

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



**EVALUACIÓN DE SERVICIABILIDAD CON  
EL RUGOSÍMETRO BUMP INTEGRATOR**

**MONITOREO DE CONSERVACIÓN CARRETERA  
CAÑETE – HUANCAYO km 118+000 AL km 120+000**

**INFORME DE SUFICIENCIA**

**Para optar el Título Profesional de:**

**INGENIERO CIVIL**

**OLIVER CORNEJO ESTACIO**

**Lima- Perú**

**2010**

## **DEDICATORIA**

Quiero dedicar el esfuerzo y sacrificio puesto en este informe, a mis padres por el apoyo moral brindado en cada uno de los momentos más importantes de mi vida, asimismo por su compañía, comprensión y paciencia durante el desarrollo de las actividades que involucraron realizar el presente documento.

## ÍNDICE

<b>RESÚMEN.....</b>	<b>3</b>
<b>LISTA DE TABLAS.....</b>	<b>4</b>
<b>LISTA DE FIGURAS.....</b>	<b>5</b>
<b>LISTA DE SÍMBOLOS Y DE SIGLAS.....</b>	<b>6</b>
<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>7</b>
<b>CAPÍTULO I PERFIL DEL PROYECTO.....</b>	<b>9</b>
1.1 UBICACIÓN.....	9
1.2 OBJETIVO DEL PROYECTO.....	10
1.2.1 <i>Objetivo General</i> .....	10
1.2.2 <i>Objetivos Específicos</i> .....	10
1.3 DESCRIPCIÓN Y ANÁLISIS DEL PROYECTO.....	10
1.3.1 <i>Antecedentes</i> .....	10
1.3.2 <i>Cambio de Estándar de la Carretera</i> .....	12
1.3.3 <i>Diagnóstico de la Situación Actual</i> .....	13
1.3.4 <i>Problemática Actual</i> .....	15
1.3.5 <i>Alternativa de Solución</i> .....	15
<b>CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>16</b>
2.1 SERVICIABILIDAD.....	16
2.1.1 <i>Comportamiento del Pavimento</i> .....	16
2.1.2 <i>Índice de Serviciabilidad Presente</i> .....	17
2.2 RUGOSIDAD DEL PAVIMENTO.....	20
2.2.1 <i>Antecedentes</i> .....	20
2.2.2 <i>Concepto Actual</i> .....	21
2.2.3 <i>Índice de Rugosidad Internacional</i> .....	23
2.3 MÉTODO DE EVALUACIÓN CON EQUIPO BUMP INTEGRATOR....	24
2.3.1 <i>Sistema Tipo Respuesta de Medición de Rugosidad</i> .....	24
2.3.2 <i>Modelo Aplicativo al Sistema</i> .....	26
2.3.3 <i>Rugosímetro Electrónico Bump Integrator Tipo UNI</i> .....	30
2.4 CALIBRACIÓN DEL EQUIPO BUMP INTEGRATOR.....	32

<b>CAPÍTULO III APLICACIÓN DE EVALUACIÓN EN CARRETERA CAÑETE – HUANCAYO</b>	
<b>TRAMO km 118+000 – km 120+000.....</b>	<b>34</b>
3.1 MEDICIONES EN CAMPO CON EQUIPO BUMP INTEGRATOR.....	34
3.1.1 <i>Descripción del Tramo de Evaluación.....</i>	34
3.1.2 <i>Ubicación de Secciones de Calibración.....</i>	38
3.1.3 <i>Personal, Equipos y Herramientas.....</i>	39
3.2 CALIBRACIÓN DEL EQUIPO BUMP INTEGRATOR.....	40
3.3 DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL EN CADA SUB-TRAMO.....	44
<b>CAPÍTULO IV ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS.....</b>	<b>45</b>
4.1 VALORES OBTENIDOS MEDIANTE EQUIPO BUMP INTEGRATOR EN CAMPO.....	45
4.2 VALORES OBTENIDOS MEDIANTE ECUACIÓN DE CALIBRACIÓN..	46
<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>48</b>
<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>51</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>52</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>53</b>

## RESUMEN

Ante la posibilidad de aplicar tecnología extranjera en el campo del control de calidad, se genera la necesidad de evaluar los niveles de confiabilidad y validez de los resultados obtenidos con estas herramientas en los trabajos desarrollados en nuestro medio. Es evidente que, la realidad en la que fue concebida esta tecnología obedece a condiciones ambientales, climáticas, sociales, y económicas diferentes a la nuestra.

Se encuentra inmerso en el tema de evaluación de serviciabilidad, un punto de partida para trabajar en el reconocimiento de las ventajas y desventajas de la ciencia alrededor de estas herramientas tecnológicas, resaltando que de la importancia de sus resultados, se decide realizar una intervención, si éstos no han sido favorables de acuerdo a los estándares fijados.

La particularidad de vías como la carretera Cañete – Huancayo, que presentan bajo volumen de tránsito, es que generan interrogantes a los participantes de los contratos de gestión, tales como cuál es el alcance de estas herramientas, qué frecuencia de medición les corresponde, cuán efectiva es su aplicación, o yendo más a fondo, qué aporte brindaría para mejorar la cultura de conservación de vías, y así desterrar el costoso ciclo vicioso en el que se ha caído: falta de mantenimiento, deterioro y reconstrucción. La incidencia de oportunas intervenciones, en qué medida optimiza los costos generados. Se busca crear precedentes en esta ciencia peruana y complementarla con una normativa propia y tecnología acordes a nuestra realidad.

El interés de aplicar el modelo del programa “Proyecto Perú” es desarrollar una cultura de conservación preventiva, con la finalidad de evitar el deterioro prematuro de las vías, mediante intervenciones rutinarias y periódicas oportunas. Esto significa en la práctica, actuar permanentemente para ofrecer óptimas condiciones de transitabilidad. La evolución de estos programas en el Perú, permitirá calificarlos como una actividad estratégica para la preservación del mayor patrimonio que tiene un país: sus carreteras.

## LISTADO DE TABLAS

Tabla N° 1.01	Situación actual de la Carretera.....	14
Tabla N° 2.01	Índices de Serviciabilidad Presente.....	18
Tabla N° 2.02	Clasificación de las características geométricas de la superficie de los pavimentos.....	22
Tabla N° 2.03	Influencia de la gama de irregularidades superficiales en los fenómenos de interacción entre vehículo y pavimento.....	27
Tabla N° 3.01	Singularidades y señalizaciones presentes en tramo de estudio.....	37
Tabla N° 3.02	Datos de los trabajos realizados en campo.....	38
Tabla N° 3.03	Valores BI obtenidos a la velocidad promedio del vehículo de 35 km/h.....	40
Tabla N° 3.04	Descripción de los tramos de evaluación.....	41
Tabla N° 3.05	Datos de IRI de la evaluación con equipo MERLIN.....	42
Tabla N° 3.06	Datos de Ingreso para obtener la Ecuación de Calibración de Bump Integrator.....	42
Tabla N° 3.07	Aplicación de Ecuación de Calibración Tramo km 119+300 – km 119+700.....	44
Tabla N° 4.01	Cuadro Comparativo de Índices de Rugosidad en tramo Calibrado.....	46
Tabla N° 4.02	Correlación entre el IRI y el PSI.....	47

## LISTADO DE FIGURAS

Figura N° 1.01	Carretera Cañete – Huancayo, Ruta Nacional N°22.....	9
Figura N° 2.01	Curva de comportamiento de un pavimento.....	19
Figura N° 2.02	Esquema del Modelo del Cuarto de Carro.....	26
Figura N° 2.03	Escala estándar empleada por el Banco Mundial para la cuantificación del IRI para diferentes tipos de vías.....	29
Figura N° 2.04	Sensor de desplazamiento y cable transductor.....	31
Figura N° 2.05	Adquisidor de datos.....	31
Figura N° 2.06	Programa de computadora para el rugosímetro electrónico..	32
Figura N° 3.01	Mapa satelital del tramo km 118+000 – km 120+000 Carretera Cañete – Huancayo.....	35
Figura N° 3.02	Típica vista del sector Pte. Aucco – Dv. Yauyos progresiva km 118+000.....	36
Gráfica N° 3.03	Curva de tendencia de la calibración.....	43
Gráfica N° 4.01	Variación de IRI por tramo.....	45

## LISTADO DE SÍMBOLOS Y DE SIGLAS

AASHTO	American Association of State Highway and Transportation Officials
ASTM	American Society for Testing and Materials
BI	Bump Integrator
IIFIC	Instituto de Investigación de la Facultad de Ingeniería Civil de la UNI
IRI	Índice de Rugosidad Internacional
IRRE	International Road Roughness Experiment
MERLIN	Machine for Evaluating Roughness using Low-cost Instrumentation
MTC	Ministerio de Transporte y Comunicaciones
PIARC	Permanent International Association of Road Congresses
PSI	Present Serviceability Index
REBITU	Rugosímetro Electrónico Bump Integrator Tipo UNI
RTRRMS	Response Type Road Roughness Meters System
TSM	Tratamiento Superficial Monocapa
UNI	Universidad Nacional de Ingeniería



## INTRODUCCIÓN

Desde finales del año 2007, se llevan a cabo trabajos de conservación por niveles de servicio de la carretera Cañete – Huancayo en sus 281,730 kilómetros de extensión, a través de un contrato de conservación por niveles de servicio, suscrito entre el Estado y una empresa contratista. Estos trabajos contemplan el mejoramiento de las características de la carretera a través de ensanches de plataforma, mejoras de trazo, sistema de drenaje, muros de sostenimiento, provisión de puentes, colocación de capas de rodadura afirmadas y con tratamiento superficial doble.

Dentro de la etapa operativa del proyecto en ejecución se tiene como objetivo conservar en óptimas condiciones de operación el corredor vial y toda su infraestructura, así mismo, la transitabilidad, seguridad y confort. Además, controlar el deterioro prematuro de la infraestructura vial, para lograr los indicadores de nivel de servicio de conservación rutinaria que exigen los propios Términos de Referencia del proyecto.

En vista, de esta necesidad técnica – legal, es que se han fijado parámetros como parte del Control de Calidad de los trabajos, los mismos que de acuerdo al estado funcional de la vía conservada, permitirán al contratista plantearse alternativas de mantenimiento y/o rehabilitación apropiadas. De manera, la rugosidad de la vía es utilizada, entonces, como parámetro de verificación del logro de los objetivos planteados o como pie para generar nuevos objetivos para la vía.

En el marco del Convenio Interinstitucional suscrito entre la Universidad Nacional de Ingeniería y el PROVIAS NACIONAL en agosto del 2008, el presente trabajo propone una serie de aportes para el Monitoreo de los Trabajos de Servicio de Conservación Vial por Niveles de Servicio del Corredor Vial N° 13: Cañete – Lunahuaná – Pacarán – Chupaca (Rehabilitación del Tramo Zúñiga – Dv. Yauyos – Roncha).

En el presente documento se pretende desarrollar un sistema de trabajo para la evaluación de serviciabilidad en vías de bajo volumen de tránsito, para lo cual se aplicará el uso de un equipo dinámico, y cuyo interés es su poca demanda en el Perú, especialmente en este tipo de vías, a pesar de su alto rendimiento. El objetivo general del trabajo, es caracterizar el tipo de superficie de rodadura colocada, establecer su naturaleza y a partir de ello identificar su mejor aplicación en la vía, según las condiciones del entorno físico, económico y social que se presentan en toda su extensión. Además, los parámetros que permitirán alcanzar este objetivo serán sometidos a un análisis comparativo, según el equipo de medición que se utilizó, con el fin de definir sus bondades o dificultades de aplicación en este tipo de vías.

El documento se inicia con una breve descripción del perfil del proyecto, aspectos generales, situación actual, entidades involucradas y población beneficiaria, así como la definición de los objetivos trazados para la evaluación planteada. Por lo tanto, el primer capítulo es un reconocimiento del proyecto ya desarrollado en toda su extensión.

El capítulo dos comprende el marco teórico, abarcando el fundamento matemático, el conocimiento de la logística necesaria y un compilado de referencias actuales y del pasado que han servido de cimiento para definir los procedimientos actuales en el tema de evaluación de carreteras.

La aplicación de la teoría del capítulo anterior, es desarrollada en el capítulo tres, que en su primera parte abarca la descripción de la zona de trabajo, con un respectivo registro de información, y en su segunda parte, la evaluación del tramo indicado mediante trabajos en campo y en gabinete.

El último capítulo es el producto de la interpretación de la información recolectada antes y después de realizados los trabajos, la que finalmente dará pie a la sección de conclusiones y recomendaciones, en donde se exponen los objetivos alcanzados y las dificultades en el desarrollo de la evaluación.

## CAPÍTULO I PERFIL DEL PROYECTO

### 1.1 UBICACIÓN

La carretera Cañete – Huancayo se encuentra ubicada en la región central del país, abarcando los departamentos de Lima y Junín, pasando la vía por los poblados de: Imperial, Nuevo Imperial, La Encañada, Caltopa, Socsi, Incahuasi, Jita, Lunahuana, Jacayita, Jacaya, Romaní, Pacarán, Zuñiga, San Juan, San Jerónimo, Huayampi, Catahuasi, Canchan, Chichicay, Capillucas, Calachota, Pte. Aucco, Dv. Yauyos (Magdalena), Huayña, Tinco Huantan, Llapay, Tinco Alis, Alis, Tomas Huancachi, Tinco Yauricocha, Abra Chaucha, Abra Negro Bueno (Lima); así como San José de Quero, Chaquicocha, Collpa, Roncha, Angasmayo, Huarisca y Chupaca (Junín); pertenecientes a la Ruta Nacional N° 22.

**Figura N° 1.01**  
**Carretera Cañete – Huancayo, Ruta Nacional N° 22**



Fuente: PROVIAS Nacional

## 1.2 OBJETIVO DEL PROYECTO

### 1.2.1 *Objetivo General*

Evaluar la serviciabilidad de la carretera Cañete – Huancayo en el tramo km 118+000 – km 120+000; mediante la caracterización de su superficie de rodadura, como parte de los trabajos de monitoreo de la carretera en mención.

### 1.2.2 *Objetivos Específicos*

- Obtener el Índice de Rugosidad Internacional del tramo en estudio, mediante mediciones con el equipo Bump Integrator.
- Identificar las causas del deterioro de la superficie de rodadura, diagnosticar su condición y plantear una alternativa de solución para su mejoramiento si así lo requiriera.
- Comparar los resultados obtenidos del equipo Bump Integrator con los obtenidos por un método de medición alternativo y de mayor exactitud, para evaluar su confiabilidad.

## 1.3 DESCRIPCIÓN Y ANÁLISIS DEL PROYECTO

### 1.3.1 *Antecedentes*

El mejoramiento de la carretera en estudio nace de la necesidad de optar por un desvío alternativo para la Carretera Central, la cual, actualmente no cuenta con un tránsito fluido y rápido debido a características propias de clima y topografía.

Este proyecto de conservación nació como una demanda conjunta de las poblaciones de los departamentos de Lima (costa y sierra sur) y Junín (zona suroeste) que, siendo parte de la Red Vial Nacional, son atendidas por el MTC. El Proyecto Especial PROVIAS NACIONAL, creado por el MTC en el año 2002, es la agencia encargada de tal red, por lo tanto, es la unidad formuladora del

presente proyecto, y junto a los Gobiernos Regionales de Lima y Junín, Gobiernos Locales y Distritales de las provincias de Cañete, Yauyos, Concepción y Chupaca, constituyen las principales entidades involucradas.

Los inicios de la carretera de penetración y enlace entre Cañete y Huancayo, se remontan al gobierno del Sr. Augusto B. Leguía entre la década de 1920 y 1930. Mediante la Ley decretada de la Conscripción Vial Territorial del Perú, es que se proyecta y ejecuta por partes la carretera. Casi 90 años después y encontrándose definido el Corredor Vial Cañete – Lunahuaná – Pacarán – Dv. Yauyos – Roncha – Chupaca; mediante Resolución Ministerial N° 223-2007-MTC-02, modificada por Resolución Ministerial N° 408-2007-MTC/02, se creó en el Ministerio de Transportes y Comunicaciones el Programa “Proyecto Perú”, el cual implementó un nuevo sistema de Gestión Vial, con la finalidad de poner en servicio y asegurar el funcionamiento permanente de las carreteras de alto y bajo volumen de tránsito, buscando la consolidación de “corredores económicos”.

El programa Proyecto Perú aspira a establecer un sistema de contratación de las actividades de conservación de la infraestructura vial, mediante la tercerización de los trabajos por niveles de servicio. De esta forma, se busca mantener las vías nacionales con una adecuada serviciabilidad, interviniendo en forma oportuna y metódicamente mediante las actividades de Conservación Rutinaria, Conservación Periódica, Reparaciones Menores y Atención de Emergencias Viales.

Los beneficiarios principales del proyecto son los usuarios de la vía (transportistas, asentamientos trabajadores de la Sociedad Minera Corona, Minera Yauricocha, Minera San Valentín, población de la Central Hidroeléctrica El Platanal, comerciantes, agricultores, escolares, escolares), y los pobladores de las localidades de Lunahuaná, Pacarán, Zúñiga, Calachota, Magdalena, Yauyos, Alis, Tomas, Tingo de Yauricocha, San José de Quero, Chaquicocha, Collpa, Roncha, Huarisca, Chupaca y zonas aledañas.

### **1.3.2 Cambio de Estándar de la Carretera**

Mediante la aplicación de una solución básica en la superficie de rodadura de la carretera se busca obtener un “Cambio de Estándar” de la vía, la cual mejorará su transitabilidad, con respecto a la que existe actualmente. El mencionado cambio de estándar se ha venido realizando a través de la colocación de material granular estabilizado protegido por una capa bituminosa (slurry seal).

Los términos de referencia del contrato suscrito entre el Estado y la empresa contratista de la conservación vial señalan que esta solución básica se debe aplicar sobre la superficie actual de la vía, previamente reconformada, sin realizar cambios en la geometría de la misma. Con relación al tramo de estudio, actualmente los trabajos de conservación de la carretera Cañete – Huancayo, sector Pte. Aucco – Dv. Yauyos, se encuentran a nivel de Tratamiento Superficial Monocapa (TSM), trabajos que se iniciaron en junio del 2009, así como, se han venido realizando trabajos de colocación de parches de recubrimientos bituminosos, los cuales representan soluciones temporales y forman parte de la conservación rutinaria.

Frente a la transitabilidad conseguida actualmente, se precisa de dotar y mantener un nivel de servicio adecuado paralelo a la seguridad y al confort del usuario de la vía. Por tal motivo, en el marco de la Gestión y Administración de la Conservación Vial, la etapa del Control y Evaluación debe conformar el soporte necesario para la buena elección de mejoras de procesos de conservación y toma de acciones correctivas, temas que en la actualidad han cobrado mayor importancia e incidencia.

La evaluación de la serviciabilidad de este tramo de la carretera Cañete – Huancayo, es de vital importancia en este período del presente año, debido a que se cumple un año de la colocación del Tratamiento Superficial Monocapa, por lo tanto, existe la necesidad de conocer el indicador de su calidad. En el cumplimiento de los términos de referencia del contrato, que indican la obligación del contratista de realizar la medición de la rugosidad una vez al año, se justifica la evaluación de la vía, para llevar una estadística del comportamiento del

pavimento. Por otro lado, a través de las inspecciones rutinarias y periódicas se puede apreciar el notable grado de deterioro que ha alcanzado la superficie de rodadura.

El incremento del volumen de vehículos que transitan la carretera, influye preponderantemente en la calidad de la condición de la vía, por ende, afecta su serviciabilidad. La oportunidad de estudiar los métodos de evaluación de carreteras, no solamente permiten para obtener mayor información y proceder planteando soluciones según la calificación de los resultados, sino también, para adquirir mayor experiencia, mejorar los criterios de evaluación y adecuar la metodología extranjera a la realidad peruana.

El contrato suscrito es por un período de duración de cinco años, de los cuales en los dos primeros (ya transcurridos) ya se efectuaron los trabajos de cambio de estándar de la superficie de rodadura, por tal motivo enfocando desde el nivel de calidad de la vía, afectada por deterioro o mejorada por la aplicación de trabajos periódicos de conservación, resulta lógico pensar que sus condiciones seguirán cambiando en los próximos tres años que restan para el cumplimiento total del contrato. Realizar evaluaciones de la vía permite al conservador poder responder a cuestionamientos de ¿cuándo y cómo se deben realizar nuevas intervenciones? y así tomar las acciones respectivas.

### **1.3.3 Diagnóstico de la Situación Actual**

El corredor vial Cañete – Huancayo ofrece en la actualidad una ruta alterna para la pesada carga de la mayor parte de la zona sur de Lima y alrededores, siendo así un alivio para la principal vía de acceso a la Región Junín desde Lima; que es la Carretera Central, la cual, se encuentra con un elevado volumen de tránsito, debido a que alberga gran parte de la demanda vehicular de la ciudad de Lima.

La carretera Cañete – Huancayo colabora de esta manera, con el Plan Nacional de Inversión Descentralizada, lo cual incrementará el desarrollo en la zona sur de Lima y parte de la Región Junín.

En general, entre los principales problemas que presenta la carretera se encuentran: el diseño geométrico deficiente o inexistente, sección transversal inadecuada para el paso de camiones pesados, problemas de erosión y sub-drenaje, carencia de señalización, tramos con alto de riesgo de accidente.

**Tabla N° 1.01**  
**SITUACION ACTUAL DE LA CARRETERA**

<b>TRAMO</b>	<b>VÍA</b>	<b>TIPO DE SUPERFICIE DE RODADURA</b>	<b>LONGITUD (km)</b>
Cañete – Lunahuaná	Asfaltada	Carpeta Asfáltica	40,75
Lunahuaná – Pacarán	Asfaltada	Slurry Seal	12,49
Pacarán – Zúñiga	Afirmada	Slurry Seal	4,15
Zúñiga – Dv. Yauyos	Afirmada	Monocapa	72,60
Dv. Yauyos – San José de Quero	Afirmada	Monocapa	109,13
San José de Quero – Roncha	Afirmada	Afirmado	26,00
Roncha – Chupaca	Afirmada	Afirmado	16,61

Fuente: Elaboración propia



### **1.3.4 Problemática Actual**

Se propone como problema principal la Seguridad Vial. Como consecuencia del cambio de estándar y mejora de la transitabilidad conseguidos en los dos primeros años de ejecución de trabajos en la vía Cañete – Huancayo, se origina un incremento del flujo vehicular, reflejado en el Índice Medio Diario (IMD), que frente a una vía con ausencia de señalizaciones, tramos con riesgo de derrumbes y usuarios con escaso conocimiento de la vía, confluyen a un incremento considerable en la frecuencia de accidentes de tránsito. Por lo tanto, el tema de seguridad, que es uno de los objetivos del proyecto, debe tomarse en la actualidad como prioritario, ante objetivos ya alcanzados como son la transitabilidad y el mejoramiento de condiciones de operación.

### **1.3.5 Alternativa de Solución**

Mantener la serviciabilidad de la Carretera Cañete – Huancayo mediante un Tratamiento Superficial Monocapa en los sectores Pacarán – Zúñiga, Zúñiga – Dv. Yauyos – San José de Quero y Roncha – Chupaca, y aplicar recubrimiento bituminoso en el sector San José de Quero – Roncha. Permanente desarrollo de actividades de limpieza de cunetas, limpieza de alcantarillas, eliminación de material de derrumbes, limpieza de señales, limpieza de puentes, limpieza de hitos, limpieza de guardavías, tratamiento de fisuras, parchado, bacheos, mitigación ambiental e implementación de señales adecuadas para la vía.

## CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO

### 2.1 SERVICIABILIDAD

#### 2.1.1 Comportamiento del Pavimento

La satisfacción de los usuarios de una vía se manifiesta, fundamentalmente, por la calidad en que se encuentran las capas de rodadura y los elementos que constituyen la seguridad vial. Las vías que experimentan un deterioro relativamente acelerado son las que requieren mayor incidencia en los trabajos de conservación, mantenimiento o inversión, por lo que, con el desarrollo masivo de las carreteras pavimentadas, las entidades responsables de la conservación constantemente se cuestionan las interrogantes ¿cuándo intervenir? y ¿cómo medir el nivel de deterioro?

En la actualidad, existen diversos indicadores que permiten establecer la calidad del servicio que presta una vía, o como se le denomina serviciabilidad. Parte fundamental de la definición de los niveles de serviciabilidad o de servicio es establecer valores que corresponderán a serviciabilidades extremas, es decir, a un pavimento nuevo y a uno que resulta prácticamente intransitable. Todos los indicadores existentes tienen en común la preponderancia de las irregularidades (rugosidad) por sobre todos los otros factores utilizados en el cálculo de tales indicadores (grietas, ahuellamientos, deformaciones, etc.).

Los criterios más modernos sobre serviciabilidad comprenden aspectos que guardan relación con el deterioro funcional del pavimento, la capacidad estructural del pavimento y la seguridad de los usuarios.

La serviciabilidad funcional del pavimento interpreta la percepción de la calidad de la superficie de rodadura que experimenta el usuario. Por lo tanto, se relaciona fundamentalmente con la rugosidad o, más exactamente, con la regularidad que presenta la superficie y que en una carretera bien diseñada (y bien construida) es el principal factor que define el nivel de la serviciabilidad funcional que presta.

Aún cuando para el técnico especialista las tres condiciones señaladas en los párrafos anteriores son importantes, y de muchas maneras están ligadas entre sí, no se debe olvidar que las carreteras tienen por finalidad servir al público y que a éste, naturalmente, le interesa fundamentalmente la condición funcional y la seguridad.

Por otro lado, la serviciabilidad estructural representa la condición física en que se encuentra el pavimento; depende de las grietas y otras fallas presentes que afectan adversamente la capacidad para soportar el tránsito que debe servir.

La seguridad es un concepto de más reciente incorporación a la serviciabilidad y guarda relación con la disposición, calidad y cantidad de elementos de seguridad, y con un adecuado diseño vial.

### **2.1.2 Índice de Serviciabilidad Presente**

La AASTHO (American Association of State Highway Officials) desarrolló una prueba en 1959 en la que se estableció la serviciabilidad a partir del promedio de las evaluaciones de usuarios de carreteras en Estados Unidos. Este promedio dio origen al índice conocido como Present Serviciability Rating (PSR). Siendo la serviciabilidad la percepción que tienen los usuarios del nivel de servicio del pavimento se definió una escala de evaluación de 0 a 5. En ella una evaluación con nota 5 significa una superficie perfecta, mientras que una nota 0 significa superficie intransitable.

Para disminuir el carácter subjetivo de este índice se relacionaron estas evaluaciones con ciertas características físicas del pavimento que pueden medirse objetivamente. De esta manera, se obtuvo el denominado Present Serviciability Index, PSI (Índice de Serviciabilidad Presente).

En definitiva fue posible reemplazar la calificación subjetiva de serviciabilidad por un índice numérico calculado a partir de variables física medibles (deterioros).

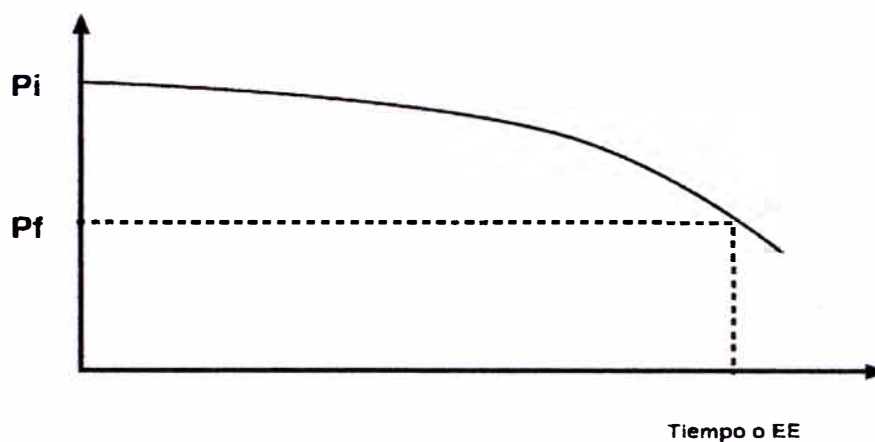
Como el comportamiento de una vía se puede asociar a valores del índice de serviciabilidad en distintos momentos del mismo, entonces es posible definir ciertos valores del indicador para la toma de decisiones. La tabla siguiente muestra algunos valores de referencia para pavimentos nuevos y nivel de restauración para el Índice de Serviciabilidad (p) tal como lo define AASHTO.

**Tabla N° 2.01**  
**ÍNDICES DE SERVICIABILIDAD PRESENTE**  
(Base AASHTO 1993)

CONDICIÓN	ÍNDICE DE SERVICIABILIDAD (p)
Pavimento asfáltico nuevo	4,2
Pavimento de concreto nuevo	4,5
Nivel de restauración más exigente	2,5
Nivel inaceptable según panel original AASHTO	
Para el 12% de los encuestados	3,0
Para el 55% de los encuestados	2,5
Para el 85% de los encuestados	2,0

Fuente: Banco Mundial

**Figura N° 2.01**  
**Curva de Comportamiento de un Pavimento**



Fuente: Banco Mundial

donde:

$P_i$  : Nivel de serviciabilidad inicial

$P_f$  : Nivel de serviciabilidad final

EE : Ejes equivalentes

Entonces, para obtener la curva de la Figura N° 2.01 se pueden asociar distintos puntos a valores del Índice de Serviciabilidad como muestra la Tabla N°2.01. Esto indica que para distintos momentos en la vida de los pavimentos existirán valores de índice de serviciabilidad asociados. La importancia de esto radica en que es posible definir ciertos valores del indicador para la toma de decisiones.

En las ecuaciones para determinar el Índice de Serviciabilidad Presente (PSI), dependiendo del tipo de pavimento, se incluyen mediciones de ahuellamiento, agrietamiento, baches e irregularidades del pavimento; siendo esta última la que domina los valores estimados de serviciabilidad.

Esto significa que las irregularidades del pavimento tienen el mayor efecto en la evaluación de los usuarios que califican la calidad de rodado. De acuerdo a lo

anterior es que muchas agencias viales relacionan el Índice de Serviciabilidad con mediciones de la regularidad del pavimento.

Entonces, como es posible representar el comportamiento de un pavimento en el tiempo a partir de valores del índice de serviciabilidad, en la práctica también se puede representar dicho comportamiento a través de la regularidad del pavimento (rugosidad).

## **2.2 RUGOSIDAD DEL PAVIMENTO**

### **2.2.1 Antecedentes**

El concepto de rugosidad y su utilización como parámetro relevante en la descripción de una vía ha tenido una importante evolución en las últimas décadas. Desde la década de 1970, se plantearon muchas definiciones (tales como Darlington, 1973; Hass y Hudson, 1977) que abordaron el concepto desde un punto de vista geométrico de una vía (perfil longitudinal) y/o desde un punto de vista del usuario (confort o agrado de un viaje) donde el vehículo juega también un rol de importancia.

Un intento por resolver este problema se hace en Gómez (1983) donde se define la rugosidad estática o geométrica, independiente del instrumento de medida, y rugosidad dinámica que depende del instrumento, equipo o vehículo donde se instala y de la velocidad de medida. Los aparatos de medición geométrica registran un perfil detallado de las variaciones de cada uno de los puntos de la huella, mientras que los de medición dinámica registran las oscilaciones que le produce el perfil superficial (rugosidad estática), cuando son operados a una velocidad constante dada.

Resumiendo las principales características del concepto se puede definir la rugosidad como “las variaciones de la altura de un pavimento a partir de una referencia absolutamente lisa, tal que provoque vibraciones en un vehículo cualquiera a través de su recorrido. Estas variaciones deben ser tales que sus

dimensiones generan un desplazamiento vertical relativo entre el chasis y el sistema de suspensión de un vehículo (Brining, 1986).

Las unidades de medida corresponden al cociente entre unidades de desplazamiento vertical en ambos sentidos del eje horizontal y unidades de longitud; m/km, mm/km, pulgadas/milla y otras.

La rugosidad en caminos se reconoce como una variable estrechamente ligada con los siguientes factores (Balmer, 1973):

- i) seguridad de los usuarios
- ii) calidad de viaje de los usuarios
- iii) sollicitaciones sobre el pavimento
- iv) vida útil de los caminos
- v) costos de operación de los vehículos

El número e importancia de estos factores han hecho de este concepto una variable fundamental en el proceso de planificación vial integral.

### **2.2.2 Concepto Actual**

La especificación ASTM E 867 "Terminology Relating to Traveled Surface Characteristics", define rugosidad como la desviación de una determinada superficie de pavimento respecto a una superficie plana teórica, con dimensiones que afectan la dinámica del vehículo y la calidad al manejar (ASTM, 2006).

La rugosidad se diferencia de otras medidas de las características geométricas de la superficie como las mayormente utilizadas macrotextura y microtextura, por las longitudes de onda y amplitudes de las irregularidades en el sentido de la marcha según la clasificación propuesta en el XVIII Congreso Mundial de Carreteras (Bruselas, 1987) por el Comité técnico de Características Superficiales de la Asociación Mundial de Carreteras, PIARC (Kraemer C, Rocci S., 2004):

**Tabla N° 2.02**  
**Clasificación de las características geométricas de la superficie de los pavimentos**

DOMINIO		RANGO DE DIMENSIONES (Aprox.)	
		LONGITUD DE ONDA (horizontal)	AMPLITUD (vertical)
Microtextura		0,0 – 0,5 mm	0,0 – 0,2 mm
Macrotextura		0,5 – 50 mm	0,2 – 10 mm
Megatextura		50 – 500 mm	1 – 50 mm
Regularidad superficial	Ondas cortas	0,5 – 5 m	1 – 20 mm
	Ondas medias	5 – 15 m	5 – 50 mm
	Ondas largas	15 – 50 m	10 – 200 mm

Fuente: Revista de la Construcción. Vol. 5 N° 2 - 2006

Las texturas dependen básicamente de los áridos utilizados (textura superficial, granulometría y tamaño máximo) y la matriz (mezclas bituminosas o concreto) y los defectos de irregularidad superficial, que se manifiestan mediante unas ondas de mayor longitud, son debidas a la puesta en obra (extensión, compactación) a deformaciones de la estructura del pavimento bajo el tránsito o a deformaciones de la superficie de rodadura.

En resumen, el valor de la rugosidad es un parámetro que “cuantifica” el grado de irregularidad longitudinal del pavimento y que influye en los costos de operación vehicular. Además de ser un parámetro de control, la rugosidad es parte de la data requerida en la evaluación económica para determinar la rentabilidad de un proyecto y seleccionar una determinada alternativa.



### **2.2.3 Índice de Rugosidad Internacional**

En la década de 1970, el Banco Mundial financió diferentes programas de investigación a gran escala, entre los cuales se encontraba un proyecto relacionado con la calidad de las vías y los costos a los usuarios, a través del cual se detectó que los datos de regularidad superficial de diferentes partes del mundo no podían ser comparados. Aún datos de un mismo país no eran confiables, debido a que las mediciones fueron realizadas con equipos y métodos que no eran estables en el tiempo.

Con el objetivo de unificar los parámetros que se utilizaban en diferentes países para determinar la regularidad superficial de las carreteras, se realizó en Brasil en 1982, el proyecto International Road Roughness Experiment (IRRE), promocionado por el Banco Mundial, en el cual participaron equipos de investigación de Brasil, Inglaterra, Francia, Estados Unidos y Bélgica. En este proyecto se realizó la medición controlada de la regularidad superficial de pavimentos para vías bajo diferentes condiciones y con una variedad de instrumentos y métodos. A partir de dicho proyecto, se seleccionó un parámetro de medición de la regularidad superficial denominado Índice de Regularidad Internacional (IRI, International Roughness Index).

El IRI se determina mediante un cálculo matemático realizado con las ordenadas o cotas de una línea del perfil longitudinal, obtenidas por cualquier técnica o equipo de medida del perfil longitudinal. Por lo tanto la determinación del IRI no considera el perfil transversal, y sí considera cualquier tipo de deterioro o singularidad (algún tipo de escalonamiento, baches, gran densidad de grietas y/o pérdida de áridos, entre otros) que afecten la medida del perfil longitudinal en las longitudes de onda entre 0,5 m y 50 m como se indicó anteriormente.

## 2.3 MÉTODO DE EVALUACIÓN CON EQUIPO BUMP INTEGRATOR

### 2.3.1 Sistema Tipo Respuesta de Medición de Rugosidad

En general, los equipos de medición de rugosidad se agrupan en cuatro clases de acuerdo a los niveles de precisión requeridos en función del uso. Los equipos de la clase 1 son los más exactos, corresponden a equipos mira y nivel, TRRL Beam y perfilómetros estáticos como el MERLIN (Machine for Evaluating Roughness using Low-cost Instrumentation). La clase 2 agrupa a los equipos perfilómetros estáticos y dinámicos, pero, que no cumplen con los niveles de exactitud de los equipos de la clase 1. Los equipos de la clase 3, utilizan ecuaciones de correlación para derivar resultados en la escala IRI (tipo Bump Integrator, por ejemplo) mientras que en la clase 4 se utilizan valores referenciales y se emplean para estimaciones gruesas.

La mayoría de los rugosímetros tradicionales pertenecen la clase 3, teniendo todos en común el hecho de entregar resultados dependientes del vehículo. Las características de los vehículos, no sólo son diferentes entre sí, sino también varían con el tiempo, por lo que una medición obtenida con un instrumento de esta clase debe corregirse a la escala IRI usando una ecuación de calibración obtenida experimentalmente.

Hoy en día los sistemas más utilizados para medir la regularidad superficial son los conocidos como de respuesta o RTRRMS (Response Type Road Roughness Measuring System). Estos sistemas consisten generalmente de tres partes: un vehículo en el que se realizan las medidas, un sensor que mide los movimientos relativos de la suspensión del vehículo, y un aparato que sirve para visualizar y almacenar las señales registradas por el sensor y al que se le designa como "Monitor".

A la parte del sistema compuesta por el sensor y el monitor se le conoce en inglés como el "Road meter" y, como dato adicional, se compra por separado del vehículo en el que será utilizado. La medida obtenida por un sistema sensor – monitor es, por lo tanto, la respuesta del vehículo al circular por una carretera a

una velocidad determinada. Una vez realizada la auscultación de un tramo de carretera, el aparato proporciona un coeficiente que es proporcional a la velocidad vertical relativa media de la suspensión del vehículo en el tramo ensayado. Entre los equipos más conocidos se encuentran: Mays Meter, Bump Integrator, BPR (Bureau of Public Roads), ARAN, PCA Meter (Portland Cement Association) y el NAASRA (National Association of Australian State Roads Authorities), etc.

La ventaja principal de los sistemas de tipo respuesta es proporcionar a gran velocidad un coeficiente que depende del estado de uniformidad de la carretera y confort que experimenta un conductor al circular por dicha carretera.

Existen, sin embargo, ciertos aspectos que desfavorecen el uso de los RTRRMS, entre estos se incluyen:

- El que los coeficientes de uniformidad dependan del tipo de vehículo y de la posición donde se instala el sistema sensor – monitor.
- El que la respuesta dinámica de los vehículos y por tanto los coeficientes de uniformidad dependan fuertemente de la velocidad a la que circula dicho vehículo.
- El que las características mecánicas de los vehículos varíen con el tiempo y por lo tanto para obtener resultados que sean consistentes hay que cuidar minuciosamente el estado de conservación de éstos, etc.

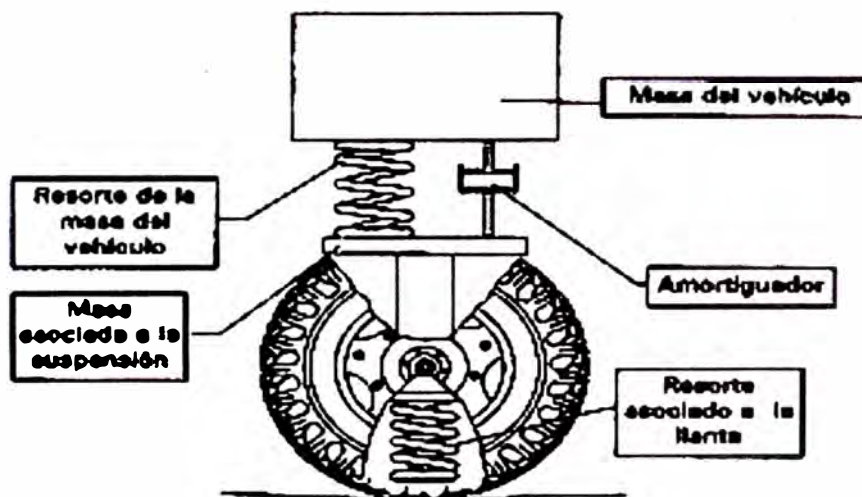
En definitiva, aunque los RTRRMS proporcionen un buen coeficiente de medida de la regularidad superficial, la diversidad de modelos y maneras de aplicación que existen en la actualidad y sus características mecánicas variables con el tiempo, complican su aplicación como sistemas de referencia de la regularidad superficial.

### 2.3.2 Modelo Aplicativo al Sistema

Los rugosímetros de clase 3 utilizan el modelo llamado Cuarto de Coche o Quarter Car o Golden Car en inglés, el cual es un modelo que al avanzar a una velocidad determinada e ir siguiendo las irregularidades del camino, genera movimiento de las masas en el eje vertical (simulando el asiento del conductor).

Por lo tanto se define como el “Movimiento vertical (desplazamiento) de las diferencias acumuladas de las masas superior e inferior divididos por el incremento de longitud del camino recorrido”. En la figura siguiente se observa una llanta representada con un resorte vertical, la masa del eje sostenida por la llanta, el resorte de suspensión y el amortiguador, y la masa de la carrocería del vehículo sostenida por la suspensión de esa llanta.

**Figura N° 2.02**  
**Esquema del Modelo Cuarto de Carro**



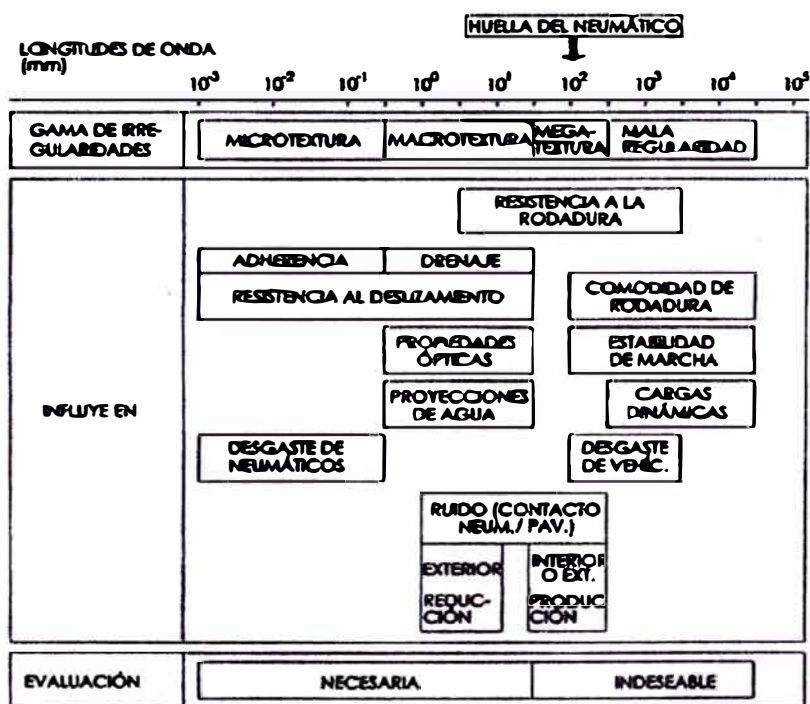
Fuente: Elaboración propia

El IRI representa el efecto del camino sobre el vehículo, debido a las desviaciones de la superficie del pavimento (causa) respecto a una superficie

plana teórica con dimensiones suficientes para afectar la dinámica del vehículo y la calidad al manejar.

De lo anterior se deduce que no todas las dimensiones de irregularidades superficiales afectan la dinámica del vehículo y la calidad al manejar. En efecto, las distintas características superficiales de los pavimentos tienen diferentes influencias en los fenómenos de interacción entre vehículo y pavimento como se muestra en la siguiente figura.

**Tabla N° 2.03**  
**Influencia de la gama de irregularidades superficiales en los fenómenos de interacción entre vehículo y pavimento**



Fuente: Revista de la Construcción. Vol. 5 N° 2 - 2006

Se aprecia que los defectos de regularidad del pavimento tienen condición de indeseable, mientras que las mayormente utilizadas microtextura y macrotextura son una condición necesaria. Mientras estas afectan a la adherencia, drenaje,

resistencia al deslizamiento, neumáticos y ruido entre otras, no afectan la comodidad de rodadura como sí lo hace la mala regularidad por las oscilaciones que producirá, además de aumentar el consumo de combustible, el desgaste, e influyen en la estabilidad de los vehículos, y las cargas dinámicas sobre el pavimento. Por lo tanto, las comúnmente utilizadas medidas de microtextura y macrotextura no tienen influencia directa en el resultado entregado por el IRI debido a que tienen distintas longitudes de onda.

El modelo de simulación cuarto de carro consta de una masa “amortiguada o suspendida” (masa de un cuarto de carro ideal) conectada a una masa “no amortiguada” (eje y llanta), a través de un resorte y un amortiguador lineal (suspensión), y por último la llanta es representada por otro resorte lineal.

El modelo de cuarto de carro emplea los parámetros de lo que se ha denominado como el Carro de Oro, los cuales se muestran a continuación:

$$k_2 = \frac{k_s}{M_s} = 63.3 \quad k_1 = \frac{k_r}{M_s} = 653$$
$$c = \frac{c_s}{M_s} = 6 \quad \mu = \frac{M_r}{M_s} = 0.15$$

donde:

$k_s$ : constante del resorte de la suspensión

$k_r$ : constante del resorte de la llanta

$M_s$ : masa suspendida

$M_r$ : masa no suspendida

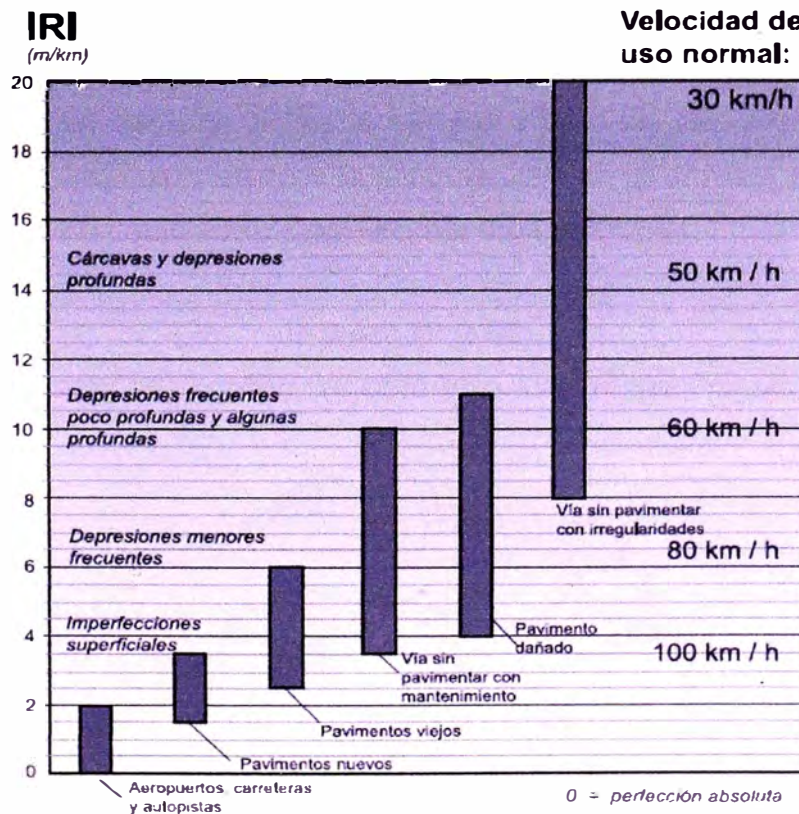
$c_s$ : amortiguador

Las ecuaciones dinámicas presentes en el modelo, forman un sistema de ecuaciones que utilizan como dato de entrada el perfil de la carretera (en la parte inferior del “resorte de la llanta”). El movimiento vertical del eje respecto a la masa suspendida, se calcula y acumula. El valor en m/km (metros acumulados por kilómetro viajado) es la medida final de la regularidad del camino.

Un aspecto importante que debe considerarse en el método de cálculo de IRI, es que se deben estimar valores iniciales entre la respuesta de transición y la respuesta inducida por el perfil. Los efectos de esta inicialización disminuyen conforme la simulación del cuarto de carro cubre una mayor distancia del perfil. Esta inicialización influye en el modelo del cuarto de carro en aproximadamente 20 m. Por lo que la manera más precisa de tratar con la inicialización, es medir el perfil al menos 20 m antes del punto de inicio del tramo, e iniciar a partir de allí el cálculo del IRI.

A partir del estudio realizado por el Banco Mundial, se propuso una escala de medición de la regularidad superficial para diferentes tipos de vías, la misma que se presenta a continuación:

**Figura N° 2.02**  
**Escala estándar empleada por el Banco Mundial para la cuantificación del IRI para diferentes tipos de vías**



Fuente: Banco Mundial

Para caminos pavimentados, el rango de la escala del IRI es de 0 a 12 m/km, donde 0 representa una superficie perfectamente uniforme y 12 un camino intransitable; para vías no pavimentadas la escala se extiende hasta el valor de 20. El perfil real de una carretera recién construida tiene un estado cero, pero se define por su IRI inicial mayor a cero, debido principalmente a que alcanzar valores de IRI = 0 es sumamente difícil desde el punto de vista constructivo. Una vez puesta en servicio, la regularidad del pavimento se modifica lentamente en función del paso del tránsito.

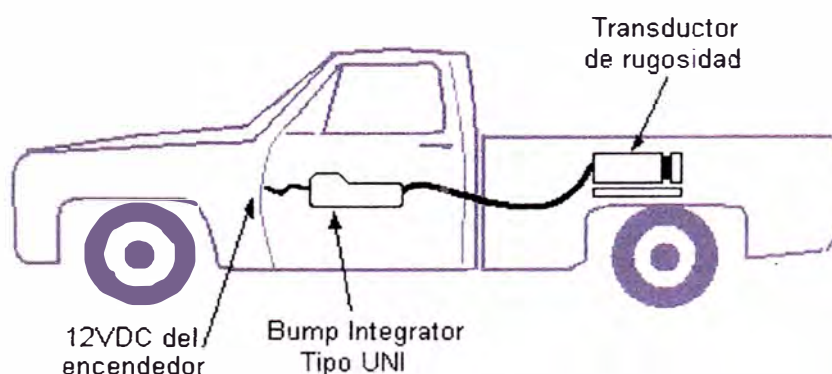
### 2.3.3 Rugosímetro Electrónico Bump Integrator Tipo UNI

El Rugosímetro Electrónico Bump Integrator Tipo UNI, mejor conocido por sus siglas REBITU, es un equipo diseñado por el Instituto de Investigación de la Facultad de Ingeniería Civil de la UNI (IIFIC). Se utiliza para la medición de la rugosidad de pavimentos y se encuentra conformado por un adquisidor de datos y un sensor de desplazamiento.

El REBITU va instalado en el eje posterior transversal de un vehículo. El desplazamiento del vehículo sobre la carretera produce desplazamientos en el eje posterior del vehículo debido a la irregularidad de la carpeta de rodadura, el equipo registra y acumula estos desplazamientos verticales.

Figura N° 2.03

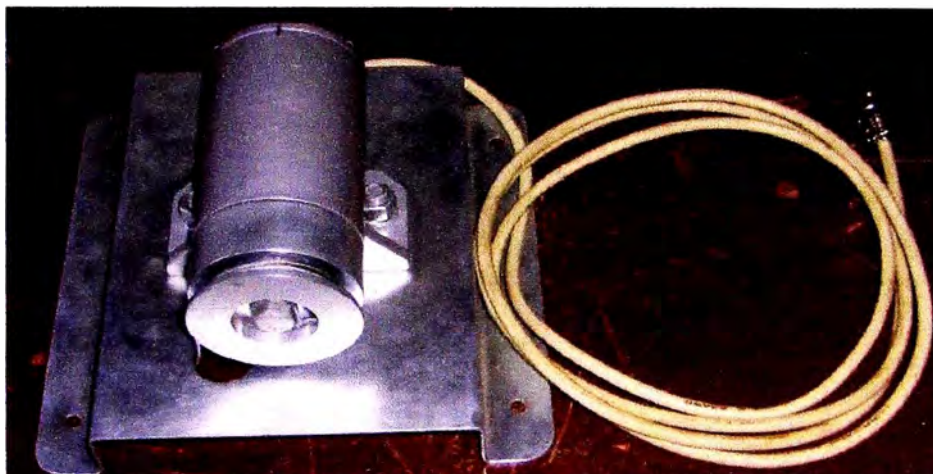
#### Esquema del equipo rugosímetro electrónico instalado



Fuente: Instituto de Investigación de la Facultad de Ingeniería Civil - UNI



**Figura N° 2.04**  
**Sensor de desplazamiento y cable transductor**



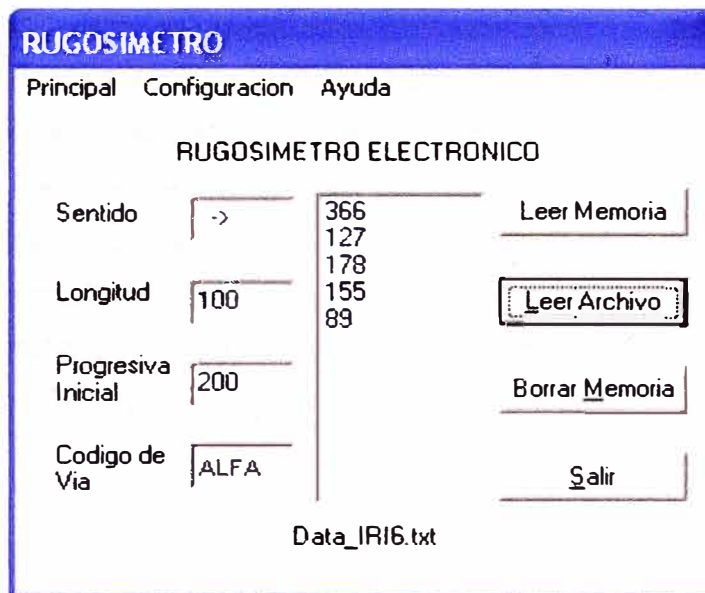
Fuente: Instituto de Investigación de la Facultad de Ingeniería Civil - UNI

**Figura N° 2.05**  
**Adquisidor de datos**



Fuente: Elaboración propia

**Figura N° 2.06**  
**Programa de computadora para rugosímetro electrónico**



Fuente: Instituto de Investigación de la Facultad de Ingeniería Civil - UNI

## 2.4 CALIBRACIÓN DEL EQUIPO BUMP INTEGRATOR

El rugosímetro debe ser calibrado o comparado con la rugosidad obtenida con métodos patrón como nivelación Topográfica o MERLIN por ejemplo. Se eligen tramos que presenten condición regular a buena, de manera que permitan obtener una fórmula de correlación consistente entre las mediciones del REBITU y del equipo patrón.

Usualmente se toman tramos de carretera para calibración de entre 100 m y 900 m, preferentemente de 200, 400, 500 y 600 m. La calibración para el caso de carreteras con superficie de rodadura de asfalto debe considerar el criterio de tomar los sectores o secciones de control que guarden las condiciones más representativas del tramo general. Ello implica considerar tramos que tengan pendiente, curvas verticales y curvas horizontales. De preferencia tomar tramos horizontales y prolongados, evitando las singularidades como el caso de gibas,

badenes, partes sin recubrimiento o cualquier condición ajena a la de los tramos que se desea caracterizar.

El procedimiento consiste en pasar con el instrumento patrón por cada una de uno de los tramos en sentido de subida y bajada, y luego determinar la media de éstas. Finalmente, registrar esta información para la correlación de sus datos con los obtenidos en los mismos tramos por otro equipo de mayor clase o exactitud, en este caso se hace uso del equipo MERLIN. Durante los trabajos de gabinete, se procesa la información mediante un programa computacional, y es así que el análisis de regresión permite encontrar la ecuación de calibración para poder convertir unidades BI (Bump Integrator) a unidades IRI.

## CAPÍTULO III APLICACIÓN DE EVALUACIÓN EN CARRETERA CAÑETE – HUANCAYO TRAMO km 118+000 – km 120+000

### 3.1 MEDICIONES EN CAMPO CON EQUIPO BUMP INTEGRATOR

#### 3.1.1 Descripción del Tramo de Evaluación

El desarrollo de los trabajos en campo se llevó a cabo en el tramo km 118+000 – km 120+000 del sector Pte. Aucco – Dv. Yauyos, perteneciente a la carretera Cañete – Huancayo.

A continuación se describen algunas de las características más importantes del área en estudio:

**Geomorfología.**- Los rasgos geomorfológicos que presenta el área de estudio, son el resultado de procesos geotectónicos y plutónicos, sobre impuestos por los procesos de geodinámica que han modelado el rasgo estructural de la región. Por ejemplo se presentan las Estribaciones Andinas (comprendidas entre los 400 a 1 000 m.s.n.m.), de topografía intermedia, con pendientes hasta los 45°, mayormente. Asimismo, el Flanco Disectado Andino (comprendido dentro de la región de la Cordillera Occidental de los Andes y cuya altitud se define entre los 1 000 a 4 000 m.s.n.m.), esta zona está delimitada por las estribaciones andinas y el borde del altiplano, de topografía abrupta con pendientes que llegan hasta los 60° mayormente.

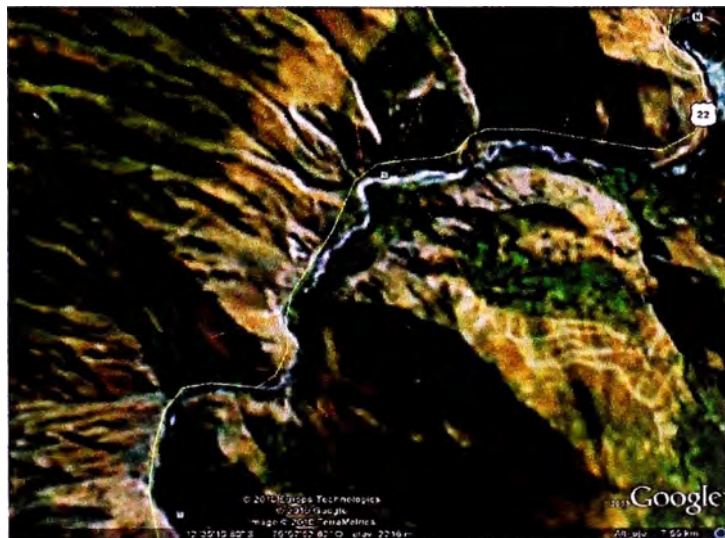
**Clima.**- Piso altitudinal Yunga (500 m.s.n.m. – 2 300 m.s.n.m.), caracterizado por ser de sol dominante durante casi todo el año. Temperatura fluctuante entre 20 y 27 °C durante el día; las noches son frescas, a causa de los vientos que bajan de las regiones más altas. Las localidades más cercanas al área de estudio son: Capillucas (1 581 m.s.n.m.) en el km 94+640, Calachota (1 740 m.s.n.m.) en el km. 105+040, y Dv. Yauyos o Magdalena (2 289 m.s.n.m.) en el km. 127+000).

**Suelos.**- Entre las progresivas km 114+600 y km 130+000, se presentan Arenas limo-arcillosas, con clasificación de suelos SUCS igual a SC-SM, mientras que

en AASHTO es igual a A-1-b (0). Su plasticidad es baja y variable entre 4,6% y 6,4%. Se tiene presencia de bolonerías, en poca proporción en la capa superior, mientras que a partir de 0,50 aumenta su presencia entre 40% y 50%.

Como referencia; se indica que en junio del 2009, se iniciaron los trabajos de cambio de estándar sobre el tramo de evaluación, los mismos que al día de hoy se encuentran a nivel de tratamiento superficial monocapa. Estos trabajos han sido complementados con la colocación de parches de recubrimientos bituminosos.

**Figura N° 3.01**  
**Mapa satelital del tramo km 118+000 – km 120+000**  
**Carretera Cañete – Huancayo**



Fuente: Google Earth

Con relación al Índice Medio Diario de flujo vehicular registrado en el año 2008, podemos mencionar que, según la estimación generada para el presente año 2010, se observa un incremento mínimo, por lo que para el sector en evaluación la carretera sigue siendo en su clasificación una carretera de bajo volumen de tránsito.

Para el presente estudio se consideraron las tasas de proyección del tráfico en función de parámetros socioeconómicos (PBI, índice de población, ingreso per cápita, etc.), para las regiones Lima y Junín. La tasa de crecimiento de los vehículos de transporte de pasajeros (micro, ómnibus) se estimó en 1,1%.

La tasa de crecimiento del tráfico privado (autos, camionetas, camioneta rural) se determina por lo general en base al PBI per/cápita, una forma de aproximación el PBI per/cápita se determina como la resta entre la tasa promedio de crecimiento del PBI y la tasa de crecimiento de la población, en donde se obtuvo 5,1%.

La tasa de crecimiento del tráfico pesado normal corresponde a la tasa promedio de crecimiento del PBI de los departamentos de Junín y Lima estimada en 6,2%.

### Figura N° 3.02

**Típica vista del sector Pte. Aucco – Dv. Yauyos, progresiva km 118+000**



Fuente: Elaboración propia

Ingresando al detalle de las características propias de la vía, las cuales incluyen singularidades, geometría, construcciones, se presenta a continuación un cuadro detallado por progresivas de cada uno de estos elementos:

**Tabla N° 3.01**

**Singularidades y señalizaciones presentes en tramo de estudio**

PROGRESIVA	ELEMENTO	DESCRIPCIÓN
km 117+830	Señalización provisional	Curva
km 118+000	Hito kilométrico	Inicio del tramo
km 118+355	Alcantarilla de concreto	48 pulg de diámetro
km 118+372	Señalización provisional	Curva
km 118+565	Señalización provisional	Vía angosta
km 118+615	Alcantarilla de concreto	48 pulg de diámetro
km 118+654	Alcantarilla de concreto	48 pulg de diámetro
km 118+710	Señalización provisional	Curva y contracurva pronunciada
km 119+000	Hito kilométrico y giba	Giba de material asfalto, desgaste leve
km 119+150	Alcantarilla de concreto	48 pulg de diámetro
km 119+155	Señal provisional	Curva peligrosa, toque claxon
km 119+160	Señal definitiva	Curva
km 119+550	Señal provisional	Pendiente pronunciada
km 119+998	Giba	De asfalto, desgaste leve
km 120+000	Hito kilométrico	Final del tramo
km 120+002	Señal provisional	Curva peligrosa
km 120+020	Señal provisional	Velocidad máxima 25 km/h
km 120+078	Señal provisional	Velocidad máxima 35 km/h

Fuente: Elaboración propia

El tiempo aproximado para realizar el recorrido del tramo, manteniendo una velocidad promedio de entre 35 km/h, es de 3,0 minutos. Se trata de un tramo sinuoso, con presencia de curvas en algunos casos pronunciadas y de radios mínimos.

**Tabla N° 3.02**

<b>DATOS DE LOS TRABAJOS REALIZADOS EN CAMPO</b>	
Carretera	Cañete – Huancayo
Sector	Pte. Aucco – Dv. Yauyos
Tramo	km 118+000 – km 120+000
Longitud	2 km
Condición de la superficie	Tratamiento superficial monocapa
Fecha de ejecución	22 de mayo del 2010

Fuente: Elaboración propia

### **3.1.2 Ubicación de Secciones de Calibración**

El concepto de sección de calibración es el de ser la representación más fiel a la del tramo a evaluar, incluyendo aspectos de forma y condición.

Previo a la medición con el rugosímetro electrónico se tomaron en cuenta los siguientes criterios y procedimientos para la determinación de las secciones de calibración:

- a) Se eligieron como secciones de calibración, aquellas cuya condición de bueno, regular y malo en términos de confort (serviciabilidad), puedan originar una correlación entre las lecturas obtenidas con el Bump Integrator.
- b) La longitud de cada sección evaluada fue de 400 m de longitud, de condición superficial homogénea y en tramo recto y prolongado.



- c) El inicio y el fin de cada sección fue claramente identificada con unas marcas en el pavimento, indicando la progresiva.
- d) Se identificaron todas las singularidades existentes (gibas, alcantarillas, badenes y otros) identificando cada una con su respectiva progresiva de ubicación.

Las secciones de calibración elegidas corresponden a los tramos km 118+000 – km 118+400 y km 118+400 – km 118+800. El tramo objetivo para evaluar se definió por las progresivas: km 119+300 – km 119+700.

### **3.1.3 Personal, Equipos y Herramientas**

El equipamiento necesario para realizar los trabajos de medición consistió en lo siguiente:

- Sensor de distancia (\*)
- Adquisidor de datos (\*)
- Camioneta tipo 4 x 4 (\*)
- Personal: Conductor, instructor, anotador y alumno (operador del equipo).
- Herramientas: Tablero, formato, cronómetro, cámara fotográfica.

(\*) De propiedad de la Facultad de Ingeniería Civil de la UNI.

### 3.2 CALIBRACIÓN DEL EQUIPO BUMP INTEGRATOR

El sensor de distancia, así como su cable transductor de datos fueron instalados en la parte posterior del vehículo, exactamente sobre el eje posterior, en la parte central.

Con el equipo totalmente instalado, tramo marcado y las singularidades identificadas se procedió a la medición tanto en sentido de ida como de retorno, siendo la velocidad promedio de desplazamiento 35 km/h.

A continuación se presentan los datos obtenidos de las mediciones realizadas el día 22 de mayo del 2010:

**Tabla N° 3.03**

**Valores BI obtenidos a la velocidad promedio del vehículo de 35 km/h**

Sub-Tramo (km)	SENTIDO DE MEDICIÓN			
	IDA		RETORNO	
	1°	2°	1°	2°
118+000 – 118+400	1286	1314	1269	1387
118+400 – 118+800	1527	1532	1485	1510
119+300 – 119+700	904	983	869	849

Fuente: Elaboración propia

Datos proporcionados por la Dirección de Escuela Profesional de la facultad de Ingeniería Civil de la UNI, curso de Titulación Profesional 2010-I por Actualización de Conocimientos.

**Tabla N° 3.04**  
**Descripción de los tramos en evaluación**

<b>Sub-Tramo (km)</b>	<b>Descripción del Sub-Tramo</b>	<b>Unidades BI Promedio</b>
118+000 – 118+400	Pendiente suave Presencia de curvas horizontales Sección de media ladera Talud de 90°	1314
118+400 – 118+800	Pendiente fuerte Tramo sinuoso Sección de media ladera Talud de 90°	1514
119+300 – 119+700	Pendiente fuerte Tramo sinuoso Sección de media ladera Talud de 90°	901

Fuente: Elaboración propia

Se tomó como sección de calibración la comprendida entre los tramos km 118+000 y km 118+800, sección subdividida a su vez en dos tramos de 400 metros de longitud cada una. La selección del tramo indicado obedeció a que la superficie de rodadura presentó una mejor condición a nivel macro con respecto a la superficie del resto del tramo en evaluación (km 118+800 – km 120+000).

Con el fin de determinar el IRI del sub-tramo km 119+300 – 119+700, se procedió a realizar la calibración de las mediciones del equipo Bump Integrator.

**Tabla N° 3.05**

**Datos de IRI de la evaluación con equipo MERLIN**

	<b>TRAMOS REPRESENTATIVOS</b>	
<b>Sub-Tramo (km)</b>	118+000 – 118+400	118+400 – 118+800
<b>IRI (m/km)</b>	4,95	5,66

Fuente: Elaboración propia

Datos del IRI procesados por el Grupo N°5 del curso de Titulación Profesional 2010-I por Actualización de Conocimientos. Datos obtenidos de las mediciones en campo con uso de equipo MERLIN el día 22 de mayo del 2010.

**Tabla N° 3.06**

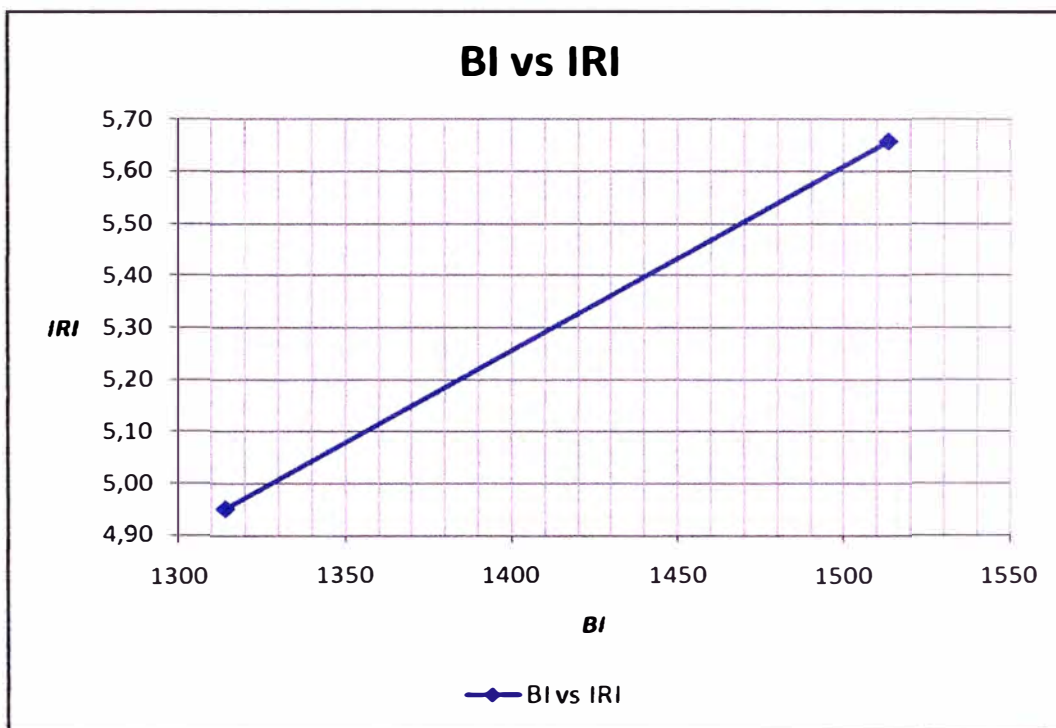
**Datos de Ingreso para obtener la Ecuación de Calibración de Bump Integrator**

	<b>CORRELACIÓN DE LOS DATOS</b>	
<b>Sub-Tramo (km)</b>	118+000 – 118+400	118+400 – 118+800
<b>BI</b>	1314	1514
<b>IRI (m/km)</b>	4,95	5,66

Fuente: Elaboración propia

Debido a que sólo fue posible desarrollar los trabajos en dos sub-tramos, la correlación de los datos del Bump Integrator con los del equipo MERLIN, se reduce a una única curva de tendencia y del tipo lineal.

**Gráfica N° 3.03**  
**Curva de tendencia de la calibración**



Fuente: Elaboración propia

**Ecuación de Calibración del Equipo Bump Integrator**

$$IRI = 0,311057504 + 0,0035313513*(BI)$$

### 3.3 DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL EN CADA SUB-TRAMO

De acuerdo a la medición con equipo Bump Integrator para el tramo km 119+300 – km 119+700, corresponden 901 unidades BI en promedio. El procedimiento siguiente es la aplicación de calibración obtenida con los tramos de evaluación antes indicados.

**Tabla N° 3.07**

**Aplicación de ecuación de calibración tramo km 119+300 – km 119+700**

	TRAMOS REPRESENTATIVOS		
<b>Sub-Tramo (km)</b>	118+000 – 118+400	118+400 – 118+800	<b>119+300 – 119+700</b>
<b>IRI (m/km)</b>	4,95	5,66	<b>3,49</b>

Fuente: Elaboración propia

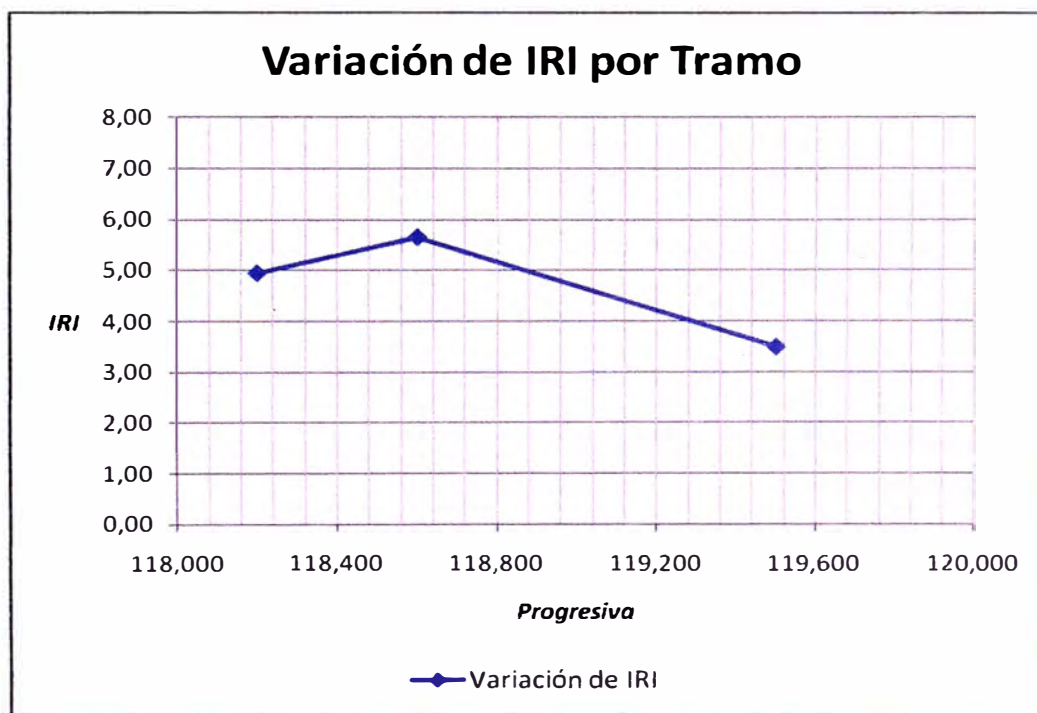
## CAPÍTULO IV ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

### 4.1 VALORES OBTENIDOS MEDIANTE EQUIPO BUMP INTEGRATOR EN CAMPO

De los trabajos en gabinete, se obtienen una serie de resultados cuyos análisis van desde la caracterización de la rugosidad de la vía hasta la comparación de resultados con los obtenidos con equipo MERLIN.

A continuación se presenta la variación de la rugosidad de la superficie de rodadura, expresado mediante el IRI obtenido en cada sub-tramo.

Gráfica N° 4.01



Fuente: Elaboración propia

Debido a que no se pudo realizar la medición en el tramo comprendido por las progresivas km 118+800 – km 119+200, es que se genera un salto en la curva antes presentada. La causa de este inconveniente, resta continuidad a la curva de tendencia.

El motivo de no haberse considerado este tramo, radica en la presencia de singularidades del tipo gibas, alcantarillas, tramos en curva de hasta 300° de giro, pendiente de hasta 15% y sectores sinuosos. Por estas condiciones, la velocidad de desplazamiento no se logró mantener con relativa constancia. El factor de riesgo de un accidente, es mayor en estos casos, por lo que finalmente se desestimó su inclusión entre las secciones de calibración.

#### 4.2 VALORES OBTENIDOS MEDIANTE ECUACIÓN DE CALIBRACIÓN

Del cálculo de los índices de rugosidad en cada sub-tramo, se obtiene el siguiente cuadro comparativo entre el resultado de rugosidad obtenido por el Bump Integrator y el obtenido con el equipo MERLIN.

**Tabla N° 4.01**  
**Cuadro Comparativo de Índices de Rugosidad en tramo Calibrado**

Sub-Tramo (km)	TRAMOS REPRESENTATIVOS			EQUIPO
	118+000 – 118+400	118+400 – 118+800	119+300 – 119+700	
IRI (m/km)	4,95	5,66	<b>3,49</b>	Bump Integrator
IRI (m/km)	4,95	5,66	<b>4,22</b>	MERLIN

Fuente: Elaboración propia

Definitivamente, la importancia de tomar un registro visual o escrito de la realidad presente en la vía durante la evaluación, da mayor sustento al resultado obtenido, indiferentemente de la clase, equipo o método utilizado. No es posible desligar este punto incluso si los resultados no son los esperados.



Si bien es cierto, la operación del Bump Integrator y del MERLIN no requieren una especialización o mayor conocimiento del funcionamiento del sistema, sin embargo, es importante mencionar que dentro de la gama de variables que están involucradas, talvés una de las más importantes sean las que corresponden a la pericia del operador en el manejo de estos equipos. Muchas veces, resultados aberrantes pueden tener origen bajo esos términos.

De los resultados encontrados, se observa que existe una notable diferencia, siendo el IRI del Bump Integrator menor en 17% al del MERLIN. La clara evidencia de que no hemos logrado una buena consistencia del resultado del Bump Integrator, es que la condición de superficie de rodadura era poco menos o igual de deteriorada que la del primer tramo (km 118+000 – km 118+400).

**Tabla N° 4.02**  
**Correlación entre el IRI y el PSI**

	<b>TRAMOS REPRESENTATIVOS</b>		
<b>Sub-Tramo (km)</b>	118+000 – 118+400	118+400 – 118+800	119+300 – 119+700
<b>IRI (m/km)</b>	4,95	5,66	3,49
<b>PSI</b>	<b>2,03</b>	<b>1,79</b>	<b>2,65</b>
<b>Descripción</b>	<b>Regular</b>	<b>Mala</b>	<b>Regular</b>

Fuente: Elaboración propia

donde: PSI = Índice de Serviciabilidad Presente

A pesar de la diferencia antes indicada entre resultados de los dos tipos de equipos, éstos sólo coinciden en la clasificación internacional del pavimento, en la que se verifica que es regular, lo que concuerda con lo observado en campo.

## CONCLUSIONES

- El Índice de Rugosidad Internacional en el tramo evaluado está por encima de 4,8 m/km, el cual representa una superficie de estado regular a malo, y según la clasificación internacional le corresponde un PSI de 2,1. Según registro de la empresa conservadora el IRI al mes de noviembre del 2009 era de 4,5 m/km, y al mes de marzo del 2010 era de 4,9 m/km, resultados en el tramo Catahuasi – Alis, por lo que si bien, el IRI del tramo evaluado está ligeramente por debajo del promedio, no significa que no sea representativo, más aún tratándose de solo una porción de 2 km sobre los 86 km del tramo Catahuasi – Alis.
- Siendo el IRI actual mayor en un 92% al 2,5 m/km que presentaba inicialmente la vía en el momento de su construcción, se da el caso que los Términos de Referencia no son claros en definir a partir de qué IRI se requiere ejecutar la conservación periódica. Es necesario recordar que la vía en el sector Pte. Aucco – Dv. Yauyos a nivel de TSM ya han cumplido el año de construcción. En definitiva, la serviciabilidad que presta la vía se ha visto reducida y la necesidad de una intervención está planteada. Se sugiere llevar los trabajos al nivel de Tratamiento Superficial Bicapa, para lo cual se debería mejorar la geometría de la vía.
- Dentro de las causas del elevado IRI de la vía se encuentra en primer lugar su deterioro normal por el volumen de tránsito, material suelto que se desprende y genera efecto abrasivo al paso de los vehículos, problemas de drenaje y sub-drenaje, faltan de definición y confinamiento de las cunetas, pero, existe un aspecto que debiendo mejorar la condición de la superficie de rodadura, muy por el contrario, su cantidad y magnitud han perjudicado su serviciabilidad. Se refiere a los trabajos de parchado, que a lo largo de la vía se aprecian como manchas oscuras formadas por recubrimiento bituminoso, las que no han logrado endurecer totalmente y mas bien dan mayor irregularidad a la superficie.

- El impedimento de no poder tomar un mayor número de tramos, preferentemente continuos, fue un punto clave en la evaluación. Esto motiva a expresar que el uso de un rugosímetro de tipo respuesta al menos en este tipo de vías, no logrará presentar resultados totalmente confiables, en primer lugar debido a su menor precisión, en comparación con el MERLIN, y en segundo lugar debido a la particularidad del tamo evaluado, que no presenta topografía llana o de pocos desniveles y geometría recta y/o curvas abiertas con radios mayores que el mínimo. La mejor aplicación del Bump Integrator está en carreteras de tramos mayormente rectos, pendiente suave, tales como la Carretera Panamericana y probablemente carreteras de la región selvática.
- La presencia de encalaminado en el tramo km 118+800 hasta el 120+000 se vio reflejada en la rugosidad obtenida tanto con el equipo Bump Integrator como con el MERLIN. El estado de este tipo de superficie se debe al daño causado por el paso de maquinaria pesada, las que dejaron huellas sobre la superficie de rodadura. Indiferentemente de la exactitud del equipo de medición, fallas de este tipo, se revelan en los resultados, y sugieren un inmediato mejoramiento de la vía, puesto, constituyen zonas susceptibles a deterioros más rápido, y que si no es tratada a tiempo, se convertirá será un problema tanto para la comodidad el usuario, como para la continuidad en la vía, la que se puede ver afectada, por reiteradas intervenciones si la solución aplicada no es la correcta. El levantamiento de la superficie de rodadura y una nueva conformación de la base sería una propuesta.
- Se considera que es necesario cubrir el mayor número de tramos curvos posibles, de fuerte pendiente y con presencia de singularidades, para así poder descartar el uso del Bump Integrator, dada su baja exactitud en los resultados. Definitivamente, la mejora propuesta a un cambio de estándar en esta vía va más allá de la precisión de los resultados, siendo evidente en este caso que la vía ha cumplido su vida útil para la que fue construida, tratándose de un plan de conservación, que fija períodos cortos como este caso.

- La aplicación de la evaluación de serviciabilidad en vías de bajo volumen de tránsito, requiere de mayor incidencia, puesto que se trata de un campo no muy difundido, del que no se cuenta con basta información, la cual generaría en casos como el de la Carretera Cañete – Huancayo, información rápida y actual para ser interpretada en el momento y traducida en soluciones, mejoras o como simple conocimiento de la realidad de aquellas que se encuentran en etapa de desarrollo, apuntando en este particular a una alternativa vial.

## RECOMENDACIONES

- De momento desestimar el uso del Bump Integrator para vías con tramos bastante sinuosos, hasta que se pueda someter a evaluación mayor número de vías de similares características topográficas, climáticas y de tráfico, usando el equipo Bump Integrator, para nuevas comparaciones, proponiendo el uso de otros equipos con mayor y menor exactitud, para evaluar el rango de confiabilidad en un espectro más amplio.
- Realizar la evaluación de la serviciabilidad con una frecuencia mayor a la de dos veces por año, adicionalmente realizar 03 ó más pasadas en cada tramo, ello debido al nivel de confiabilidad de los equipos del tipo respuesta, y que al aplicar esta metodología se pretende mejorar la consistencia de sus resultados.
- Hacer un historial de resultados para obtener el momento preciso en que los datos de campo obtenidos con el equipo dejan de ser confiables, mediante su respectiva comparación con los del equipo MERLIN, o de ser posible algún perfilómetro de clase 2.
- Generar un nivel o escala referencial de IRI para su aplicación en zonas del altiplano y otro en zonas costeras, tomando como base el historial recopilado de evaluaciones realizadas desde la década de los 1990 hasta la actualidad. Esta información podrá ser mejorada y dotada de mayor detalle en cuanto se logre acaparar la mayor cantidad de vías, y las evaluaciones en cada una correspondan a diferentes instituciones o empresas, ello con fin de analizar el rango de variabilidad de resultados.

## BIBLIOGRAFÍA

- Chang Albitres, Carlos. *Metodologías para la Determinación de la Rugosidad de Pavimentos y su Aplicabilidad en la Calibración de Equipos de Medición, Pavimentos: Un Enfoque al Futuro*, Lima, 2007.
- Del Águila Rodríguez, Pablo. *Experiencias y Resultados Obtenidos en la Evaluación de la Rugosidad de más de 3000 km de Pavimentos en el Perú y Otros Países*, Ponencia presentada al X Congreso Ibero Latinoamericano del Asfalto, Sevilla, 1999.
- Gonzáles S. y Brüning W. *Utilización y Calibración de Rugosímetros en Caminos Nacionales*, Departamento de Ingeniería Civil, Universidad de Chile, Chile, 1985.
- Hanser López, José Angel. *Tesis: Análisis de la Evaluación Técnica y Económica de Proyectos Viales con el Modelo de Estandares de Conservación y Diseño de Carreteras*, Guatemala, 2008.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. *Especificaciones Técnicas Generales para la Conservación de Carreteras*, Lima, 2007.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. *Manual para la Conservación de Carreteras No Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito*, Normas Conceptuales, volumen I, Lima, 2008.
- Pradena Miquel, Mauricio. *Auscultación en Caminos No Pavimentados Medición de la Rugosidad como Parámetro Determinador del Resultado de la Conservación*, Concepción, 2001.
- Pradena Miquel, M. y Ewon Wolf M. *Ejecución y Control de la Conservación en Caminos sin Pavimento Mediante Nivel de Servicio*, Revista de la Construcción. Vol. 5 N° 1, Chile, 2006.
- Sayers, M.W. *Guidelines for Conducting and Calibrating Road Roughness Measurements*. World Bank Technical Paper N° 46, Washington D.C., 1986.
- Sologorre Huayta, José Demetrio. *Tesis: Evaluación de la Rugosidad de Pavimentos con Uso de Bump Integrator*, Lima, 2005.

## ANEXOS

### TRÁFICO AÑO 2008

TRAMO		ZUÑIGA – PTE. AUCCO – DV. YAUYOS – SAN JOSÉ DE QUERO	
CLASIFICACIÓN	VEHÍCULO	IMD	DISTRIBUCIÓN
LIGERO	AUTOS	1	47,17%
	CAMIONETAS	20	
	CAMIONETA RURAL	4	
	MICRO	0	
	ÓMNIBUS 2E	8	52,83%
	ÓMNIBUS 3E	0	
PESADOS	CAMIÓN 2E	9	52,83%
	CAMIÓN 3E/4E	11	
	ARTICULADOS	0	
<b>TOTAL</b>		<b>53</b>	<b>100,00%</b>

Fuente: Elaboración Propia

### TRÁFICO AÑO 2010 – PROYECTADO

TRAMO		ZUÑIGA – PTE. AUCCO – DV. YAUYOS – SAN JOSÉ DE QUERO	
CLASIFICACIÓN	VEHÍCULO	IMD	DISTRIBUCIÓN
LIGERO	AUTOS	1	47,33%
	CAMIONETAS	22	
	CAMIONETA RURAL	4	
	MICRO	0	
	ÓMNIBUS 2E	8	52,67%
	ÓMNIBUS 3E	0	
PESADOS	CAMIÓN 2E	10	52,67%
	CAMIÓN 3E/4E	12	
	ARTICULADOS	0	
<b>TOTAL</b>		<b>58</b>	<b>100,00%</b>

Fuente: Elaboración Propia

## PLANO CLAVE

### TRABAJOS DE CAMBIO DE ESTÁNDAR EN CARRETERA CAÑETE – HUANCAYO

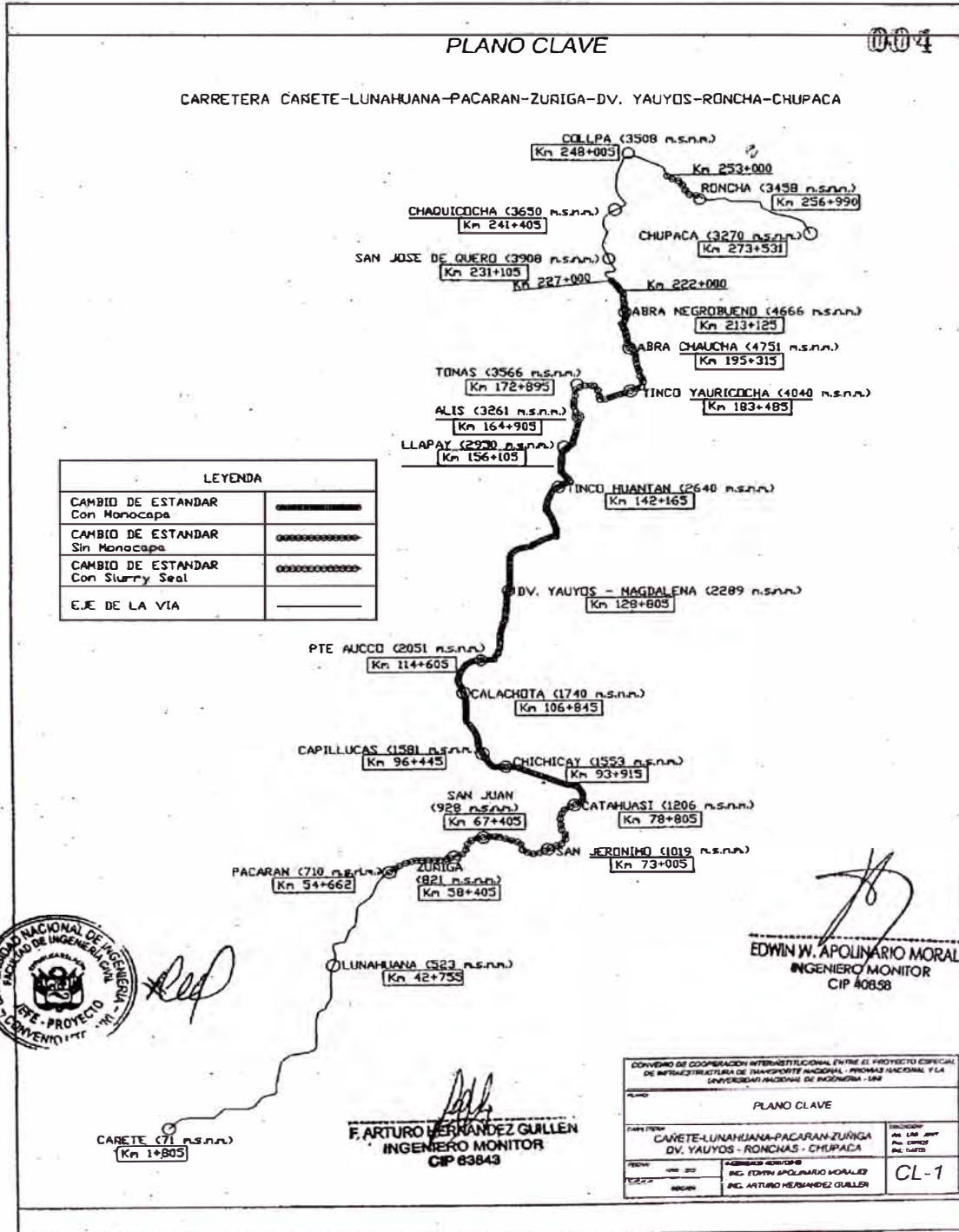


PERU Ministerio de Transportes y Comunicaciones



Proviás Nacional

CONVENIO DE COOPERACION INTERINSTITUCIONAL ENTRE EL PROYECTO ESPECIAL DE INFRAESTRUCTURA DE TRANSPORTE NACIONAL - PROVIAS NACIONAL Y LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA - FIC





## MEDICIÓN CON EQUIPO BUMP INTEGRATOR

CARRETERA CAÑETE - YAUYOS KM 118+000 - KM 120+000

### VALORES B.I. OBTENIDOS EN CAMPO

Fecha de medición 22/05/2010  
Equipo Bump Integrator  
Operador Oliver Cornejo Estacio  
Sentido de recorrido Ida y retorno / Ambos carriles  
Tramos de medida (m) 400  
V (km/h) 35

SUB-TRAMO	SENTIDO DE RECORRIDO				PROMEDIO
	IDA		RETORNO		
km	1°	2°	1°	2°	
118+000 - 118+400	1286	1314	1269	1387	1314
118+400 - 118+800	1527	1532	1485	1510	1514
119+300 - 119+700	904	983	869	849	901
	Carril Derecho		Carril Izquierdo		

### SECCIONES DE CALIBRACIÓN

Proyecto: Carretera Cañete - Huancayo  
Sector: Puente Aucco-Desvío Yauyos  
Tipo de Superficie Monocapa  
Fecha de medición 08/07/2009  
Equipo MERLIN  
Carril Derecho  
Distancia A 1,00 m del borde

SUB-TRAMO	SENTIDO DE RECORRIDO			
	IDA		RETORNO	
km	1°	2°	1°	2°
117+600 - 118+000	3,82			
118+600 - 119+000	4,71			
119+500 - 119+900	5,10			
120+300 - 120+700	4,52			
	Carril Derecho			

**MEDICIONES EN JULIO DEL 2009, REALIZADAS POR UNI EN TRAMO KM 79+500 - KM 138+935.**

SUB-TRAMO km	Eq. MERLIN		IRI	Eq. BUMP INTEGRATOR		IRI	Lecturas B.I.
	Bach. 1	Bach. 2	PROMEDIO	UNI	UNI	PROMEDIO	PROMEDIO
117+600 - 118+000				3,82			
118+000 - 118+400	4,77	5,14	4,95				1314
118+400 - 118+800	5,82	5,49	5,66				1514
118+600 - 119+000				4,71			
118+800 - 119+200	4,70	5,48	5,09				
119+200 - 119+600	3,99	4,43	4,21				
119+300 - 119+700							901
119+500 - 119+900				5,10			
119+600 - 120+000	4,63	3,87	4,25				
120+300 - 120+700				4,52			
Carril	Derecho	Izquierdo	4,83	Derecho	Izquierdo		

**RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN**

Localidad	Progresivas	Tramos	MERLIN	MERLIN	Trabajo	
	(km)	UNI	Bach. 1	Bach. 2	2009	2010
		08/07/2009	22/05/2010	22/05/2010	JUNIO	ENERO
Pte. Aucco	114+605				Slurry Seal sobre Monocapa	Camdio de Estándar con Monocapa
		117+600				
Inicio tramo en estudio	118+000	118+000	118+000	118+000		
			118+400	118+400		
		118+600				
			118+800	118+800		
		119+000				
			119+200	119+200		
		119+500				
			119+600	119+600		
		119+900				
Final Tramo en estudio	120+000		120+000	120+000		
		120+300				
		120+700				
Magdalena - Dv. Yauyos	128+805					

### EQUIVALENCIA ENTRE IRI Y p

IRI = 5.5 ln (5/p)		
p	Descripción	IRI
0 - 1	Muy mala	∞ - 9
1 - 2	Malo	9 - 5
2 - 3	Regular	5 - 3
3 - 4	Bueno	3 - 1
4 - 5	Muy bueno	1 - 0

### COMPARACIÓN DE RESULTADOS

TRAMO	RESUMEN		
	BI	IRI	PSI
118+000 - 118+400	1314	4,95	2,03
118+400 - 118+800	1514	5,66	1,79
119+300 - 119+700	901	3,49	2,65
<b>Promedio equipo Bump Integrator</b>		4,70	2,16
<b>Promedio equipo MERLIN</b>		4,83	2,08

## SECCIÓN TÍPICA DE GIBA



## SINGULARIDAD EN KM 119+000



### TRAMO CURVO CERRADO



### GRADO DE DETERIORO DE LA SUPERFICIE



### CERCANÍA AL CAUCE DEL RÍO



## **RUGOSÍMETRO ELECTRÓNICO BUMP INTEGRATOR TIPO UNI (REBITU)**

### ESPECIFICACIONES TECNICAS DEL ADQUISIDOR DE DATOS

Protocolo de comunicación:	Serial
Indicadores luminosos:	Alimentación. Cargador de batería
Dimensiones:	12.5*15.9*7 cm
Peso:	824 gr.
Alimentación:	12 VDC
Numero de sensores:	1 Sensores
Teclado 4*4	
Display LCD 2*24	

### ESPECIFICACIONES TECNICAS – SENSOR DE DISTANCIA

Tipo de sensor:	Mecánico - Encoder
Precisión:	0.9 mm
Rango de medida:	20 cm
Velocidad Máxima de rotación:	300 RPM
Alimentación:	5 VDC
Salida:	Tren de pulsos onda cuadrada
Dimensiones	19.5*19.7*9.5 cm
Peso	2014 gr.
Rango de temperatura:	-40 a +85 °C