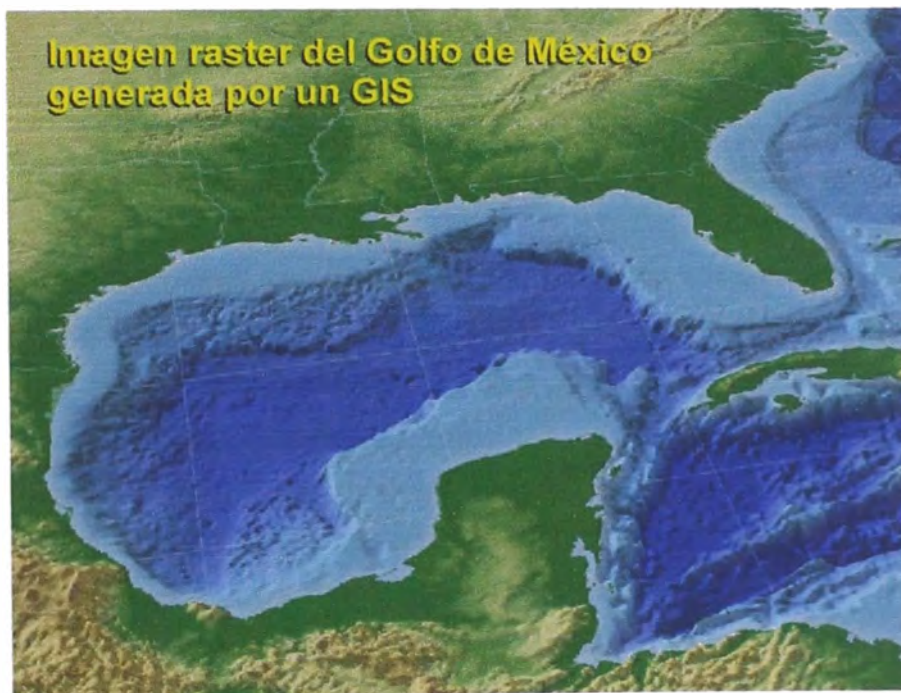


**Figura 4.8 Interpretación cartográfica vectorial (izquierda) y raster (derecha)**

## Raster

Un tipo de datos raster es, en esencia, cualquier tipo de imagen digital representada en mallas. El modelo de SIG raster o de retícula se centra en las propiedades del espacio más que en la precisión de la localización. Divide el espacio en celdas regulares donde cada una de ellas representa un único valor.

Cualquiera que esté familiarizado con la fotografía digital reconoce el píxel como la unidad menor de información de una imagen. Una combinación de estos píxeles creará una imagen, a distinción del uso común de gráficos vectoriales escalables que son la base del modelo vectorial. Si bien una imagen digital se refiere a la salida como una representación de la realidad, en una fotografía o el arte transferidos a la computadora, el tipo de datos raster reflejará una abstracción de la realidad. Las fotografías aéreas son una forma de datos raster utilizada comúnmente con un sólo propósito: mostrar una imagen detallada de un mapa base sobre la que se realizarán labores de digitalización. Otros conjuntos de datos raster podrán contener información referente a las elevaciones del terreno (un Modelo Digital del Terreno), o de la reflexión de la luz de una particular longitud de onda, entre otros.



**Figura 4.9 Imagen raster generada por un SIG**

Los datos raster se componen de filas y columnas de celdas, cada celda almacena un valor único. Los datos raster pueden ser imágenes (imágenes raster), con un valor de color en cada celda (o píxel). Otros valores registrados para cada celda pueden ser un valor discreto, como el uso del suelo, valores continuos, como temperaturas, o un valor nulo si no se dispone de datos. Si bien una trama de celdas almacena un valor único, estas pueden ampliarse mediante el uso de las bandas del raster para representar los colores RGB (rojo, verde, azul), o una tabla extendida de atributos con una fila para cada valor único de células. La resolución del conjunto de datos raster es el ancho de la celda en unidades sobre el terreno.

Los datos raster se almacenan en diferentes formatos, desde un archivo estándar basado en la estructura de TIFF, JPEG, etc. a grandes objetos binarios (BLOB), los datos almacenados directamente en Sistema de gestión de base de datos. El almacenamiento en bases de datos, cuando se indexan, por lo general permiten una rápida recuperación de los datos raster, pero a costa de requerir el almacenamiento de millones de registros con un importante tamaño de memoria. En un modelo raster cuanto mayor sean las dimensiones de las celdas, menor es la precisión o detalle (resolución) de la representación del espacio geográfico.

### **Vectorial**

En un SIG, las características geográficas se expresan con frecuencia como vectores, manteniendo las características geométricas de las figuras.

En los datos vectoriales, el interés de las representaciones se centra en la precisión de localización de los elementos geográficos sobre el espacio y donde los fenómenos a representar son discretos, es decir, de límites definidos. Cada una de estas geometrías está vinculada a una fila en una base de datos que describe sus atributos. Por ejemplo, una base de datos que describe los lagos puede contener datos sobre labatimetría de estos, la calidad del agua o el nivel de contaminación. Esta información puede ser utilizada para crear un mapa que describa un atributo particular contenido en la base de datos. Los lagos pueden tener un rango de colores en función del nivel de contaminación. Además, las diferentes geometrías de los elementos también pueden ser comparadas. Así, por ejemplo, el SIG puede ser usado para identificar aquellos

pozos (geometría de puntos) que están en torno a 2 kilómetros de un lago (geometría de polígonos) y que tienen un alto nivel de contaminación.

Los elementos vectoriales pueden crearse respetando una integridad territorial a través de la aplicación de unas normas topológicas tales como que "los polígonos no deben superponerse". Los datos vectoriales se pueden utilizar para representar variaciones continuas de fenómenos. Las líneas de contorno y las redes irregulares de triángulos (TIN) se utilizan para representar la altitud u otros valores en continua evolución. Los TIN son registros de valores en un punto localizado, que están conectados por líneas para formar una malla irregular de triángulos. La cara de los triángulos representa, por ejemplo, la superficie del terreno.

Para modelar digitalmente las entidades del mundo real se utilizan tres elementos geométricos: el punto, la línea y el polígono.

#### ➤ **Puntos**

Los puntos se utilizan para las entidades geográficas que mejor pueden ser expresadas por un único punto de referencia. En otras palabras: la simple ubicación. Por ejemplo, las localizaciones de los pozos, picos de elevaciones o puntos de interés. Los puntos transmiten la menor cantidad de información de estos tipos de archivo y no son posibles las mediciones. También se pueden utilizar para representar zonas a una escala pequeña. Por ejemplo, las ciudades en un mapa del mundo estarán representadas por puntos en lugar de polígonos.

#### ➤ **Líneas o polilíneas**

Las líneas unidimensionales o polilíneas son usadas para rasgos lineales como ríos, caminos, ferrocarriles, rastros, líneas topográficas o curvas de nivel. De igual forma que en las entidades puntuales, en pequeñas escalas pueden ser utilizados para representar polígonos. En los elementos lineales puede medirse la distancia.

#### ➤ **Polígonos**

Los polígonos bidimensionales se utilizan para representar elementos geográficos que cubren un área particular de la superficie de la tierra. Estas



entidades pueden representar lagos, límites de parques naturales, edificios, provincias, o los usos del suelo, por ejemplo. Los polígonos transmiten la mayor cantidad de información en archivos con datos vectoriales y en ellos se pueden medir el perímetro y el área.

### Objetos con datos vectoriales

- Los objetos reales se pueden simplificar en tres tipos de objetos geográficos

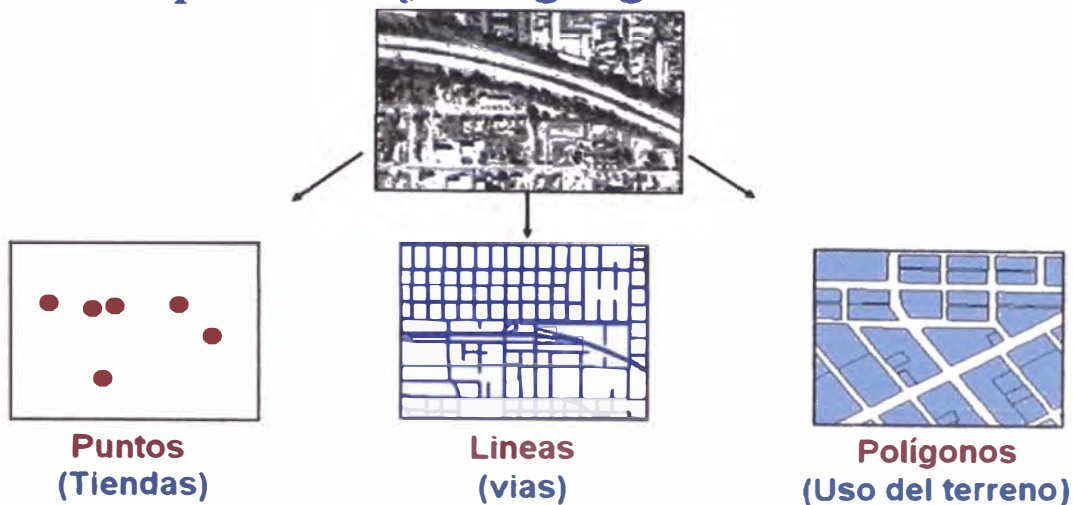


Figura 4.10 Objetos con datos vectoriales

### Ventajas y desventajas de los modelos raster y vectorial

Existen ventajas y desventajas en el empleo de un modelo de datos raster o vector para representar la realidad.

Cuadro 4.1 Ventajas del SIG tipo vectorial o tipo raster

Vectorial	Raster
La estructura de los datos es compacta. Almacena los datos sólo de los elementos digitalizados por lo que requiere menos memoria para su almacenamiento y tratamiento.	La estructura de los datos es muy simple.
Codificación eficiente de la topología y las operaciones espaciales.	Las operaciones de superposición son muy sencillas.

<b>Vectorial</b>	<b>Raster</b>
Buena salida gráfica. Los elementos son representados como gráficos vectoriales que no pierden definición si se amplía la escala de visualización.	Formato óptimo para variaciones altas de datos.
Tienen una mayor compatibilidad con entornos de bases de datos relacionales.	Buen almacenamiento de imágenes digitales.
Las operaciones de re-escalado, reproyección son más fáciles de ejecutar.	
Los datos son más fáciles de mantener y actualizar.	
En algunos aspectos permite una mayor capacidad de análisis, sobre todo en redes.	

**Cuadro 4.2 Desventajas del SIG tipo vectorial o tipo raster**

<b>Vectorial</b>	<b>Raster</b>
La estructura de los datos es más compleja.	Mayor requerimiento de memoria de almacenamiento. Todas las celdas contienen datos.
Las operaciones de superposición son más difíciles de implementar y representar.	Las reglas topológicas son más difíciles de generar.
Eficacia reducida cuando la variación de datos es alta.	Las salidas gráficas son menos vistosas y estéticas. Dependiendo de la resolución del archivo raster, los elementos pueden tener sus límites originales más o menos definidos.
Es un formato más laborioso de mantener actualizado.	

#### 4.4 RESULTADOS DE INVENTARIO VIAL

Como parte de los resultados obtenidos en los trabajos del Inventario vial efectuados por el grupo No 2, solo se utilizaran los siguientes cuadros para la obtención de mapas temáticos:

Puntos Críticos	SIC-13
Estado de Conservación del pavimento (PCI/40)	SIC-14
Alcantarillas	SIC-18
Seguridad y Señalización Horizontal	SIC-21
Señalización Vertical	SIC-22
Rugosidad (IRI/200)	SIC-30

### CUADRO 4.3 Ancho de Faja

#### ANCHO DE FAJA

SIC - 09 09: ANCHO DE FAJAS

Carretera	Tramo	Km Inicio	Km Final	Caizada Izquierda	Caizada Derecha	Total de Ancho
024	Cañete-Lunahuana	29+000	29+020	5.06	3.37	8.43
024	Cañete-Lunahuana	29+020	29+040	4.25	3.27	7.52
024	Cañete-Lunahuana	29+040	29+060	3.47	3.60	7.07
024	Cañete-Lunahuana	29+060	29+080	3.62	3.42	7.04
024	Cañete-Lunahuana	29+080	29+100	3.38	3.56	6.94
024	Cañete-Lunahuana	29+100	29+120	3.32	4.24	7.56
024	Cañete-Lunahuana	29+120	29+140	3.08	4.00	7.08
024	Cañete-Lunahuana	29+140	29+160	3.37	3.65	7.02
024	Cañete-Lunahuana	29+160	29+180	3.70	3.52	7.22
024	Cañete-Lunahuana	29+180	29+200	3.80	3.52	7.32
024	Cañete-Lunahuana	29+200	29+220	4.39	3.28	7.67
024	Cañete-Lunahuana	29+220	29+240	3.92	3.36	7.28
024	Cañete-Lunahuana	29+240	29+260	3.68	3.49	7.17
024	Cañete-Lunahuana	29+260	29+280	3.60	3.49	7.09
024	Cañete-Lunahuana	29+280	29+300	3.60	3.50	7.10
024	Cañete-Lunahuana	29+300	29+320	3.37	4.24	7.61
024	Cañete-Lunahuana	29+320	29+340	3.43	4.17	7.60
024	Cañete-Lunahuana	29+340	29+360	3.33	3.60	6.93
024	Cañete-Lunahuana	29+360	29+380	3.25	3.62	6.87
024	Cañete-Lunahuana	29+380	29+400	3.52	3.73	7.25
024	Cañete-Lunahuana	29+400	29+420	3.43	4.22	7.65
024	Cañete-Lunahuana	29+420	29+440	3.37	4.34	7.71
024	Cañete-Lunahuana	29+440	29+460	3.41	3.89	7.30
024	Cañete-Lunahuana	29+460	29+480	3.49	3.38	6.87
024	Cañete-Lunahuana	29+480	29+500	3.47	3.42	6.89
024	Cañete-Lunahuana	29+500	29+520	3.24	3.60	6.84
024	Cañete-Lunahuana	29+520	29+540	3.49	3.35	6.84
024	Cañete-Lunahuana	29+540	29+560	3.48	3.37	6.85
024	Cañete-Lunahuana	29+560	29+580	3.47	3.38	6.85
024	Cañete-Lunahuana	29+580	29+600	3.40	3.44	6.84
024	Cañete-Lunahuana	29+600	29+620	3.40	3.42	6.82
024	Cañete-Lunahuana	29+620	29+640	4.30	3.35	7.65
024	Cañete-Lunahuana	29+640	29+660	4.45	3.70	8.15
024	Cañete-Lunahuana	29+660	29+680	3.55	3.64	7.19
024	Cañete-Lunahuana	29+680	29+700	3.29	3.63	6.92
024	Cañete-Lunahuana	29+700	29+720	3.48	3.38	6.86
024	Cañete-Lunahuana	29+720	29+740	3.43	3.42	6.85
024	Cañete-Lunahuana	29+740	29+760	3.62	3.43	7.05
024	Cañete-Lunahuana	29+760	29+780	3.60	3.44	7.04
024	Cañete-Lunahuana	29+780	29+800	3.57	3.34	6.91
024	Cañete-Lunahuana	29+800	29+820	3.50	3.38	6.88
024	Cañete-Lunahuana	29+820	29+840	3.49	3.40	6.89
024	Cañete-Lunahuana	29+840	29+860	3.45	3.45	6.90
024	Cañete-Lunahuana	29+860	29+880	3.42	3.37	6.79
024	Cañete-Lunahuana	29+880	29+900	3.40	3.27	6.67
024	Cañete-Lunahuana	29+900	29+920	3.28	3.70	6.98
024	Cañete-Lunahuana	29+920	29+940	3.38	3.94	7.32
024	Cañete-Lunahuana	29+940	29+960	3.34	4.22	7.56
024	Cañete-Lunahuana	29+960	29+980	3.24	4.29	7.53
024	Cañete-Lunahuana	29+980	30+000	3.38	4.28	7.66

## ANCHO DE FAJA

SIC - 09 09: ANCHO DE FAJAS

Carretera	Tramo	Km Inicio	Km Final	Calzada Izquierda	Calzada Derecha	Total de Ancho
024	Cañete-Lunahuana	30+000	30+020	3.47	4.34	7.81
024	Cañete-Lunahuana	30+020	30+040	3.62	4.12	7.74
024	Cañete-Lunahuana	30+040	30+060	3.44	3.74	7.18
024	Cañete-Lunahuana	30+060	30+080	3.45	3.49	6.94
024	Cañete-Lunahuana	30+080	30+100	3.55	3.37	6.92
024	Cañete-Lunahuana	30+100	30+120	3.57	3.41	6.98
024	Cañete-Lunahuana	30+120	30+140	3.77	3.45	7.22
024	Cañete-Lunahuana	30+140	30+160	4.28	3.35	7.63
024	Cañete-Lunahuana	30+160	30+180	4.04	3.44	7.48
024	Cañete-Lunahuana	30+180	30+200	3.51	3.45	6.96
024	Cañete-Lunahuana	30+200	30+220	3.34	3.55	6.89
024	Cañete-Lunahuana	30+220	30+240	3.38	3.42	6.80
024	Cañete-Lunahuana	30+240	30+260	3.38	3.34	6.72
024	Cañete-Lunahuana	30+260	30+280	3.40	3.34	6.74
024	Cañete-Lunahuana	30+280	30+300	3.58	3.41	6.99
024	Cañete-Lunahuana	30+300	30+320	3.40	3.44	6.84
024	Cañete-Lunahuana	30+320	30+340	3.14	3.73	6.87
024	Cañete-Lunahuana	30+340	30+360	3.17	3.38	6.55
024	Cañete-Lunahuana	30+360	30+380	3.10	3.30	6.40
024	Cañete-Lunahuana	30+380	30+400	3.11	3.17	6.28
024	Cañete-Lunahuana	30+400	30+420	2.92	3.28	6.20
024	Cañete-Lunahuana	30+420	30+440	3.11	3.08	6.19
024	Cañete-Lunahuana	30+440	30+460	3.15	3.00	6.15
024	Cañete-Lunahuana	30+460	30+480	3.13	3.18	6.31
024	Cañete-Lunahuana	30+480	30+500	3.41	3.08	6.49
024	Cañete-Lunahuana	30+500	30+520	3.02	3.30	6.32
024	Cañete-Lunahuana	30+520	30+540	2.87	3.30	6.17
024	Cañete-Lunahuana	30+540	30+560	2.96	3.50	6.46
024	Cañete-Lunahuana	30+560	30+580	3.90	3.58	7.48
024	Cañete-Lunahuana	30+580	30+600	4.00	3.58	7.58
024	Cañete-Lunahuana	30+600	30+620	3.35	2.98	6.33
024	Cañete-Lunahuana	30+620	30+640	2.88	3.22	6.10
024	Cañete-Lunahuana	30+640	30+660	3.00	3.42	6.42
024	Cañete-Lunahuana	30+660	30+680	3.50	3.70	7.20
024	Cañete-Lunahuana	30+680	30+700	2.92	4.14	7.06
024	Cañete-Lunahuana	30+700	30+720	3.18	3.27	6.45
024	Cañete-Lunahuana	30+720	30+740	3.10	3.26	6.36
024	Cañete-Lunahuana	30+740	30+760	2.90	3.32	6.22
024	Cañete-Lunahuana	30+760	30+780	2.95	3.44	6.39
024	Cañete-Lunahuana	30+780	30+800	3.06	3.30	6.36
024	Cañete-Lunahuana	30+800	30+820	3.15	3.17	6.32
024	Cañete-Lunahuana	30+820	30+840	3.59	3.29	6.88
024	Cañete-Lunahuana	30+840	30+860	3.43	3.30	6.73
024	Cañete-Lunahuana	30+860	30+880	3.32	3.30	6.62
024	Cañete-Lunahuana	30+880	30+900	3.21	3.34	6.55
024	Cañete-Lunahuana	30+900	30+920	3.04	3.38	6.42
024	Cañete-Lunahuana	30+920	30+940	2.88	3.48	6.36
024	Cañete-Lunahuana	30+940	30+960	3.00	3.32	6.32
024	Cañete-Lunahuana	30+960	30+980	3.08	3.28	6.36
024	Cañete-Lunahuana	30+980	31+000	3.11	3.29	6.40

### CUADRO 4.4 Puntos Críticos

#### PUNTOS CRITICOS

SIC - 13

CARRETERA	TRAMO	KM INICIO	KM FINAL	LADO	CLASE	FECHA
024	Cañete-Lunahuana	29+000	29+245	Izquierdo	Erosión	22/10/11

CUADRO 4.5 Estado de conservación del pavimento

ESTADO DE CONSERVACION DEL PAVIMENTO

SIC - 14

Carretera	Tramo	Km Inicial	Km Final	Valor PCI	Clasificación
024	Cañete-Lunahuana	29+000	29+040	83	MUY BUENO
024	Cañete-Lunahuana	29+040	29+080	78	MUY BUENO
024	Cañete-Lunahuana	29+080	29+120	72	MUY BUENO
024	Cañete-Lunahuana	29+120	29+160	74	MUY BUENO
024	Cañete-Lunahuana	29+160	29+200	74	MUY BUENO
024	Cañete-Lunahuana	29+200	29+240	58	BUENO
024	Cañete-Lunahuana	29+240	29+280	62	BUENO
024	Cañete-Lunahuana	29+280	29+320	58	BUENO
024	Cañete-Lunahuana	29+320	29+360	38	MALO
024	Cañete-Lunahuana	29+360	29+400	50	REGULAR
024	Cañete-Lunahuana	29+400	29+440	65	BUENO
024	Cañete-Lunahuana	29+440	29+480	66	BUENO
024	Cañete-Lunahuana	29+480	29+520	62	BUENO
024	Cañete-Lunahuana	29+520	29+560	64	BUENO
024	Cañete-Lunahuana	29+560	29+600	68	BUENO
024	Cañete-Lunahuana	29+600	29+640	48	REGULAR
024	Cañete-Lunahuana	29+640	29+680	62	BUENO
024	Cañete-Lunahuana	29+680	29+720	68	BUENO
024	Cañete-Lunahuana	29+720	29+760	69	BUENO
024	Cañete-Lunahuana	29+760	29+800	64	BUENO
024	Cañete-Lunahuana	29+800	29+840	63	BUENO
024	Cañete-Lunahuana	29+840	29+880	62	BUENO
024	Cañete-Lunahuana	29+880	29+920	47	REGULAR
024	Cañete-Lunahuana	29+920	29+960	58	BUENO
024	Cañete-Lunahuana	29+960	30+000	75	MUY BUENO
024	Cañete-Lunahuana	30+000	30+040	72	MUY BUENO
024	Cañete-Lunahuana	30+040	30+080	65	BUENO
024	Cañete-Lunahuana	30+080	30+120	52	REGULAR
024	Cañete-Lunahuana	30+120	30+160	60	BUENO
024	Cañete-Lunahuana	30+160	30+200	50	REGULAR
024	Cañete-Lunahuana	30+200	30+240	63	BUENO
024	Cañete-Lunahuana	30+240	30+280	76	MUY BUENO
024	Cañete-Lunahuana	30+280	30+320	78	MUY BUENO
024	Cañete-Lunahuana	30+320	30+360	50	REGULAR
024	Cañete-Lunahuana	30+360	30+400	48	REGULAR
024	Cañete-Lunahuana	30+400	30+440	68	BUENO
024	Cañete-Lunahuana	30+440	30+480	62	BUENO
024	Cañete-Lunahuana	30+480	30+520	35	MALO
024	Cañete-Lunahuana	30+520	30+560	38	MALO
024	Cañete-Lunahuana	30+560	30+600	40	MALO
024	Cañete-Lunahuana	30+600	30+640	42	MALO
024	Cañete-Lunahuana	30+640	30+680	56	BUENO
024	Cañete-Lunahuana	30+680	30+720	60	BUENO
024	Cañete-Lunahuana	30+720	30+760	68	BUENO
024	Cañete-Lunahuana	30+760	30+800	62	BUENO
024	Cañete-Lunahuana	30+800	30+840	40	MALO
024	Cañete-Lunahuana	30+840	30+880	52	REGULAR
024	Cañete-Lunahuana	30+880	30+920	49	REGULAR
024	Cañete-Lunahuana	30+920	30+960	51	REGULAR
024	Cañete-Lunahuana	30+960	31+000	53	REGULAR

Fuente: Elaboración propia

### Cuadro 4.6 Ubicación de alcantarillas

#### UBICACIÓN DE ALCANTARILLAS

SIC - 18

Carretera	Tramo	Ubicación	Clase	Tipo	Vanos	Condición Estructural	Condición Función
024	Cañete-Lunahuana	29+303	Alcantarilla Definitiva	TMC	1	EXCELENTE	BUENA
024	Cañete-Lunahuana	29+545	Alcantarilla Definitiva	TMC	1	EXCELENTE	REGULAR
024	Cañete-Lunahuana	29+619	Alcantarilla Definitiva	TMC	1	EXCELENTE	BUENA
024	Cañete-Lunahuana	30+380	Alcantarilla Definitiva	TMC	1	EXCELENTE	MALA
024	Cañete-Lunahuana	30+570	Alcantarilla Definitiva	TMC	1	EXCELENTE	MALA
024	Cañete-Lunahuana	30+655	Alcantarilla Definitiva	TMC	1	PREOCUPANTE	MALA
024	Cañete-Lunahuana	30+760	Alcantarilla Definitiva	TMC	1	EXCELENTE	REGULAR
024	Cañete-Lunahuana	30+840	Alcantarilla Definitiva	TMC	1	EXCELENTE	REGULAR
024	Cañete-Lunahuana	30+920	Alcantarilla Definitiva	TMC	1	EXCELENTE	BUENA

Fuente: Elaboración propia

### Cuadro 4.7 Señalización horizontal

#### SEÑALIZACION HORIZONTAL

SIC - 21

Carretera	Tramo	Km Inicio	Km Final	Clasificación
024	Cañete-Lunahuana	29+000	29+020	LINEA CENTRAL CONTINUA
024	Cañete-Lunahuana	29+020	29+360	LINEA CENTRAL DISCONTINUA
024	Cañete-Lunahuana	29+360	29+440	DOBLE LINEA CENTRAL CONTINUA
024	Cañete-Lunahuana	29+440	29+860	LINEA CENTRAL DISCONTINUA
024	Cañete-Lunahuana	29+860	30+160	DOBLE LINEA CENTRAL CONTINUA
024	Cañete-Lunahuana	30+160	30+520	LINEA CENTRAL DISCONTINUA
024	Cañete-Lunahuana	30+520	30+840	DOBLE LINEA CENTRAL CONTINUA
024	Cañete-Lunahuana	30+840	31+ 000	LINEA CENTRAL DISCONTINUA

Fuente: Elaboración propia

### Cuadro 4.8 Señalización vertical

#### SEÑALIZACION VERTICAL

SIC - 22

Carretera	Tramo	Km Inicio	Margen	Clasificación	Condición
024	Cañete-Lunahuana	29+000	DERECHA	INFORMATIVA	REGULAR
024	Cañete-Lunahuana	29+006	DERECHA	INFORMATIVA	REGULAR
024	Cañete-Lunahuana	29+266	DERECHA	PREVENTIVA	REGULAR
024	Cañete-Lunahuana	29+300	DERECHA	REGULADORAS	REGULAR
024	Cañete-Lunahuana	29+381	IZQUIERDA	INFORMATIVA	MALO
024	Cañete-Lunahuana	29+800	DERECHA	REGULADORAS	REGULAR
024	Cañete-Lunahuana	30+000	DERECHA	INFORMATIVA	REGULAR
024	Cañete-Lunahuana	30+488	DERECHA	REGULADORAS	REGULAR
024	Cañete-Lunahuana	30+619	DERECHA	PREVENTIVA	REGULAR
024	Cañete-Lunahuana	30+629	DERECHA	REGULADORAS	REGULAR
024	Cañete-Lunahuana	30+845	DERECHA	PREVENTIVA	REGULAR
024	Cañete-Lunahuana	31+000	IZQUIERDA	INFORMATIVA	REGULAR

Fuente: Elaboración propia

### Cuadro 4.9 Índice de rugosidad internacional

#### IRI / HUELLAS 200

SIC - 30

CARRETERA	CALZADA	FAJA	PROGRESIVA Km		IRI	FECHA
			INICIO	FIN		
024	CD	2	29.000	29.200	1.8	5/17/2008
024	CD	2	29.200	29.400	1.6	5/17/2008
024	CD	2	29.400	29.600	1.8	5/17/2008
024	CD	2	29.600	29.800	2.3	5/17/2008
024	CD	2	29.800	30.000	2.7	5/17/2008
024	CD	2	30.000	30.200	2.4	5/17/2008
024	CD	2	30.200	30.400	2.6	5/17/2008
024	CD	2	30.400	30.600	2.5	5/17/2008
024	CD	2	30.600	30.800	2.3	5/17/2008
024	CD	2	30.800	31.000	3.5	5/17/2008

Fuente: Consorcio general de Carreteras

## 4.5 ELABORACION DE MAPAS TEMATICOS

Para la elaboración de mapas temáticos se ha utilizado el programa ArcGis, utilizando como base de datos y tabla de atributos los datos recolectados en el inventario vial. Tomando en cuenta el tema del presente informe se ha procedido a realizar los siguientes mapas temáticos, con sus respectivos gráficos y reportes:

### 4.5.1 Condición Superficial del pavimento

Con los datos obtenidos en el SIC 14, que nos muestra una tabla con diferentes valores de PCI a lo largo del tramo en estudio hemos logrado obtener un gráfico que nos permite visualizar los valores de PCI en función a las progresivas del tramo. Como también elaborar un mapa temático que nos muestra mediante diferentes colores el estado de conservación de la carretera según este método. (Ver figura N° 4.12 y Anexo 01).



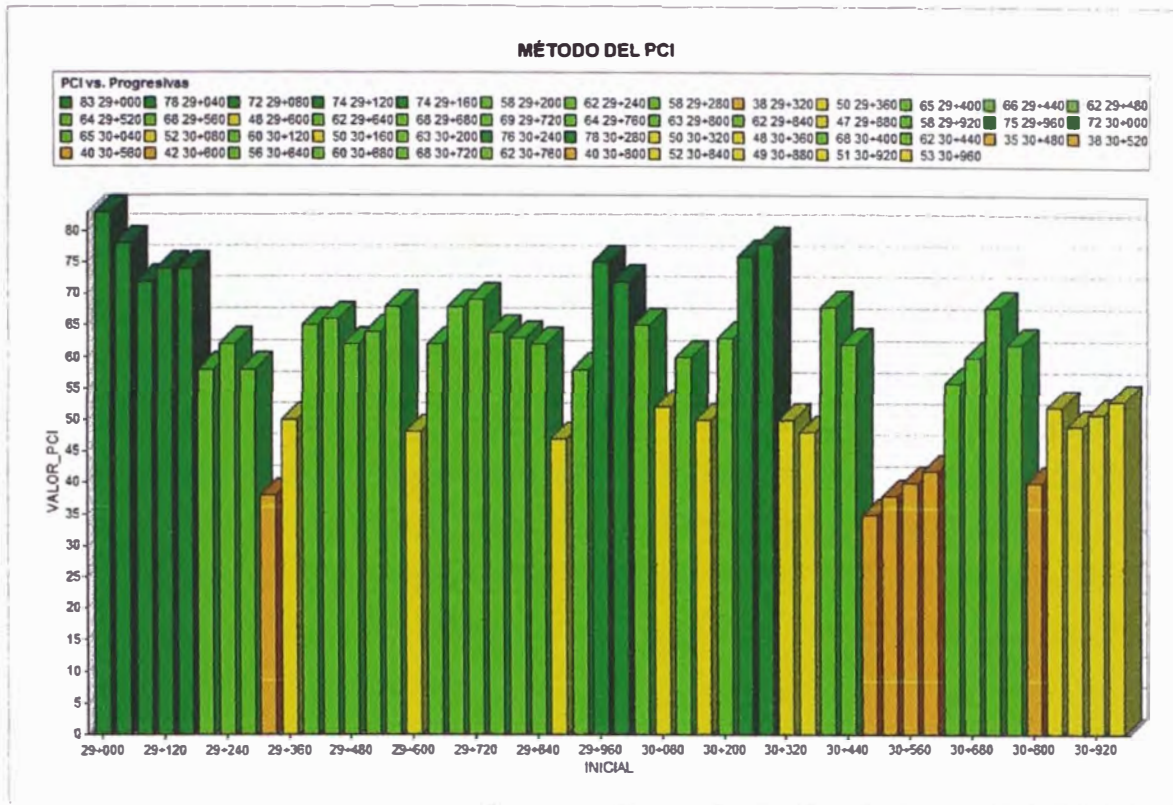


Figura 4.11 Gráfico Valor PCI vs Progresiva

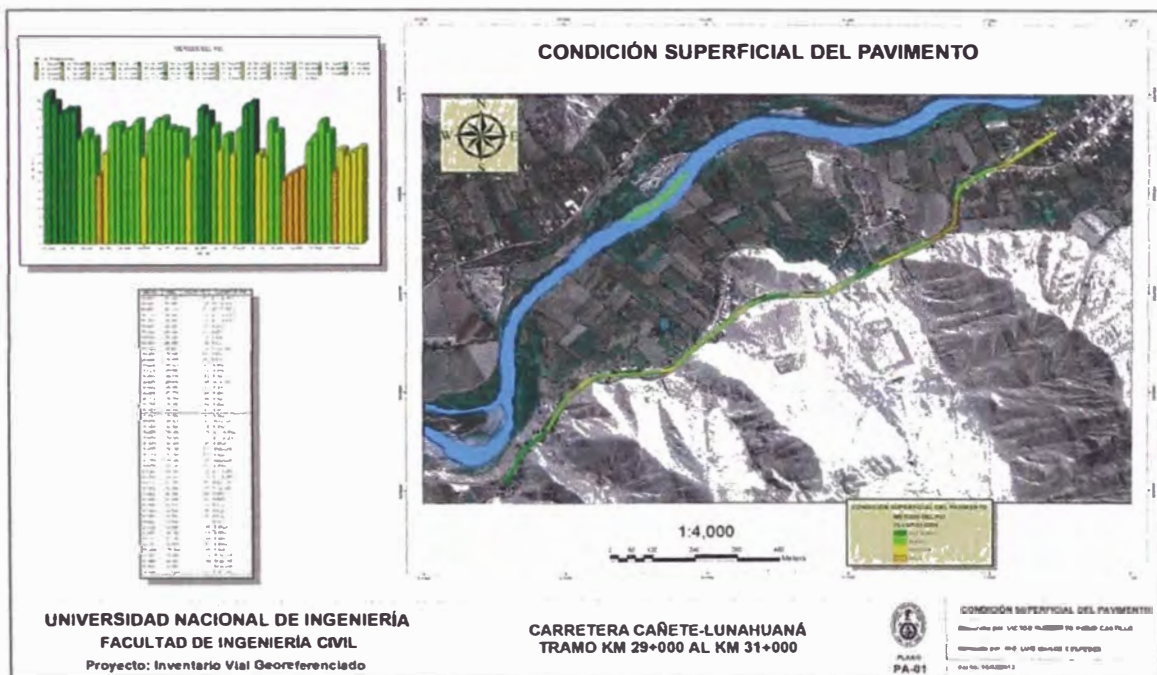


Figura 4.12 Mapa temático de la condición superficial del pavimento

### 4.5.2 Transitabilidad de la Vía

Con los datos obtenidos en el SIC 30, que nos muestra un tabla con diferentes índices de rugosidad (IRI) evaluados cada 200 metros a lo largo del tramo en estudio. Estos datos obtenidos del Inventario Vial efectuado por el Consorcio Gestión de Carreteras ha sido muy importante ya que nos ha permitido evaluar la transitabilidad de la vía.

En el capítulo 2 se han hecho los cálculos y conversiones necesarias para que en función al Índice de Rugosidad (IRI), obtener el Índice de Serviciabilidad Presente de la vía (PSI), que mediante un rango de calificación de 1 a 5 nos permite determinar la transitabilidad de la vía, la cual será representada mediante dos gráficos (ver figura 4.13 y 4.14) y un mapa temático (ver figura 4.15 y Anexo 02).

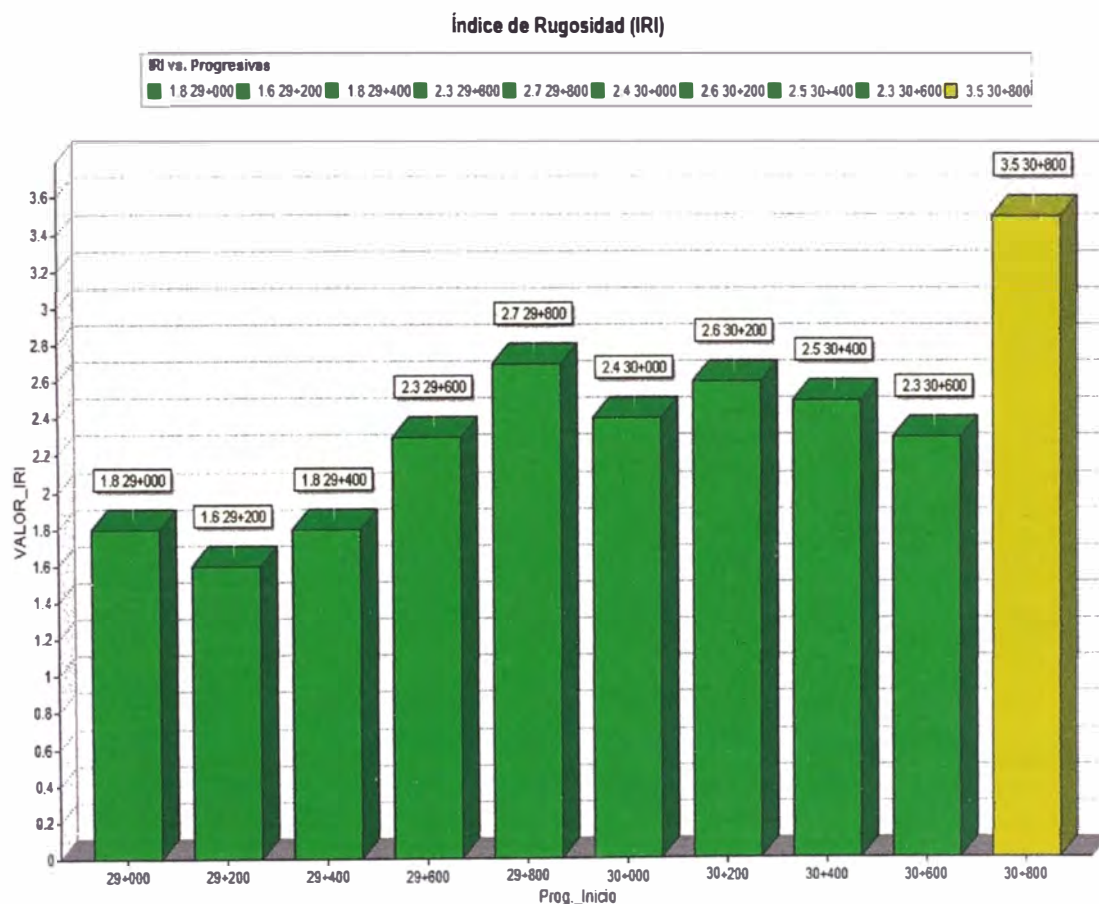


Figura 4.13 Índice de Rugosidad (IRI) vs Progresiva

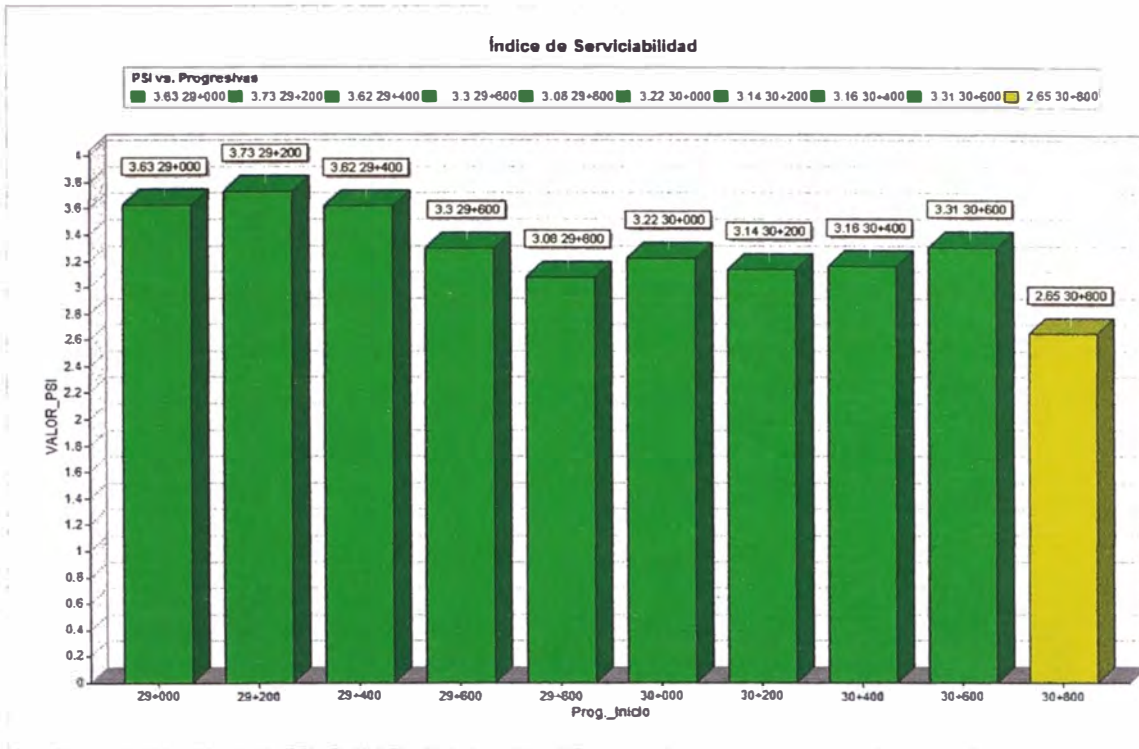


Figura 4.14 Índice de Serviabilidad Presente (PSI) vs Progresiva

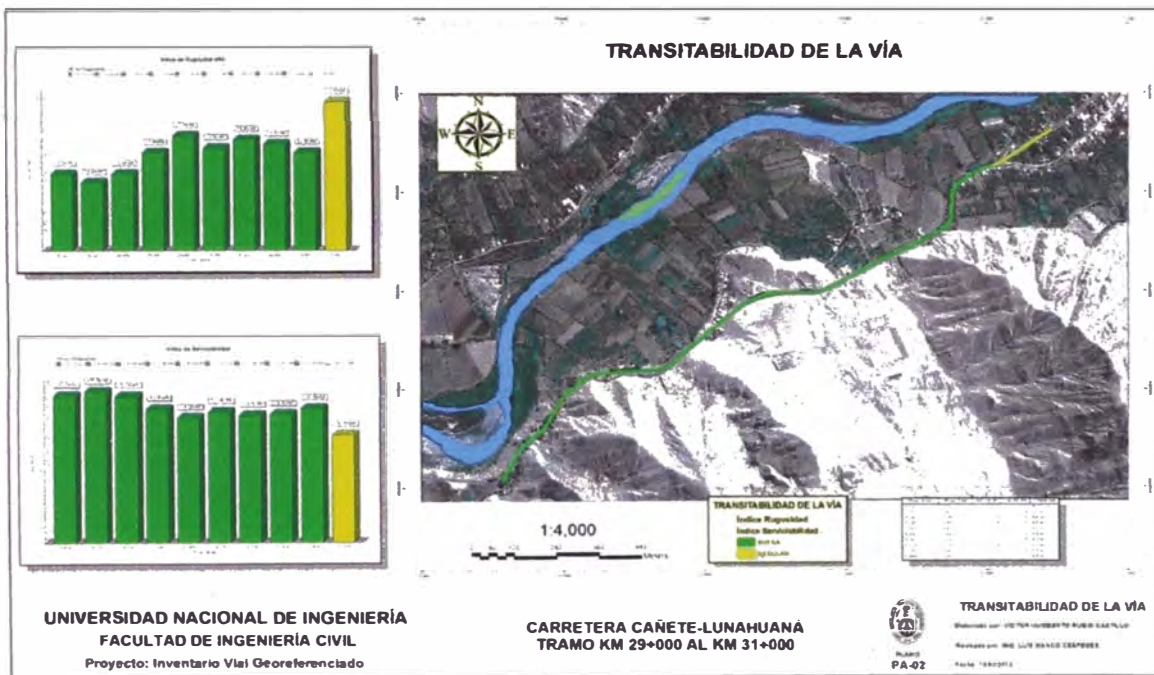


Figura 4.15 Mapa temático de Transitabilidad de la vía

### 4.5.3 Estabilidad de Taludes

El SIC 13 contiene los puntos críticos originados por la erosión del río Cañete sobre el talud del terraplén de la carretera Cañete-Lunahuana, en este caso la zona crítica está ubicada desde el km 29+000 al km 29+245. Este dato, obtenido del Inventario Vial efectuado por el Consorcio Gestión de Carreteras, ha sido de mucha importancia ya que ha permitido ubicar el tramo donde la estabilidad del talud es crítica. Se presenta la elaboración de su respectivo mapa temático en el Anexo 03 y en la figura N° 4.16.



Figura 4.16 Mapa temático de Estabilidad de Taludes

## CAPITULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1 CONCLUSIONES

- El tramo en estudio se encuentra constituido por una superficie de rodadura de concreto asfáltico con un espesor promedio de 5.7cm, un ancho de faja promedio de 7 m. y calzada CD (creciente-decreciente).
- De la evaluación superficial, se establece que el pavimento se encuentra en un estado de deterioro regular debido a la fatiga de la mezcla asfáltica existente. A pesar de que el valor PCI promedio obtenido en este tramo es de 59.56 lo cual indica una condición buena del tramo se requiere labores de rehabilitación y mantenimiento.
- Los valores promedio del IRI y PSI obtenidos en ambos carriles de la vía corresponde a un regular estado de transitabilidad, con valores de IRI promedio de 2.36 m/km que corresponden a 3.27 PSI respectivamente, y corresponden a un pavimento que se encuentra en una condición de transitabilidad de regular a buena.
- En cuanto a la evaluación estructural del pavimento, de acuerdo a las deflexiones máximas promedios se ha determinado que no existen zonas que tengan debilidad estructural significativa en este tramo.
- 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 envejecimiento y disgregación, piel de cocodrilo, fisuras longitudinales y transversales, ahuellamientos.
- De la evaluación de inestabilidad de taludes, se encontró un sector, del km 29+000 al km 29+245, afectado por la erosión ribereña en los terraplenes que sostienen la vía, para lo cual se deben realizar defensas ribereñas para evitar el colapso eminente de la vía en dicho sector.

## 5.2 RECOMENDACIONES

- La carreteras de bajo volumen de tránsito como esta deben ser sometidas a un mantenimiento periódico y rutinario para evitar mayores costos a largo plazo tanto para el usuario como para la entidad responsable.
- Se deben proponer soluciones efectivas y económicas para la reparación de fallas existentes, es importante evaluar la incidencia de las mismas, para realizar métodos de reparación sistematizados que impliquen menores costos de mantenimiento.
- Los datos obtenidos en el campo deben actualizarse periódicamente para que mediante los sistemas de información geográfica y la generación de mapas temáticos se pueda obtener modelos de deterioro de un pavimento y poder realizar una mejor gestión de pavimentos.
- Debido a que no existen zonas que tengan debilidad estructural significativa en este tramo no es necesario hacer labores de bacheo profundo en el tramo en estudio.
- Para las defensas ribereñas en el tramo crítico se pueden plantear tres soluciones: muros de concreto de manera que sostengan los taludes de los terraplenes naturales y eviten la erosión de la ribera del río Cañete, construcción de gaviones aprovechando los cantos rodados existentes en el lecho del río o por último la colocación de enrocados.
- La tercera opción de colocación de enrocados sería la más recomendable ya que los muros de concreto no aceptan asentamientos diferenciales y se agrietan a pesar de ser uniformes y resistentes, los gaviones que son la solución más económica son susceptibles a un colapso de la estructura por desgaste debido a la pendiente pronunciada del río Cañete y como consecuencia de ello la energía potencial con que transporta el material pétreo desgastaría las mallas del gavión.

## BIBLIOGRAFÍA

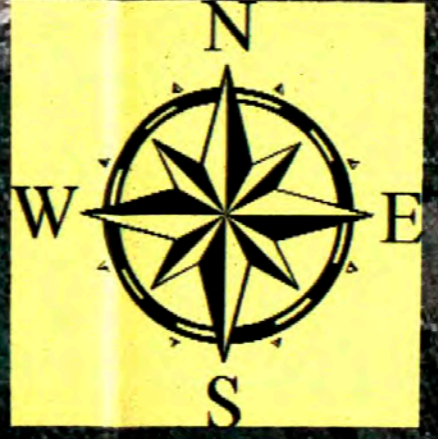
- Anderson Malcolm G., Crozier Michael J., Glade, Thomas, "Landslide Hazard and Risk" Willey Publishers , California, Estados Unidos, 2006.
- Carrasco Pedro Pablo, "Evaluación Estructural de Pavimentos", Ediciones Bellisco, Madrid, España, 2009.
- CESEL Ingenieros, "Estudio Definitivo de Rehabilitación y Mejoramiento de la Carretera Cañete– Lunahuana" Lima, Perú, 2010
- Consorcio Gestión de Carreteras, "Inventario Vial Carretera Cañete-Lunahuana – Pacarán – Zuñiga - Dv. Yauyos - Roncha-Chupaca" Informe Técnico, Lima, Perú, 2008.
- Falla Cruzado Christian Joel, "Monitoreo de Serviciabilidad de la Carretera Cañete-Yauyos Km 79+000 al Km 84+000. Geología, Geotecnia y Estabilidad de Taludes", Informe de Suficiencia –UNI -FIC Civil, Lima, Perú, 2009.
- INGEMMET, "Boletín Geológico N°44 – Geología de los Cuadrángulos de Mala, Lunahuana, Tupe, Conayca, Chincha, Tantara Y Castrovirreyna", Lima, Perú, 1993
- Montejo Fonseca Alfonso, "Ingeniería de Pavimentos. Evaluación Estructural, obras de mejoramiento y nuevas tecnologías", Universidad Católica de Colombia, Bogotá, Colombia, 2006.
- Vara Cárdenas Enrique, "Evaluación de la Condición Superficial por el Método del PCI Carretera Cañete-Chupaca. Modelo de Deterioro y Contrastación en campo", Informe de Suficiencia –UNI -FIC Civil, Lima, Perú, 2009.

## ANEXOS

- ANEXO 01 Mapa temático de la condición superficial del pavimento
- ANEXO 02 Mapa temático de la transitabilidad de la vía
- ANEXO 03 Mapa temático de Estabilidad de Taludes

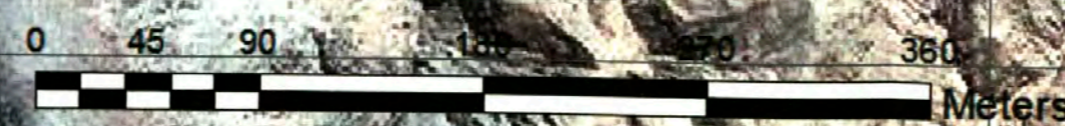


# ESTABILIDAD DE TALUDES - PUNTOS CRÍTICOS



**ESTABILIDAD DE TALUDES**  
■ Erosión: Inestabilidad de Talud

1:3,000



CARRETERA	TRAMO	KM. INICIO	KM. FINAL	LADO	CLASE
24	Cañete-Lunahuana	29+000	29+245	l' izquierda	Erosión: Inestabilidad de Talud

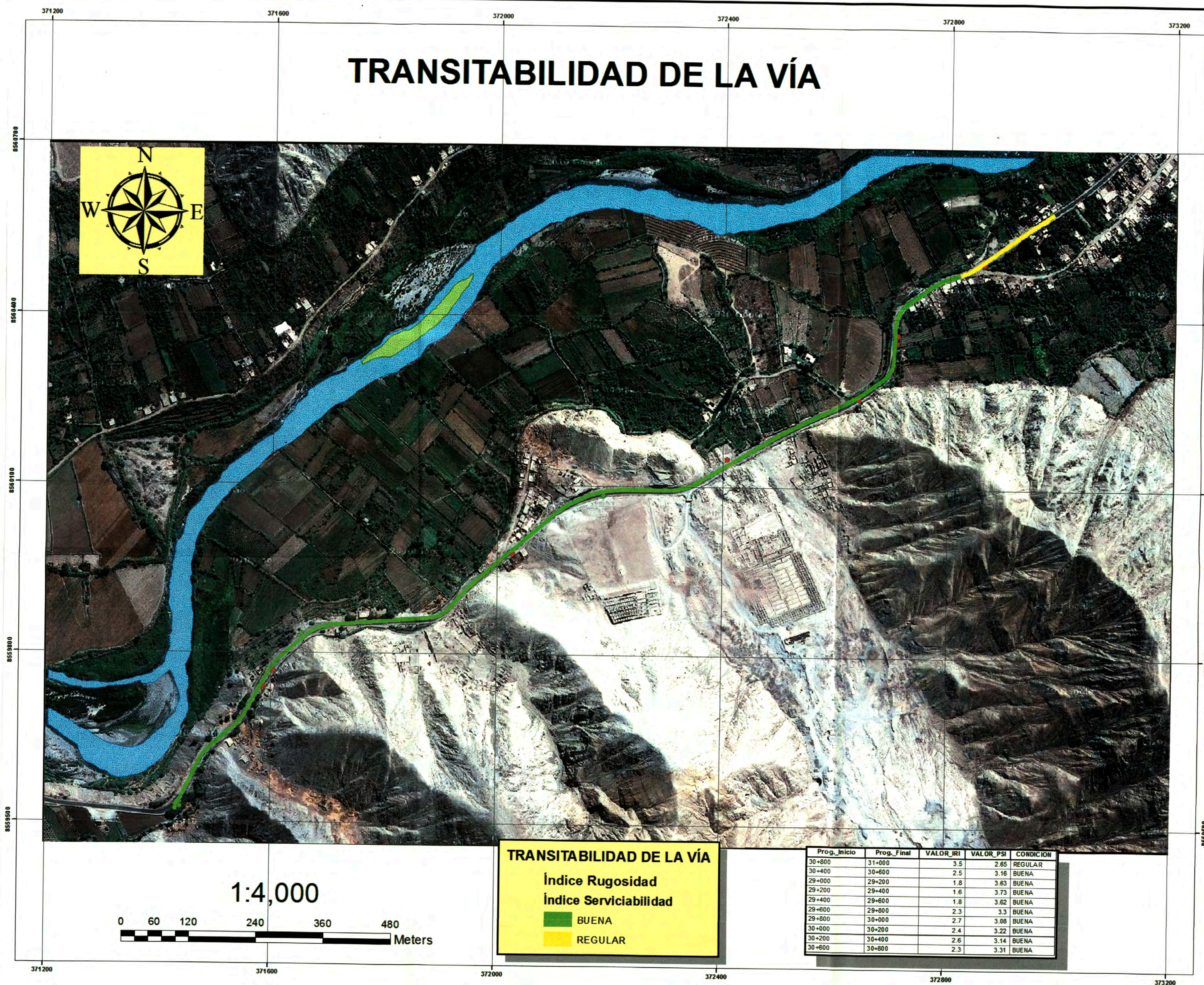
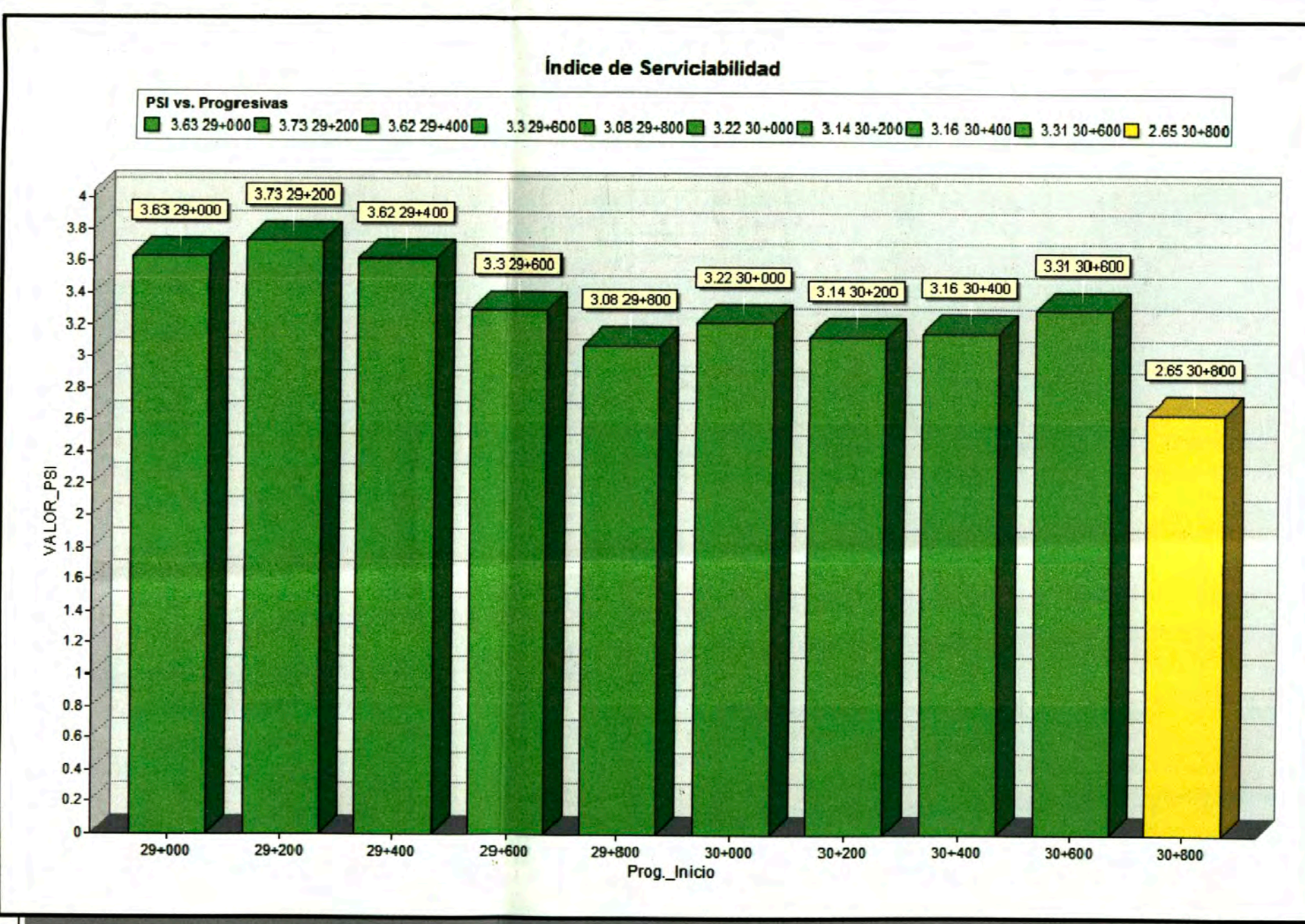
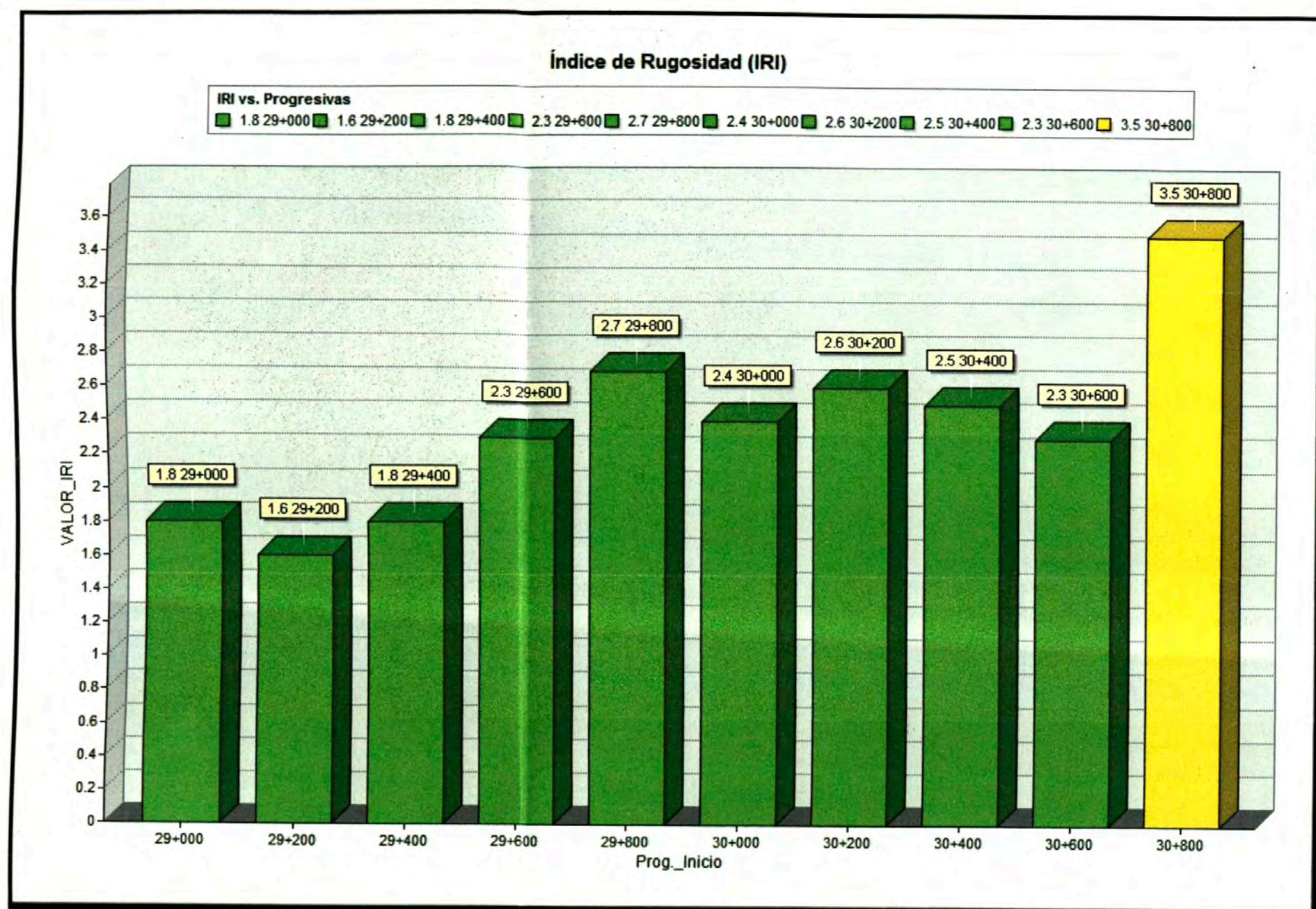
**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL**  
 Proyecto: Inventario Vial Georeferenciado

**CARRETERA CAÑETE-LUNAHUANÁ**  
**TRAMO KM 29+000 AL KM 31+000**



PLANO  
 PA-03

**ESTABILIDAD DE TALUDES - PUNTOS CRÍTICOS**  
 Elaborado por: VÍCTOR HUMBERTO RUBIO CASTILLO  
 Revisado por: ING. LUÍS MANCO CÉSPEDES  
 Fecha: 16/02/2012

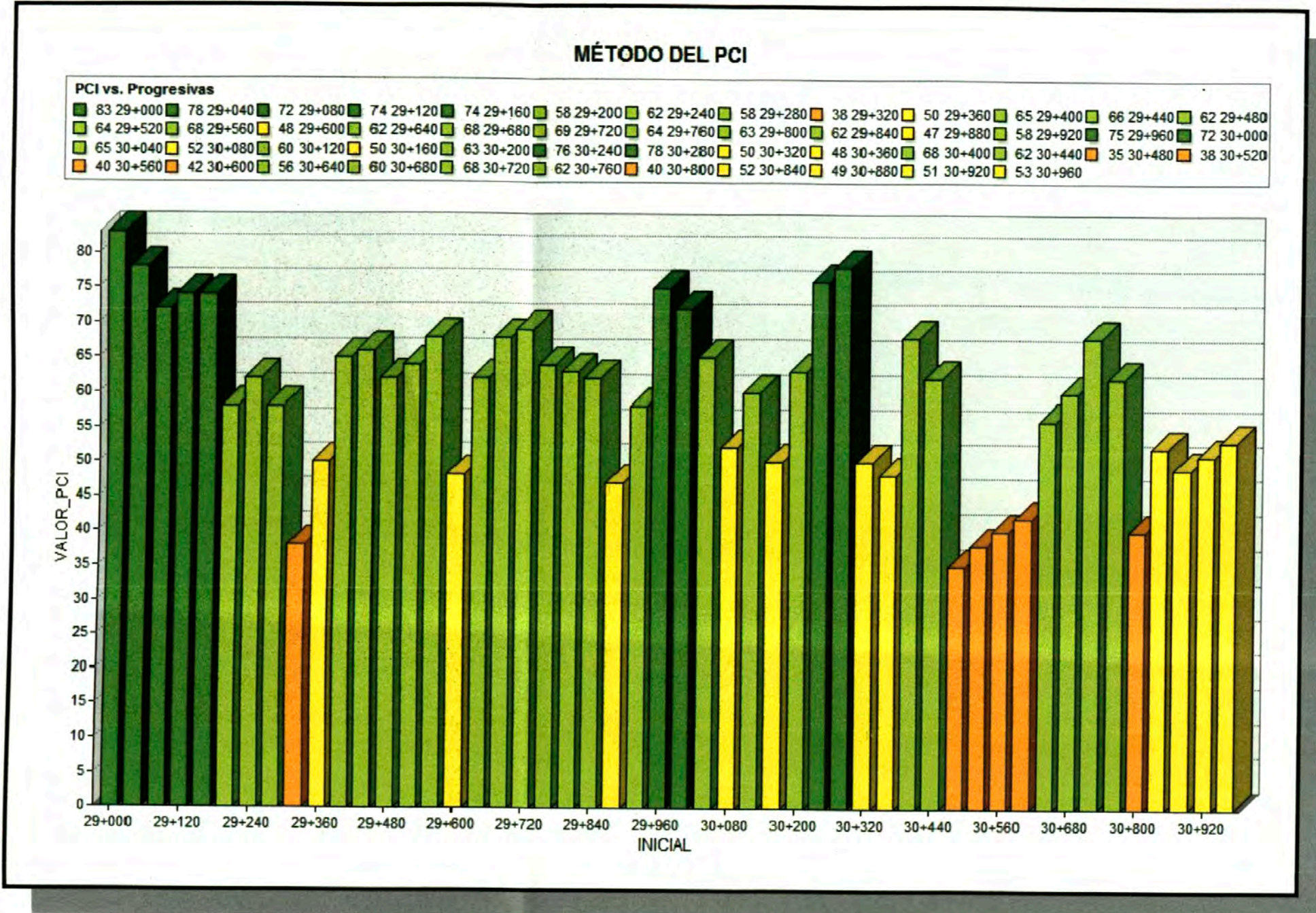


**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL**  
 Proyecto: Inventario Vial Georeferenciado

**CARRETERA CAÑETE-LUNAHUANÁ**  
**TRAMO KM 29+000 AL KM 31+000**

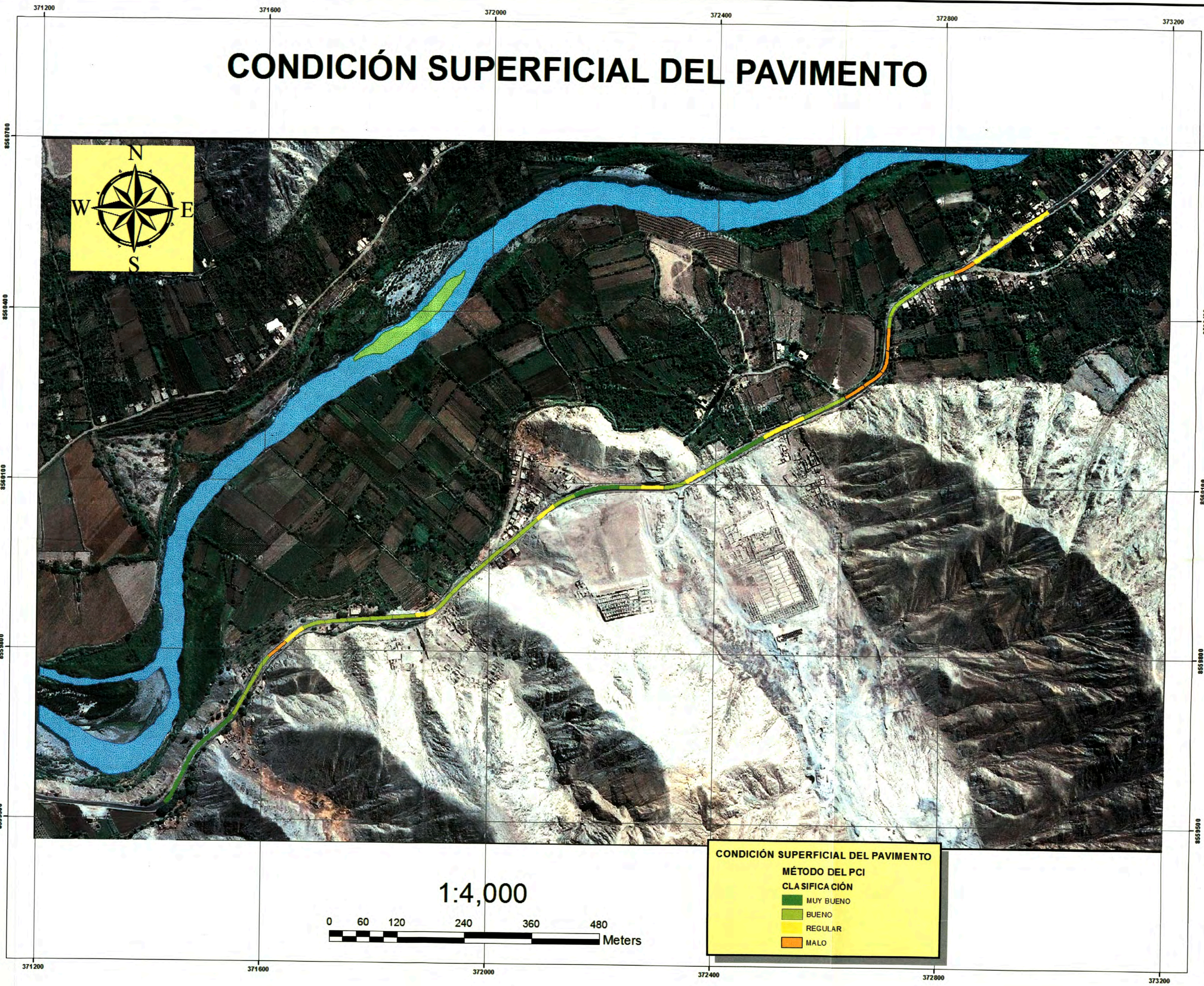


**TRANSITABILIDAD DE LA VÍA**  
 Elaborado por: VÍCTOR HUMBERTO RUBIO CASTILLO  
 Revisado por: ING. LUÍS MANCO CÉSPEDES  
 Fecha: 16/02/2012



INICIAL	FINAL	VALOR_PCI	CLASIFICACION
29+000	29+040	83	MUY BUENO
29+040	29+080	78	MUY BUENO
29+080	29+120	72	MUY BUENO
29+120	29+160	74	MUY BUENO
29+160	29+200	74	MUY BUENO
29+200	29+240	58	BUENO
29+240	29+280	62	BUENO
29+280	29+320	58	BUENO
29+320	29+360	38	MALO
29+360	29+400	50	REGULAR
29+400	29+440	65	BUENO
29+440	29+480	66	BUENO
29+480	29+520	62	BUENO
29+520	29+560	64	BUENO
29+560	29+600	68	BUENO
29+600	29+640	48	REGULAR
29+640	29+680	62	BUENO
29+680	29+720	68	BUENO
29+720	29+760	69	BUENO
29+760	29+800	64	BUENO
29+800	29+840	63	BUENO
29+840	29+880	62	BUENO
29+880	29+920	47	REGULAR
29+920	29+960	58	BUENO
29+960	30+000	75	MUY BUENO
30+000	30+040	72	MUY BUENO
30+040	30+080	65	BUENO
30+080	30+120	52	REGULAR
30+120	30+160	60	BUENO
30+160	30+200	50	REGULAR
30+200	30+240	63	BUENO
30+240	30+280	76	MUY BUENO
30+280	30+320	78	MUY BUENO
30+320	30+360	50	REGULAR
30+360	30+400	48	REGULAR
30+400	30+440	68	BUENO
30+440	30+480	62	BUENO
30+480	30+520	35	MALO
30+520	30+560	38	MALO
30+560	30+600	40	MALO
30+600	30+640	42	MALO
30+640	30+680	56	BUENO
30+680	30+720	80	BUENO
30+720	30+760	68	BUENO
30+760	30+800	62	BUENO
30+800	30+840	40	MALO
30+840	30+880	52	REGULAR
30+880	30+920	49	REGULAR
30+920	30+960	51	REGULAR
30+960	31+000	53	REGULAR

# CONDICIÓN SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL**  
 Proyecto: Inventario Vial Georeferenciado

**CARRETERA CAÑETE-LUNAHUANÁ**  
**TRAMO KM 29+000 AL KM 31+000**



PLANO  
**PA-01**

**CONDICIÓN SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO**

Elaborado por: VÍCTOR HUMBERTO RUBIO CASTILLO

Revisado por: ING. LUÍS MANCO CÉSPEDES

Fecha: 16/02/2012