

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



**EVALUACIÓN DE SERVICIABILIDAD CON EL BUMP INTEGRATOR
MONITOREO DE CONSERVACIÓN CARRETERA
CAÑETE-HUANCAYO KM. 106+000 AL KM. 108+000**

INFORME DE SUFICIENCIA

Para optar el Título Profesional de:

INGENIERO CIVIL

BETZABÉ MILAGROS QUEZADA MORENO

Lima- Perú

2010

DEDICATORIA:

A todas las personas que siempre me apoyaron, en especial:

A mis padres, quienes siempre se esforzaron para darnos una buena educación, gracias por creer en mí; a ti papá, tus consejos me siguen siendo de gran ayuda; a ti mami, tu fuerza y tu amor son muy importantes para mí.

A mi esposo, quien confía en mí y que siempre está dispuesto a brindarme su ayuda, sé que siempre podré contar con él para cada reto que tenga que enfrentar.

A mis dos amores, mis hijas: Anabel y Camila, quienes son mi fuerza para salir adelante y ser capaz de hacer lo que sea para verlas felices.

Mis hermanas; crecimos juntas y vivimos muchas experiencias en nuestra niñez y adolescencia, gracias por su apoyo y porque siempre estuvimos y estaremos unidas en todo momento.

A mis suegros; por el cariño que me demuestran cada día sé que es sincero y les agradezco por todo el apoyo que me brindan.

ÍNDICE

RESUMEN	3
LISTA DE CUADROS	4
LISTA DE GRÁFICOS	5
LISTA DE SÍMBOLOS Y DE SIGLAS	6
INTRODUCCIÓN	7
CAPÍTULO I: PERFIL DEL PROYECTO	
1.1 ASPECTOS GENERALES	
1.1.1 Nombre del Proyecto.....	8
1.1.2 Entidades involucradas y de los beneficiarios.....	8
1.1.3 Marco de referencia.....	8
1.2 IDENTIFICACIÓN	
1.2.1 Diagnóstico de la situación actual.....	10
1.2.2 Descripción del problema y sus causas.....	12
1.2.3 Objetivo del proyecto.....	14
1.2.4 Alternativas de solución.....	15
1.3 FORMULACIÓN Y EVALUACIÓN	
1.3.1 Horizonte del proyecto.....	16
1.3.2 Análisis de la demanda.....	16
1.3.3 Análisis de la Oferta.....	20
1.3.4 Costos.....	23
1.3.5 Beneficios.....	24
1.3.6 Sostenibilidad.....	24
CAPÍTULO II: ESTADO DEL ARTE	
2.1 ANTECEDENTES.....	26
CAPÍTULO III: MARCO TEÓRICO	
3.1 RUGOSIDAD.....	32
3.1.1 Métodos para medir la rugosidad.....	33

3.2	EL ÍNDICE INTERNACIONAL DE RUGOSIDAD IRI.....	34
3.3	INDICE DE SERVICIABILIDAD (PSI).....	36
3.4	NIVELES DE SERVICIO.....	38
3.5	CONSERVACIÓN VIAL	41
3.5.1	Definición de estrategias de conservación.....	42
3.5.2	Alcance de los trabajos.....	44
 CAPÍTULO IV: BUMP INTEGRATOR		
4.1	DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO BUMP INTEGRATOR.....	46
4.2	INSTALACIÓN DEL BUMP INTEGRATOR.....	47
4.3	CALIBRACIÓN DEL EQUIPO BUMP INTEGRATOR.....	49
 CAPÍTULO V: APLICACIÓN TRAMO KM 106+000 – KM 108+000		
5.1	IDENTIFICACIÓN DEL TRAMO.....	50
5.2	RECOPIACION DE DATOS DE CAMPO.....	51
5.3	CALIBRACION DE EQUIPO.....	52
5.4	PROCESAMIENTO DE DATOS.....	53
 CONCLUSIONES.....		58
RECOMENDACIONES.....		59
BIBLIOGRAFÍA.....		60
 ANEXOS		
ANEXO A:	Cuadros para la formulación y evaluación del Perfil.....	61
ANEXO B:	Metodología para la determinación de la Rugosidad,Pablo del Águila.....	88
ANEXO C:	Instrumentación desarrollada por el Instituto de Investigación.....	100

RESUMEN

Existen varios métodos de evaluación superficial como el equipo Merlín, el PCI, y la Viga Benkelman, un método para la determinación de la rugosidad de la superficie de rodadura es aquel que se obtiene con un instrumento tipo respuesta, entre los equipos empleados en nuestro país tenemos el Bump Integrator, el cual fue aceptado como estándar de medida de la regularidad superficial de un camino por el Banco Mundial en 1986.

El Bump Integrator es un equipo que pertenece a la clase 3 como un sistema de medición de la Rugosidad Tipo–Respuesta (RTRRMS) según clasificación de equipos de medición de rugosidad mostrada en la Publicación Técnica N°46 del BM.

En el presente informe se evaluará la rugosidad del km. 106+000 al Km. 108+000 utilizando el equipo del Bump Integrator, que forma parte del monitoreo de la conservación de la carretera Cañete – Huancayo del plan piloto que implementa los nuevos conceptos de conservación de carreteras.

Finalmente se pretende obtener valores de Índice de rugosidad para establecer alternativas de conservación rutinaria o periódica, medida que se procura obtener a través de equipos como el “Bump Integrator”.

LISTA DE CUADROS

	Pag.
CUADRO 1.1	Situación Actual de los Tramos a Enero del 2010..... 10
CUADRO 1.2	Ubicación de las estaciones de control..... 17
CUADRO 1.3	Factor de corrección mayo año 2006..... 19
CUADRO 1.4	Tasa de crecimiento..... 20
CUADRO 1.5	Características de los Tramos a evaluar del Proyecto..... 20
CUADRO 1.6	Costos de mantenimiento mensual por tramo..... 23
CUADRO 1.7	Costos de Operación Vehicular..... 24
CUADRO 1.8	Análisis de Sensibilidad aumento de periodo de Evaluación..... 25
CUADRO 3.1	Relación PSI – Transitabilidad..... 33
CUADRO 3.2	Estado vial, Según la rugosidad..... 35
CUADRO 3.3	Clasificación del estado de la superficie de rodadura..... 35
CUADRO 3.4	Consideración de vía inaceptable..... 37
CUADRO 3.5	Relacion de PSI – IRI..... 38
CUADRO 5.1 :	Estructuras y otros factores que afectan la toma de datos tramo km. 94+000 – km. 99+000..... 50
CUADRO 5.1 :	Datos obtenidos en campo..... 51
CUADRO 5.2 :	Resultados de I.R.I. obtenidos por la uni al 30/06/2009..... 52
CUADRO 5.3 :	Ubicación de las zonas de calibración..... 53
CUADRO 5.4 :	Medición de rugosidad con merlin y Bump Integrator..... 53

LISTA DE GRÁFICOS

	Pag.
GRAFICO 1.1 Plano clave.....	11
GRAFICO 1.2 Ubicación de las estaciones de control E1, E2, E3, y E4.....	17
GRAFICO 1.3 Ubicación de las estaciones de control E1 y E2.....	18
GRAFICO 1.4 Analisis de Sostenibilidad.....	25
GRAFICO 2.1 Perfilómetro GMR ROAD.....	27
GRAFICO 2.2 Modelo matemático del Perfilómetro.....	30
GRAFICO 3.1 Evolución del IRI.....	36
GRAFICO 3.2 Escala de valores del IRI.....	40
GRAFICO 4.1 Sensor y contador del equipo Bump Integrator.....	47
GRAFICO 5.1 Ecuacion de calibracion.....	54

LISTA DE SÍMBOLOS Y DE SIGLAS

AASHTO	American Association of State Highway and Transportation
ASTM	American Society for Testing and Materials
BPR	Bureau of Public Roads.
CBR	California Bearing Ratio.
CGC	Consorcio Gestión de Carreteras.
DG-2000	Manual de Diseño Geométrico
EAL	Número de Ejes Equivalentes.
GMR	General Motors Research.
ICCGSA	Ingenieros Civiles y Contratistas Generales S.A
IMD	Índice Medio Diario.
IRI	Índice de Rugosidad Internacional.
MDOT	Michigan Department of Transportation.
MTC	Ministerio de Transportes y Comunicaciones
NCHRP	National Cooperative Highway Research Program Officials.
PERT	Proyecto Especial Rehabilitación de Transportes.
RARS	Reference Average Rectified Slope
RQCS	Reference Quarter Car Simulation
RTRRMS	Response Type Road Roughness Meters
UMTRI	University of Michigan Transportation Research Institute

INTRODUCCIÓN

El presente Informe de Suficiencia pretende determinar la condición funcional actual del pavimento mediante la evaluación de la Serviciabilidad de la carretera Cañete – Yauyos – Chupaca, Km. 106 + 000 – Km. 108 + 000, empleando el Equipo Bump Integrator.

Para la evaluación de la Serviciabilidad con el equipo Bump Integrator se utilizará las normas técnicas referidas a la conservación de carreteras de bajo volumen de tránsito y las normas dadas por el Banco Mundial, También experiencias dadas a conocer por empresas consultoras dedicadas a la evaluación de pavimentos.

Además, el presente documento contiene aportes teóricos desarrollados en capítulos:

El primer capítulo rescata datos generales importantes de la carretera, los cuales sirven para la elaboración del perfil, características así como problemas que presenta la carpeta de rodadura y el planteamiento de soluciones.

El segundo capítulo se enfoca en desarrollar el Estado del Arte del equipo a utilizar, como es el Bump Integrator (equipo de tipo respuesta) desde su concepción inicial.

El tercer y cuarto capítulo, desarrollan el aspecto teórico en que se basa el presente informe, la descripción y definición de la rugosidad representada por el valor I.R.I., los valores de rugosidad de la superficie de los pavimentos en números consistentes y reales; y los distintos métodos y equipos para poder obtener dicho valor, así como definir el proceso de trabajo adecuado para campo en aplicar dicha teoría de manera provechosa obteniendo luego resultados esperados.

Finalmente, el quinto capítulo; luego de haber procesado los datos obtenidos en campo, la calibración del equipo, dando algunos alcances del análisis y recomendando posibles soluciones.

CAPÍTULO I: PERFIL DEL PROYECTO

1.1 ASPECTOS GENERALES

1.1.1 Nombre del proyecto

Estudio del Proyecto de Cambio de Estándar de la Carretera Cañete - Yauyos Huancayo.

1.1.2 Entidades involucradas y de los beneficiarios

La principal entidad involucrada es Provías Nacional a través del Proyecto Perú, el cual es un programa de Infraestructura Vial del Ministerio de Transportes y Comunicaciones de la Red Vial Nacional 022.

Los beneficiarios serían los usuarios de la vía y los pobladores de las localidades de Lunahuaná, Pacarán, Zúñiga, San Juan, San Gerónimo, Catahuasi, Chichicay, Capillucas, Calachota, Magdalena, Yauyos, Tincco Huantan, LLapay, Alis, Tomas, Tinco de Yauricocha, Abra Chaucha, Abra Negrobueno, San José de Quero, Chaquicocha, Collpa, Roncha y Chupaca.

1.1.3 Marco de referencia

En el año 2003, la Oficina de Planificación y Planeamiento del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, aprueba el perfil elaborado por el Ing. Floriano Palacios León, autorizando así la Elaboración del Estudio de Factibilidad del Proyecto: Ruta 22 (3N), Tramo: Lunahuaná -Yauyos-Chupaca, tomando como base el estudio de Ingeniería e Impacto Ambiental para la Ampliación, Construcción y Conservación de la carretera Lunahuaná-Huancayo del consorcio AYESA-ALPHA CONSULT.

Mediante Resolución Directoral N° 815-2004-MTC, se aprueba administrativamente el estudio de Preinversión a Nivel de Perfil de Proyecto Ruta 22 (3N), Tramo: Lunahuaná – Yauyos - Chupaca.

Con fecha 15.04.2005 se suscribe con el Ing. Sergio Eduardo Avilés Córdova, el Contrato de Locación de Servicios N° 077-2005-MTC/20, para que brinde a la Gerencia de Estudios y Proyectos mas los servicios especializados en la realización del Estudio de Factibilidad del Proyecto de Inversión Pública: Ruta 22

(3N), Tramo: Lunahuaná – Yauyos - Chupaca, el cual es aprobado mediante Resolución Directoral N° 919-2006-MTC/20.

En Julio del 2007, el Ministerio de Transportes y Comunicaciones convoca al concurso público N° 0031-2007-MTC/20, para la elaboración del Estudio Definitivo para la Rehabilitación y Mejoramiento de la Carretera: Lunahuaná - Dv. Yauyos-Chupaca, Tramo: Ronchas - Chupaca, L=16.30Km., concurso cuya Buena Pro es otorgada a HOB Consultores S.A.

El 06/03/2008, HOB Consultores S.A. suscribe con PROVIAS NACIONAL, el Contrato de Servicios de Consultoría N° 049-2008-MTC/20, para la elaboración del estudio definitivo para la Rehabilitación y Mejoramiento de la Carretera: Lunahuaná - Dv. Yauyos - Chupaca, Tramo: Ronchas-Chupaca, L=16.30Km.

En virtud de lo establecido en el numeral 3.3, de la cláusula Tercera del Contrato: DE LA VIGENCIA, INICIACIÓN, DURACIÓN, Y TERMINACIÓN DEL CONTRATO, la entidad fija como fecha de inicio del estudio el 17 de Marzo del 2008.

El consorcio Gestión de Carreteras (en adelante el CONTRATISTA-CONSERVADOR) está formado por las empresas Ingenieros Civiles y Contratista Generales S.A – Corporacion Mayo S.A.C. – Empresa de Mantenimiento Vial La Marginal S.R.L., según contrato de Consorcio, del 27 de Noviembre del 2007, con firmas legalizadas ante el notario Alfredo Paino Scarpati, con RUC N° 0034-2007-MTC/20, “Servicio de Conservación vial por niveles de Servicio de la Carretera Cañete – Lunahuaná – Pacarán – Chupaca – y Rehabilitación del Tramo Zúñiga – Dv. Yauyos - Ronchas”, por un monto total de su propuesta a precios unitarios ascendente a S/. 131 589 139.71 (Ciento Treinta y un Millones Quinientos Ochenta y Nueve Mil Ciento Treinta y Nueve y 71/100 Nuevos Soles), incluido impuestos, según las partidas, unidades y precios ofertados por el postor.

Con fecha 22 de Agosto del 2008 se firma el Convenio de Cooperación Interinstitucional entre el Proyecto Especial de Infraestructura Nacional - Provias Nacional y la Universidad Nacional de Ingeniería - UNI, para el acompañamiento y 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 - Ronchas), en cumplimiento de la cláusula tercera - ítem 3.4 (i): “El monitoreo de los trabajos de servicios de

Conservación Vial del Corredor Vial 13 en toda su extensión”, el presente informe se centrará en evaluar el estado de conservación de la superficie de rodadura.

1.2 IDENTIFICACIÓN

1.2.1 Diagnóstico de la situación actual

De acuerdo a los trabajos de monitoreo que viene realizando la FIC se da a conocer los avances realizados por el contratista hasta Enero del 2010 en el tramo de la carretera Cañete - Yauyos - Huancayo, y es la siguiente:

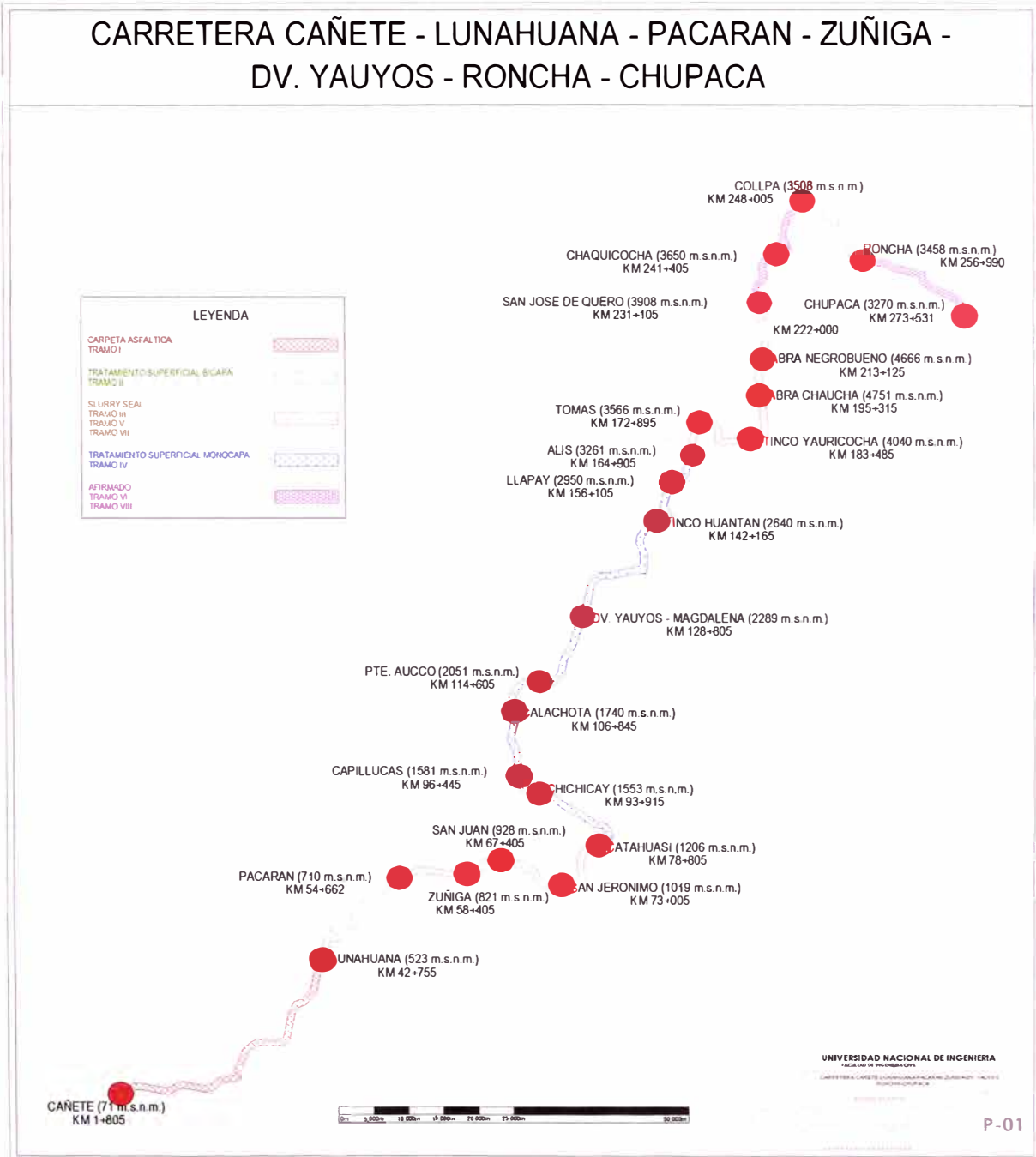
CUADRO 1.1
SITUACION ACTUAL DE LOS TRAMOS A ENERO DEL 2010

TRAMO INICIAL	km inicio	TRAMO FINAL	km fin	LONGITUD DEL SUB-TRAMO	TIPO DE PLATAFORMA	N°TRAMOS	KM x TRAMOS
CAÑETE	1+805	LUNAHUANA	42+755	40+950	CARPETA ASFALTICA	1	40+950
LUNAHUANA	42+755	PACARAN	54+662	11+907	TSB (3/4 Y 3/8)	2	11+907
PACARAN	54+662	ZUÑIGA	58+405	3+743	SLURRY SEAL	3	24+143
ZUÑIGA	58+405	SAN JUAN	67+405	9+000			
SAN JUAN	67+405	SAN JERONIMO	73+005	5+600			
SAN JERONIMO	73+005	CATAHUASI	78+805	5+800	MONOCAPA	4	86+100
CATAHUASI	78+805	CHICHICAY	93+915	15+110			
CHICHICAY	93+915	CAPILLUCAS	96+445	2+530			
CAPILLUCAS	96+445	CALACHOTA	106+845	10+400			
CALACHOTA	106+845	PUENTE AUCCO	114+605	7+760			
PUENTE AUCCO	114+605	DV. YAUYOS MAGDALENA	128+805	14+200			
DV. YAUYOS MAGDALENA	128+805	TINCO HUANTAN	142+165	13+360			
TINCO HUANTAN	142+165	LLAPAY	156+105	13+940			
LLAPAY	156+105	ALIS	164+905	8+800	SLURRY SEAL	5	62+095
ALIS	164+905	TOMAS	172+895	7+990			
TOMAS	172+895	TINCO YAURICOCHA	183+485	10+590			
TINCO YAURICOCHA	183+485	ABRA CHAUCHA	195+315	11+830			
ABRA CHAUCHA	195+315	ABRA NEGROBUENO	213+125	17+810			
ABRA NEGROBUENO	213+125	S/N	227+000	13+875	SLURRY SEAL	6	26+000
S/N	227+000	SAN JOSE DE QUERO	231+105	4+105			
SAN JOSE DE QUERO	231+105	CHAQUICOCHA	241+405	10+300			
CHAQUICOCHA	241+405	COLLPA	248+005	6+600			
COLLPA	248+005	S/N	253+000	4+995	SLURRY SEAL	7	3+990
S/N	253+000	RONCHA	256+990	3+990			
RONCHA	256+990	CHUPACA	273+531	16+541	CARPETA ASFALTICA	8	16+541
TOTAL				271+726			271+726

FUENTE: Monitoreo realizado por la UNI y MTC (Avance del contratista)

GRÁFICO 1.1 PLANO CLAVE

**CARRETERA CAÑETE - LUNAHUANA - PACARAN - ZUÑIGA -
DV. YAUYOS - RONCHA - CHUPACA**



FUENTE: Elaboración propia

1.2.2 Descripción del problema y sus causas

Problema Central

Deficiente nivel de transitabilidad de la carretera Cañete - Yauyos - Huancayo que perjudica el traslado de carga y pasajeros, lo que origina altos costos de operación de transportes, tiempos de viaje excesivos, perjudicando las actividades económicas y productivas de la zona.

Causas Indirectas:

- Carencia de obras que protejan la vía (inestabilidad de taludes).
- Fenómenos meteorológicos.
- Falta de Diseño geométrico en toda la vía.
- Geografía agreste a lo largo de toda la vía.
- Señalización vial confusa (doble señalización en un mismo tramo).

Causas Directas:

- Deterioro de la superficie de rodadura.
- Incremento de accidentes de tránsito.

Efectos Indirectos:

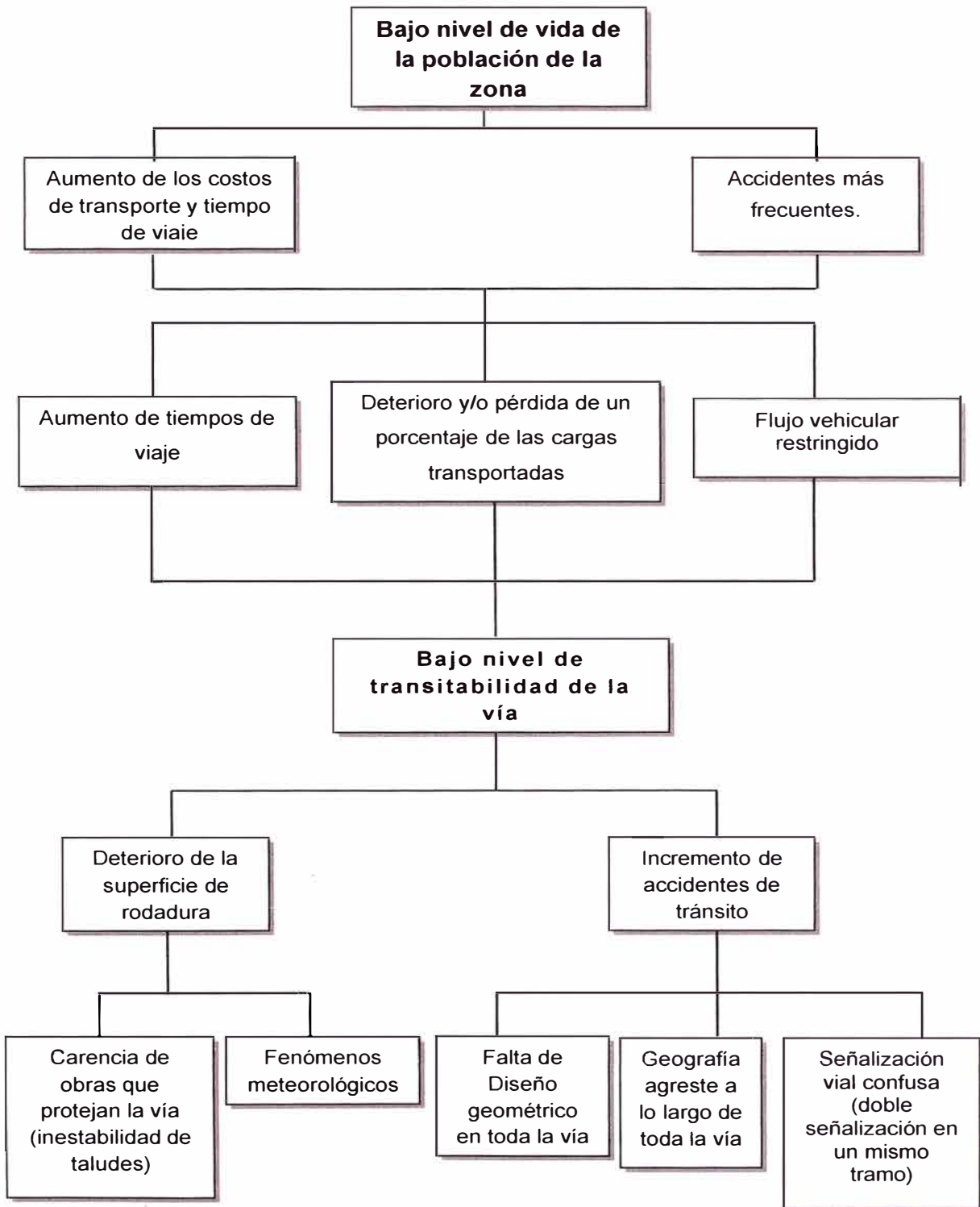
- Aumento de tiempos de viaje.
- Deterioro y/o pérdida de un porcentaje de las cargas transportadas.
- Flujo vehicular restringido.

Efectos Directos:

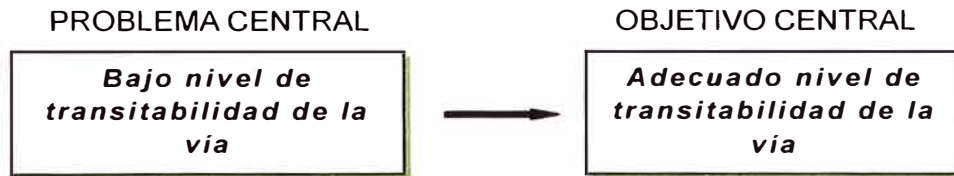
- Aumento de los costos de transporte y tiempo de viaje.
- Accidentes más frecuentes.

Todos estos efectos conllevan como consecuencia final al “Bajo nivel de vida de los pobladores de la zona”.

ÁRBOL DE CAUSAS Y EFECTOS



1.2.3 Objetivo del proyecto



A) Objetivo Central

El objetivo central del proyecto es alcanzar un adecuado nivel de transitabilidad de la vía en estudio, mediante la ejecución permanente de actividades de conservación rutinaria y periódica.

Medios de Primer Nivel:

- Mantener en buen estado la superficie de rodadura
- Garantizar la seguridad vial

Medios Fundamentales:

- Tratamiento superficial de la capa de rodadura
- Limpieza de obras de arte
- Eliminación de desmonte y remoción de derrumbes.
- Reposición de elementos de seguridad vial.

Fines Directos:

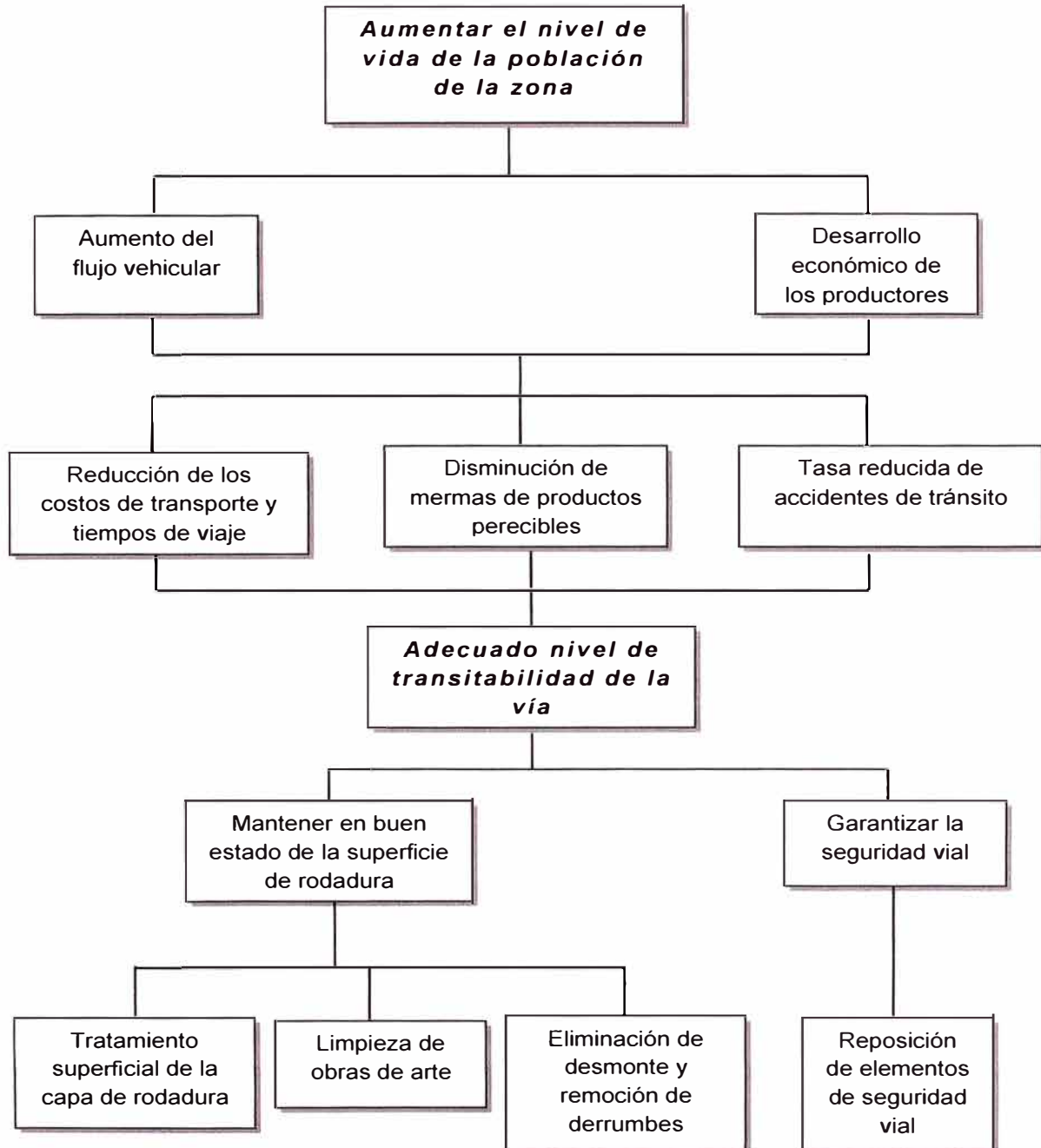
- Reducción de los costos de transportes y tiempo de viaje.
- Disminución de mermas de productos perecibles.
- Tasa reducida de accidentes de tránsito.

Fines Indirectos:

- Aumento del flujo vehicular.
- Desarrollo económico de los productores

Todos estos fines conllevan a un fin último expresado como: "Aumentar el nivel de vida de la población de la zona".

ÁRBOL DE MEDIOS Y FINES



1.2.4 Alternativas de solución

Se plantea alternativas de mantenimiento para la conservación de la carretera Cañete - Yauyos - Huancayo.

Alternativa de Mantenimiento No 1

Mantener el trazo de la vía, mejorando su superficie con tratamiento superficial utilizando mortero asfáltico (Slurry Seal); y actividades de mantenimiento rutinario.

Alternativa de Mantenimiento No 2

Mantener el trazo de la vía, mejorando su superficie con tratamiento superficial utilizando un sello bituminoso (Otta Seal); y actividades de mantenimiento rutinario.

Alternativa de Mantenimiento No 3

Mantener el trazo de la vía, mejorando su superficie con tratamiento superficial utilizando un micropavimentos y actividades de mantenimiento rutinario.

1.3 FORMULACIÓN Y EVALUACIÓN

1.3.1 Horizonte del proyecto

El proyecto tendrá un horizonte de 3 años en el cual la carretera en estudio debe mantenerse en óptimas condiciones, se evaluará alternativas de cambio de estándar y se evaluará la rentabilidad del proyecto para los próximos tres años.

1.3.2 Análisis de la demanda

Estaciones de Control:

La programación de estaciones de control vehicular, se efectuó de acuerdo a los antecedentes entregados por el consorcio gestión de carreteras 2, considerando las actividades de mantenimiento requeridas y según los tramos más o menos homogéneos en volumen y composición vehicular, en que se subdivide el eje vial en estudio.

El cuadro 1.2 y los gráficos 1.2 y 1.3, muestran la ubicación de las estaciones de control vehicular, los cuales se indican:

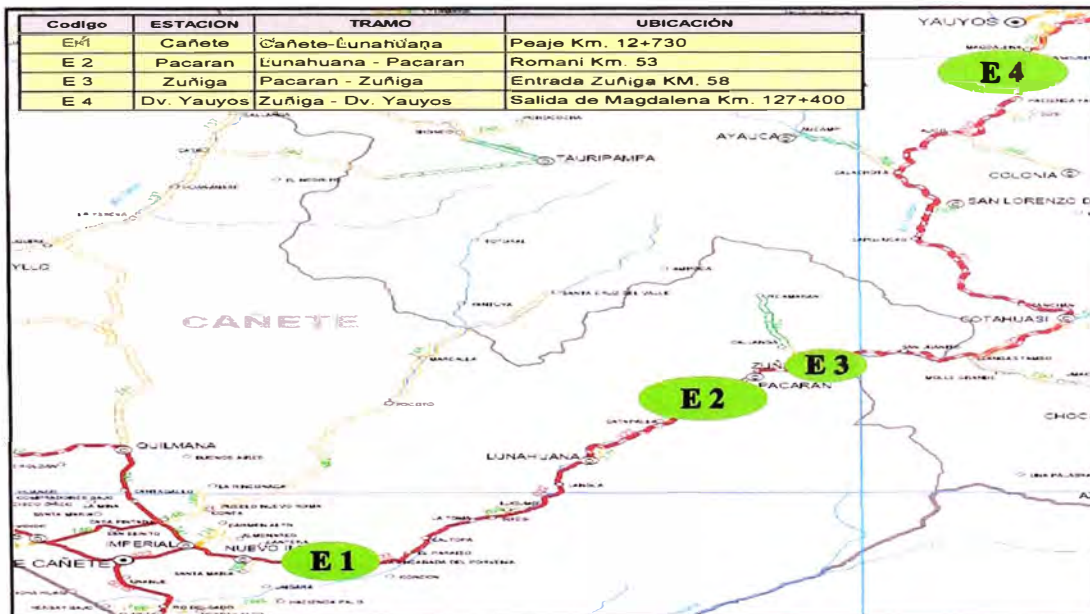
CUADRO 1.2
UBICACIÓN DE LAS ESTACIONES DE CONTROL

CÓDIGO	TRAMO	NOMBRE	TAREA
1.- Volumen y clasificación vehicular			
E 1	Cañete (Imperial)-Lunahuaná	Lunahuaná	Conteo Continuo
E 2	Lunahuaná-Pacarán-Zúñiga	Pacarán	Conteo Continuo
E 3	Zúñiga-Dv. Yauyos-San José de Quero	Zúñiga	Conteo Continuo
E4	San José de Quero-Ronchas	Yauyos	Conteo Continuo
E5	Ronchas-Chupaca	Ronchas	Conteo Continuo

FUENTE: Elaboración propia

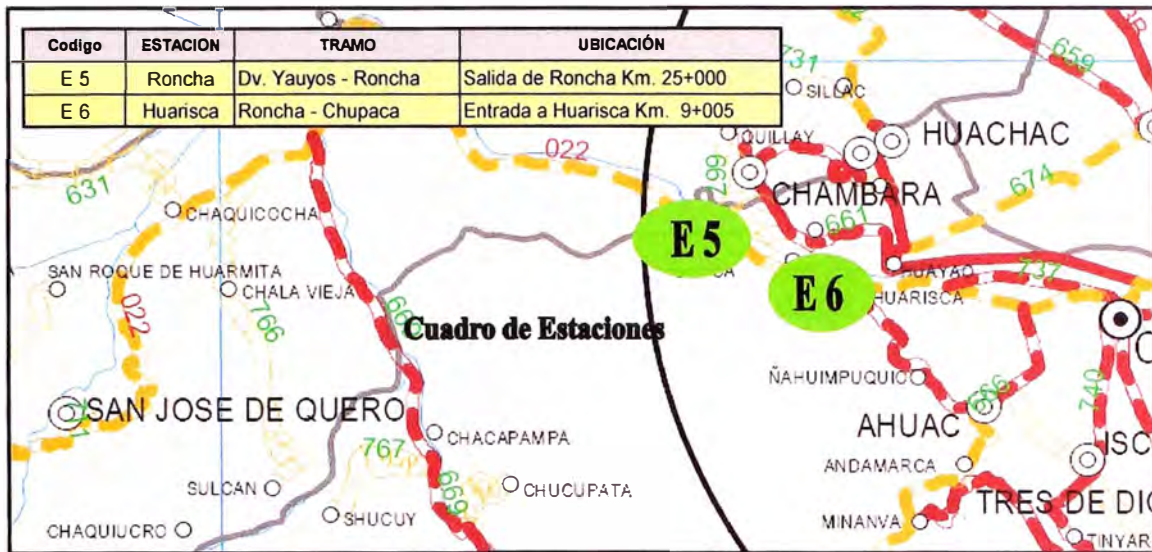
De acuerdo al cronograma de trabajo de campo, se iniciaron los conteos vehiculares el día 21 de abril al 25 de mayo, según cuadro adjunto. Cabe hacer mención que para el trabajo de campo, se asignó personal con amplia experiencia en conteos vehiculares con conocimiento del área, los formatos de campo utilizados, aplicados para estas actividades por la OPP-MTC. Se adjunta el gráfico de ubicación de las estaciones de control.

GRAFICO 1.2
UBICACIÓN DE LAS ESTACIONES DE CONTROL E1, E2, E3 Y E4



FUENTE: ICCGSA

GRÁFICO 1.3
UBICACIÓN DE LAS ESTACIONES DE CONTROL E5 Y E6



FUENTE: ICCGSA

Metodología para hallar el promedio diario anual (IMD)

La metodología para hallar el Índice Medio Diario anual (IMD), comprende la siguiente fórmula:

$$IMD = IMDs * FC m$$

$$IMDs = [(\sum VI+Vs+Vd)/7] \text{ (Estaciones de 7 días)}$$

Donde:

IMDs = Volumen clasificado promedio de la semana.

VI = Volumen clasificado día laboral (lunes, martes, miércoles, jueves, viernes)

Vnl = Volumen clasificado días no laborables (día sábado (Vs), domingo (Vd)),

FC m = Factor de corrección según el mes que se efectuó el aforo.

Obtención de los factores de corrección mensual

El factor de corrección estacional, se determina a partir de una serie anual de tráfico registrada por una unidad de Peaje, con la finalidad de hacer una corrección para eliminar las diversas fluctuaciones del volumen de tráfico por causa de las variaciones estacionales debido a factores recreacionales, climatológicas, las épocas de cosechas, las festividades, las vacaciones escolares, viajes diversos, etc.; que se producen durante el año.

Para el cálculo del factor de corrección mensual (FC_m), se obtuvo de la información proporcionada por Provías Nacional – Gerencia de Operaciones Zonales del año 2006, de las Unidades de Peaje de Lunahuaná ubicada en el tramo vial Cañete-Lunahuaná” y Huacrapuquio, ubicada en la carretera Huancayo-Imperial; dichas Unidades de Peaje son representativas de las variaciones mensuales del volumen-vehicular en la carretera en estudio.

$$FC_m = \frac{IMD \text{ anual}}{IMD \text{ del mes del Estudio de la Unidad Peaje}}$$

Donde:

FC_m = Factor de corrección mensual clasificado por cada tipo de vehículo.

IMD = Volumen Promedio Diario Anual clasificado de la U. Peaje.

IMD_{mes del Estudio} = Volumen Promedio Diario, del mes en U. Peaje.

El cuadro 1.3, presenta el factor de corrección mensual (FC_m), hallado asumiendo el mismo Factor de Corrección para ambos sentidos.

CUADRO 1.3
FACTOR DE CORRECCIÓN MAYO AÑO 2006

PUNTO DE CONTROL	UNIDAD DE PEAJE ASUMIDA	CÓDIGO	MES	F.C. VEH. LIGEROS	F.C. VEH. PESADOS
Cañete-Dv. Yauyos	Lunahuaná	E1-E2-E3	Mayo	0.99655	0.81409
Dv. Yauyos-Ronchas	Huacrapuquio	E4 y E5	Mayo	1.04545	0.96032

FUENTE: Gerencia de Operaciones Zonales – Provías Nacional

Proyección del Tráfico Total

El Tráfico Total viene dado por la suma del Tráfico Normal y el Tráfico Generado. En el ANEXO A se indica el tráfico total para los tramos, el IMD que se obtuvo en las estaciones de control se utilizaron para obtener estos resultados.

Para la proyección del tráfico normal se utilizará los indicadores macro-económicos que estableció el Ministerio de Economía y Finanzas. El proyecto se encuentra ubicado en los departamentos de Lima y Junín, las mismas que cuentan con las tasas de crecimiento poblacional de 1.7% y 1.1%

respectivamente, promediando ambas se obtiene 1.4%, que servirá para la proyección del tráfico ligero hasta el 2020.

Asimismo, el MEF, estima (escenario neutro) como tasa de crecimiento anual del PBI de Lima de 3.7% y de Junín de 3.9 % anual, obteniéndose como promedio de ambas el 3.8 %, porcentaje que servirá para la proyección del tráfico pesado.

CUADRO 1.4
TASAS DE CRECIMIENTO 2008-2020

PERIODO	TRANSPORTE DE PASAJEROS	TRANSPORTE DE CARGA
2006 -2025	1.40 %	3.80%

La proyección del tráfico normal tanto de carga como de pasajeros para el horizonte de análisis, se obtuvo aplicando las tasas de crecimiento correspondientes al IMD por tipo de vehículo del año base (2008).

1.3.3 Análisis de la Oferta

El cuadro 1.4 ha sido elaborado con la información recopilada de los informes del Convenio de Cooperación Interinstitucional entre el Proyecto Especial de Infraestructura de Transporte Nacional – PROVIAS NACIONAL y la Universidad Nacional de Ingeniería – UNI (Plano Clave Abril 2010).

CUADRO 1.5
CARACTERÍSTICAS DE LOS TRAMOS A EVALUAR DEL PROYECTO

TRAMO	PAVIMENTO	KM INICIO	KM FINAL	LONGITUD (Km)
Tramo I Cañete - Lunahuana	Carpeta Asfáltica	1+805.00	42+755.00	40.950
Tramo II Lunahuana - Pacaran	Tratamiento Superficial Bicapa	42+755.00	54+662.00	11.907
Tramo III Pacaran - Catahuasi	Slurry Seal	54+662.00	78+805.00	24.143
Tramo IV Catahuasi - Alis	Tratamiento Superficial Monocapa	78+805.00	164+905.00	86.100
Tramo V Alis – Km. 227+000	Slurry Seal	164+905.00	227+000.00	62.095
Tramo VI Km. 227+000 – Km. 253+000	Slurry Seal	227+000.00	253+000.00	26.000
Tramo VII Km. 253+000 - Roncha	Slurry Seal	253+000.00	256+990.00	3.990
Tramo VIII Roncha - Chupaca	Carpeta Asfáltica	256+990.00	273+531.00	16.541
TOTAL				271.726

FUENTE: Elaboración propia.

Características:

- ✓ De acuerdo a la orografía de la zona, desde el Km. 104+500 Km de Lunahuana hasta Yauyos, la topografía es ondulada y a media ladera se va serpenteando el curso del río cañete. Así mismo no se ha detectado erosiones ni afectaciones ocasionados por el río Cañete.
- ✓ En este tramo es necesario precisar, que los sub. tramos alternos propuestos, tales como de Lunahuaná Zuñiga de 22+260 Km, donde la topografía es plana semi ondulada y con sección de plataforma bastante amplia entre 6 0 m a 8 0 m, de Lunahuaná hasta Uchupampa se encuentra asfaltada en una longitud de 4.120 Km y 18.140 con afirmado en regular estado sin cunetas laterales y 58 Obras de Drenaje Transversal, un promedio de 02 Alcantarillas / Km.
- ✓ De Zuñiga a Magdalena con una longitud de 74.230 Km., la topografía es ondulada y accidentada con plataforma de la vía más angosta entre 3.50 a 4.50 m, el río cañete se cruza dos veces en San Jerónimo y Canchan, las quebradas adyacentes como Tambo y Catahuasi a través de Puente Bailey, existen canteras, botaderos y fuentes de agua próximos a la vía se ha contabilizado 81 Obras de Drenaje Transversal, promedio 1 alcantarilla x Km.
- ✓ La carretera se desvía de Magdalena (Km 96+490, cota 2,253 m.s.n.m), hacia la izquierda a Yauyos, recorriendo una longitud de 8.010 Km en desarrollo con 4 curvas de volteo, cuya pendiente es fuerte entre 10% a 15% y ancho de plataforma de 4.50 m con plazoletas de paso cada 500 m, la plaza de Armas se ubica a la altura de 2,873 m.s.n.m. en el Km. 104+500, este pequeño tramo recibe el flujo vehicular de Huancayo Chupaca, Cañete y Lima
- ✓ El segundo tramo que abarca de Magdalena a Chupaca con una longitud de 147.770 Km. se desarrolla entre las altitudes de 2,253 m s n m, (Magdalena), 4,755 m s n m (Cumbre) y 3,312 m s n m (Chupaca) desde magdalena hasta el desvío a Laraos Km 29+320 (centro Minero) la plataforma de la carretera se encuentra en regular estado con algunas secciones críticas a medio túnel por el estrechamiento de la cuenca y basamentos rocosos de fuerte declive.
- ✓ Desde Llapay Km. 30+010 hasta Tinco de Yauricocha Km. 58+250, la carretera atraviesa zonas con medio túnel y 03 túneles de 40 a 50 m con mayor número de cruces de quebradas con pontones de madera y concreto,

la sección de la plataforma promedio es de 4.0 m, y se encuentra a nivel de subrasante con encharcamientos de aguas superficiales, con tramos aislados de afirmado en regular estado y con 29 Obras de Drenaje Transversal.

- ✓ El tramo de Tinco de Yauricocha hacia adelante a pesar de desarrollarse sobre altitudes mayores a 4,000 m.s.n.m, se encuentra mejores condiciones en cuanto a la geometría de trazo, sección de plataforma amplia, estable y afirmado en buenas condiciones hasta Chaucha Km 77+670 Km (4,595 m 5 n m), luego se prosigue por Capillayoc (Km 84+280), Negro Bueno (Km 87 000), San Jose de Quero (Km 106+990) hasta Chaquicocha (Km 115+150, cota 3,910 m.s.n.m) manteniendo las mismas características geométricas pero la plataforma se encuentra con baches, ahuellamientos, con afirmado desgastado y erosionado, se tiene 63 Obras de Drenaje en servicio.
- ✓ Desde Chaquicocha, zona ganadera, la carretera tiene mejores condiciones de transitabilidad por el mayor flujo vehicular, se cruza el puente sobre el río Cunas Km: 120+200 y la vía se desarrolla por su margen derecha, pasando las localidades de Roncha, Km 131+450, Huansca, Km 139 800, desvió a Ahuac, Km 142+700, se observa a ambos lados de la vía grandes extensiones de cultivos de la zona(maíz, zanahoria, papa y otros) hasta la entrada a la plaza de Armas de Chupaca en el Km 147+770 y cota 3,312 m.s.n.m se encuentra funcionando 23 Obras de Drenaje Transversal.
- ✓ En casi todo el tramo se observa el Inadecuado drenaje longitudinal, cuneta en tierra casi colmatada. La cuneta es artesanal de 0.60m de ancho, usada principalmente para desaguar el escurrimiento superficial del área tributaria de la vía, al no proponerse ningún tipo de revestimiento esta genera erosión e infiltración a la capas del pavimento.
- ✓ Inadecuado drenaje transversal, alcantarillas artesanales en tramo del Km. 106 al Km. 108, con alcantarillas con un tubo de PVC, en el tramo del Km. 150 al Km. 165 se observa que el contratista a colocado Alcantarillas de TMC 48" pero que el recubrimiento sobre dicha estructura es de 0.20 m por lo que el bulbo de presiones de la carga vehicular va a generar el pandeo de la estructura, asimismo se observa que el contratista no ha colocado ningún tipo de impermeabilizante a la TMC por lo que si las aguas de las quebradas tienen un pH < 7 (acida) generará el desgaste prematuro de tal estructura.

- ✓ Presencia de filtraciones proveniente de los terrenos de cultivo y falta de un sistema de subdrenaje, especialmente por tener cortes altos en zonas no estables, origina ingreso de agua subterránea a la plataforma.
- ✓ Sectores críticos donde el ancho de la vía es menor debido a la presencia de taludes inestables (desmoronamiento de taludes), riberas erosionadas, y por topografía accidentada. Pendiente longitudinal variable entre 0.2% a 9%.
- ✓ Los anchos de la calzada existente varían entre 2.6 m y 8.5 m.
- ✓ Inadecuado drenaje longitudinal, cuneta en tierra casi colmatada. La cuneta es artesanal de 0.60m de ancho, usada principalmente para desaguar el escurrimiento superficial.
- ✓ Inadecuado drenaje transversal, alcantarillas artesanales en tramo del Km. 106 al Km. 108, con alcantarillas con un tubo de PVC.
- ✓ Presencia de filtraciones proveniente de los terrenos de cultivo y falta de un sistema de subdrenaje.

1.3.4 Costos

Para la evaluación de Costos se ha utilizado el CUADRO 1.5, en el cual se detalla en tramos toda la carretera en estudio, se elaboró presupuestos de mantenimiento para cada tramo el cual se adjunta en el anexo A.

CUADRO 1.6
COSTOS DE MANTENIMIENTO MENSUAL POR TRAMO

TRAMO	LONGITUD (Km)	INCIDENCIA	COSTO MANTENIMIENTO RUTINARIOxAÑO (S/.)	COSTO MANTENIMIENTO RUTINARIOxMES (S/.)	PAGO POR MANTENIMIENTO MENSUAL (S/.)
Tramo I Cañete - Lunahuana	40.95	100%	587,688.11	48,974.01	69,551.45
Tramo II Lunahuana - Pacaran	11.91	100%	178,466.42	14,872.20	20,679.13
Tramo III Pacaran - Catahuasi	24.14	100% 32%	47,140.87 723,644.43	3,928.41 60,303.70	6,850.72 47,618.45
Tramo IV Catahuasi - Alis	86.10	68% 30%	1,573,308.07 1,267,301.89	131,109.01 105,608.49	103,353.80 84,201.97
Tramo V Alis - Km. 227+000	62.10	48%	2,075,680.06	172,973.34	137,795.38
Tramo VI Km. 227+000 - Km. 253+000	26.00	20%	867,910.90	72,325.91	57,689.73
Tramo VII Km. 253+000 - Roncha	3.99	2%	72,697.75	6,058.15	4,835.92
Tramo VIII Roncha - Cunupaca	16.54	100%	194,658.40	16,221.53	26,268.60

FUENTE: Elaboración propia.

1.3.5 Beneficios

La conservación de la carretera generará beneficios debido a la elección de la mejor alternativa para el proyecto, tales como:

- Mejora de los tiempos y costos de operación generados por los vehículos que transitan por esta vía.
- Disminución de la cantidad de accidentes de tránsito debido a un adecuado mantenimiento.

CUADRO 1.7

Costos Operativos Vehiculares (COV)
(US\$ Veh/Km)

Sin Proyecto Asfaltado Mal Estado*	Slurry Mantenimiento 1o Alternativa	Otta Mantenimiento 2o Alternativa	Macro Mantenimiento 3o Alternativa
0.30	0.24	0.27	0.26
0.41	0.36	0.38	0.37
0.68	0.53	0.61	0.58
0.87	0.77	0.81	0.80
1.29	0.87	1.08	1.02
1.64	1.21	1.43	1.38

*Incluye políticas de optimización (no sólo mantenimiento rutinario) :

FUENTE: MTC – Elaboración propia

1.3.6 Sostenibilidad

Los factores que pondrían en riesgo la inversión serían que la ejecución y mantenimiento de la obra se realice en época de lluvias, fenómeno del niño y/o eventos extremos, lo que dilataría el tiempo de ejecución de la obra.

Con el mejoramiento de la vía vendría un incremento de circulación vehicular, lo que provocaría un vínculo económico entre las regiones de Lima, Junín e Ica; gobiernos que estarían dispuestos a darle la debida importancia para la realización del proyecto.

Para poder realizar algunas de estas alternativas de mantenimiento se tendrá que verificar el estado de la superficie de la carretera, realizando la evaluación con el equipo del Bump Integrator, el cual calculará la rugosidad de la superficie a fin de determinar en que estado se encuentra.

A continuación se presenta un análisis de sostenibilidad con las alternativas propuestas.

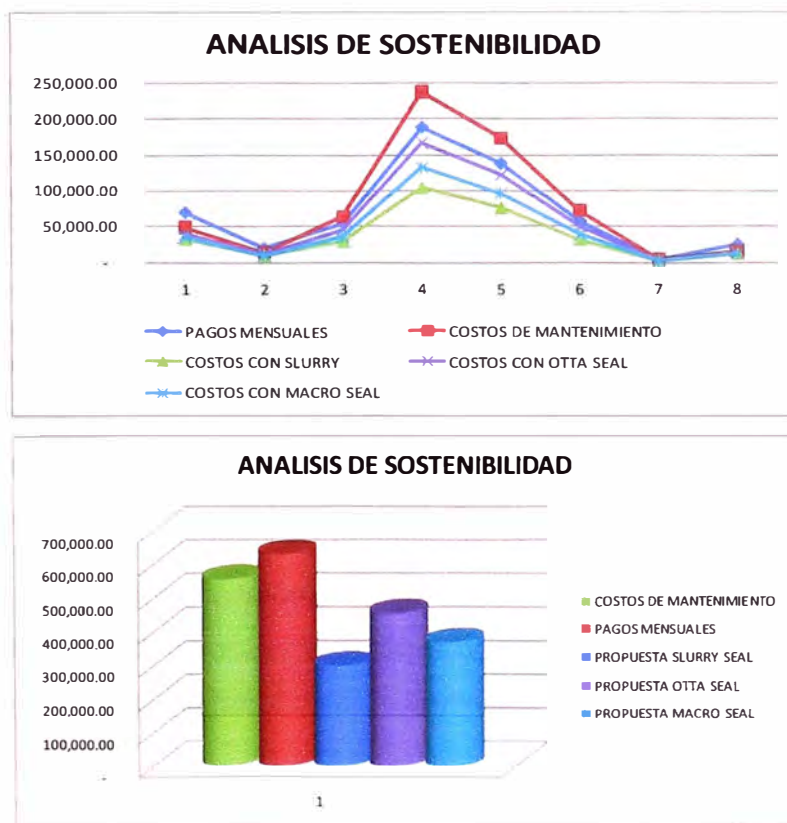
CUADRO 1.8
ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD AUMENTO DE PERIODO DE EVALUACION

TRAMO	LONG. (Km)	PAGO POR MANTENIMIENTO MENSUAL (S/.)	COSTO MANTENIMIENTO RUTINARIOxMES (S/.)	ALTERNATIVA 1 SLURRY SEAL (S/.)	ALTERNATIVA 2 OTTA SEAL (S/.)	ALTERNATIVA 3 MACRO SEAL (S/.)
Tramo I Cafete - Lunahuana	40.95	69,551.45	48,974.01	32,762.76	40,399.51	36,191.46
Tramo II Lunahuana - Pacaran	11.91	20,679.13	14,872.20	9,903.21	12,243.99	10,954.16
Tramo III Pacaran - Catahuasi	24.14	54,469.17	64,232.11	29,720.77	45,978.27	37,019.96
Tramo IV Catahuasi - Alis	86.10	187,555.76	236,717.50	104,680.35	166,880.04	132,606.38
Tramo V Alis - Km. 227+000	62.10	137,795.38	172,973.34	76,598.93	121,998.72	96,982.24
Tramo VI Km. 227+000 - Km. 253+000	26.00	57,689.73	72,325.91	31,977.58	50,984.76	40,511.30
Tramo VII Km. 253+000 - Roncha	3.99	4,835.92	6,058.15	2,675.51	4,268.81	3,390.86
Tramo VIII Roncha - Chupaca	16.54	26,268.60	16,221.53	12,559.72	14,295.35	13,338.97
TOTAL	271.73	558,845.14	632,374.74	300,878.83	504,667.90	418,613.78

FUENTE: Elaboración propia.

Del cuadro 1.8 se extrae los cuadros de Análisis de sostenibilidad, de las cuales se puede concluir que el mantenimiento de la carretera con Slurry Seal tiene menor costo y de los análisis que se adjunta el ANEXO A.

GRÁFICO 1.4



FUENTE: Elaboración propia

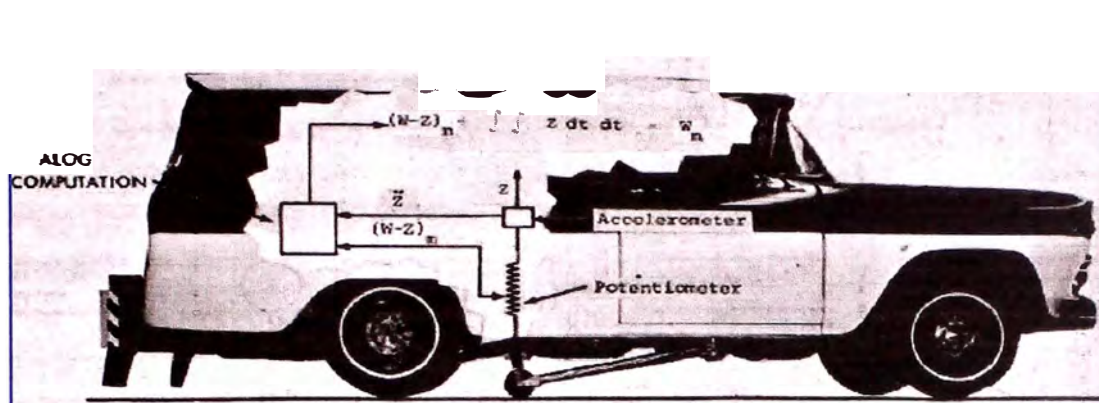
CAPÍTULO II: ESTADO DEL ARTE

2.1 ANTECEDENTES

En los años 1940 para establecer criterios de calidad y comportamiento de las superficies de rodadura, que indicaran sus condiciones actuales y futuras del estado superficial y funcional de las mismas; surgió la necesidad de establecer un índice que permitiera evaluar las deformaciones verticales de una superficie de rodadura, que afectaban la dinámica de los vehículos que transitan sobre ella. El Banco Mundial 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 "American Association of State Highway Officials" (AASHO). Actualmente llamada AASHTO, que permite calificar la condición superficial de un camino solo en forma subjetiva.

Los modelos matemáticos de respuesta de vehículos fueron utilizados desde la década de 1940, por ingenieros encargados en la elaboración y evaluación de los aviones y vehículos militares. En aquel momento, el esfuerzo asociado con la obtención de un perfil con los métodos convencionales y convertirlo en una forma compatible con métodos de cálculos diario (ordenadores analógicos) era demasiado grande como para considerar el uso de vehículos de simulación para evaluar la rugosidad de carreteras. Sin embargo, debido a graves consecuencias por un fallo de un avión al atravesar una pista de aterrizaje, o de un vehículo militar que atraviesa un terreno accidentado, el esfuerzo de la realización de simulaciones se justifica por las aplicaciones. Siendo los primeros rugosímetros construidos por la "Oficina de Caminos Públicos" - Soiltest, Inc. como ejemplo el Modelo Indicador de la Rugosidad CT444; el cual tuvo varias complicaciones por lo que tuvieron que renovar o inventar nuevos rugosímetros.

En el año de 1960, el Laboratorio de Investigación de General Motors (GMR) desarrolló el primer prototipo, un perfilómetro utilizando instrumentos capaces de medir la parte dinámica del perfil de una carretera al paso de un vehículo.

GRÁFICO 2.1: PERFILÓMETRO GMR ROAD

FUENTE: ARTÍCULO BANCO MUNDIAL

A finales de 1960, el Departamento de Transportes de Michigan (MDOT, conocido en aquellos años como el Departamento de Caminos y Transportes del Estado de Michigan) construyó un segundo GMR, perfilómetro, en cooperación con GMR.

El sistema de medición de la rugosidad a finales de 1960 del cual el más conocido fue el Rugosímetro BPR, que emplea una simulación de vehículos usando una computadora analógica. Como el Rugosímetro BPR tiene una sola rueda, entonces el vehículo de simulación fue llamado Rugosímetro BPR de Simulación del Cuarto Carro (Quarter-Car BPR/QCS), obteniéndose ecuaciones idénticas a un modelo matemático utilizado por caracterizar varios sistemas dinámicos, siendo las primeras aplicaciones para cuantificar la rugosidad. Los dos BPR/QCS utilizaron diferentes valores de parámetros, cada uno basado en mediciones diferentes estándares de los Rugosímetros BPR.

En 1968 K.J.Law, Inc. presentó un segundo modelo de Simulación del Cuarto Carro (Quarter-Car Simulation - QCS) con otros parámetros obteniendo el vehículo de pasajeros Chevrolet Impala.

Uno de los perfilómetros tipo GMR utilizando BPR/QCS fue la base para la escala de la rugosidad usada en el Proyecto de Investigación de Interrelaciones entre Costos de Construcción, Mantenimiento y Uso de Carreteras (Project of Research on the Interrelationships Between Costs of Highway Construction,

Maintenance and Utilization - PICR). Aunque debido a diferentes factores el dispositivo no pudo actualizar la medida del perfil durante el proyecto con mayor precisión; por ello la escala de rugosidad no es equivalente a la publicada por BPR/QCS en aquellos años.

A fines de la década de 1970, un proyecto de investigación a gran escala llevado a cabo por el Instituto de Investigación de Transportes de la Universidad de Michigan (The University of Michigan Transportation Research Institute - UMTRI) determino:

- Estudiar los sistemas de medición de la rugosidad tipo respuesta (RTRRMS).
- Establecer la correlación entre diferentes sistemas.
- Diseñar una metodología de calibración válida.

La investigación incluyó pruebas de RTRRMS en un laboratorio con un análisis teórico de su concepto e instrumentación; obteniendo problemas por lo que se hizo evidente que los instrumentos fueron diseñados sin conocer el concepto de rugosidad y como debería ser medido. En su análisis de la rugosidad se determinó que un aspecto mensurable es determinar el perfil longitudinal como referencia de calibración.

La referencia que se seleccionó es el "Quarter Car" (QCS), con parámetros nuevo del modelo que ofrece máxima correlación con RTRRMS existentes; por lo cual el sistema de Simulación del Cuarto Carro fue mejorado al modelo de Simulación del Medio Carro (Half-Car) porque todos los sistemas RTRRMS usados en EEUU son basados en vehículos de doble rodaje (vehículos de pasajeros y remolques de doble rodaje).

Se descubrió que la forma del envoltorio del neumático tiene influencia crítica en el QCS, utilizándose para velocidades bajas. La rugosidad del QCS descrita por el UMTRI era casi idéntica a la propuesta por el Programa de Cooperación Nacional de Investigación de Carreteras (National Cooperative Highway Research Program - NCHRP), difiriendo solamente en el parámetro de envolvimiento del neumático el cual fue cambiado de 300mm a 250mm para simplificar los requerimientos de medición y sus métodos.

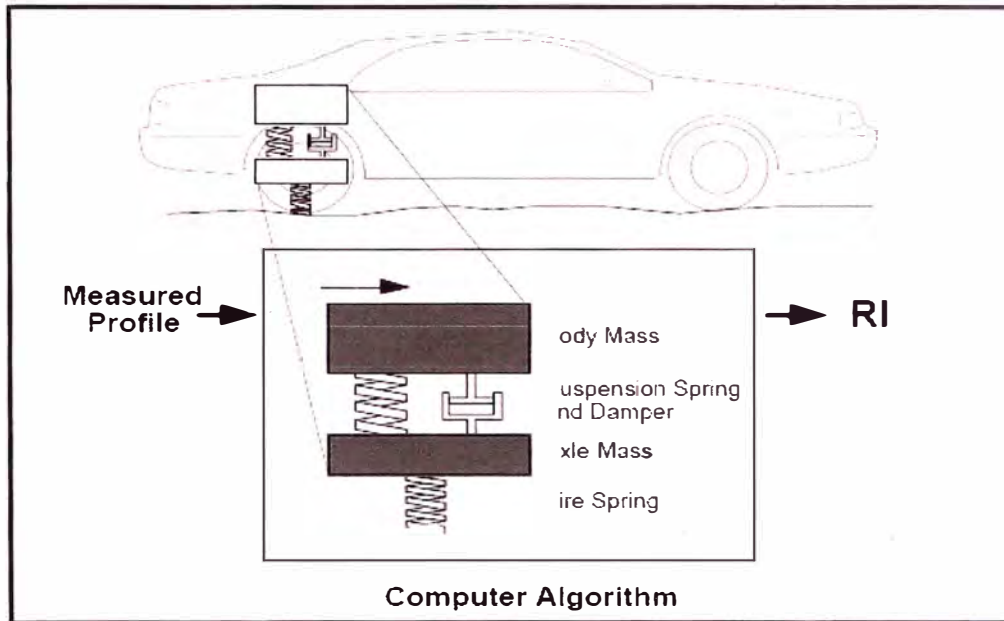
El informe NCHRP-228 recomienda una estadística de rugosidad llamado “referencia de la velocidad promedio”, de utilidad para la comparación de las mediciones realizadas por RTRRMS. Otras estadísticas asociadas con el Rugosímetro QCS (RQCS) fue llamado “pendiente media de referencia” (reference average rectified slope - RARS), obteniendo los valores numéricos con una velocidad de 80km/h, por lo que se seleccionó como la mejor alternativa para la medición del Índice de Rugosidad Internacional (IRI).

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; aun datos de un mismo país no eran confiables, debido a que las mediciones fueron realizadas con equipos o métodos que no eran estables, ni confiables en el tiempo.

Entonces el Banco Mundial decidió motivar el desarrollo del Proyecto Experimento Internacional de Rugosidad de Caminos (International Road Roughness Experiment - IRRE), el cual fue propuesto para encontrar las mejores prácticas apropiadas para muchos tipos de equipos de medición de la rugosidad y para proveer un significado para la comparación de la rugosidad obtenida por diferentes procedimientos e instrumentos. El experimento incluyó la participación de 11 piezas de equipos los cuales fueron agrupados en 3 categorías:

- Sistemas de Medición de la Rugosidad Tipo-Respuesta (RTRRMS)
- Medición Estática del Perfil
- Medición Dinámica del Perfil (Perfilómetros)

GRÁFICO 2.2
MODELO MATEMÁTICO DEL PERFILÓMETRO



FUENTE: DISEÑO AVANZADO DE PAVIMENTOS, ING. RAFAEL MENENDEZ

Todos los equipos RTRRMS que participaron en el IRRE consistían en un vehículo equipado con instrumentación especial. Aunque los diseños fueron diferentes, todos los instrumentos tienen igual aplicación teórica en su sistema de medición, el cual se basaba en la acumulación de los movimientos relativos de la suspensión entre el eje y el cuerpo del vehículo. Las medidas obtenidas con estos instrumentos eran un conteo discreto, donde una cuenta correspondía a una cierta cantidad de desviación acumulada de los vehículos en suspensión. Cuando se utiliza un vehículo de pasajeros, el instrumento es montado en el cuerpo del vehículo, directamente encima del centro del eje trasero.

Alternativamente, algunos están montados en el marco de un remolque de una sola rueda, directamente encima del eje; en el IRRE participaron cuatro tipos de equipos RTRRMS (siete equipos en total) que se describen a continuación:

Sistema Opala-Maysmeter, fueron utilizados 3 equipos de este modelo operados por la Agencia de Planeamiento de Transportes de Brasilia (Brazilian Transportation and Planning Agency - GEIPOT). Estos consistían en vehículos de pasajeros Chevrolet Opala equipados con Maysmeter, el cual fue fabricado por la compañía Rainhart de Austin, Texas. Se hicieron modificaciones para eliminar el registrador grafico, utilizado para leer mediciones de rugosidad, y se

sustituyó por un contador electrónico con una pantalla digital. Lo cual producía un valor por cada 80 metros de viaje, también se podía ajustar para mostrar un valor cada 320 metros de viaje.

En una camioneta Caravan con dos Rugosímetros, siendo el primer equipo llamado Bump Integrator (BI) el cual fue producido y operado por el Laboratorio Británico de Investigación de Transportes y Caminos (British Transport and Road Research Laboratory - TRRL). El segundo equipo utilizado es el Rugosímetro NAASRA producido por el Consejo Australiano de Investigación de Carreteras (Australian Road Research Board - ARRB). Ambos equipos fueron instalados en una Camioneta Chevrolet Caravan, la cual fue hecha en Brasil y pertenece a la familia de automóviles Opala que fue utilizado para el sistema Maysmeter. Siendo instalados y operados por el equipo de TRRL, y todas las medidas fueron realizadas con el equipo NAASRA y con el BI en forma simultánea.

En el Perú el uso del equipo Bump Integrator fue efectuado por el Departamento de Proviás Nacional del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC) en el año 1995; quien realizó mediciones de rugosidad en la autopista del país como la Panamericana Norte, mediante la tesis "Evaluación de la Rugosidad de Pavimentos con Uso del Bump Integrator" del Ing. José Sologorre Huayta pero también ha sido utilizado el equipo BI por el Consorcio Sullana para la evaluación superficial del Sector Sullana-Aguas Verdes.

Actualmente el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC) cuenta con diferentes equipos de Rugosímetros siendo uno de ellos el Bump Integrator, a la vez que lo utiliza para sus propias mediciones de la rugosidad de carreteras, también exige su uso en la medición de la rugosidad cuando conlleva un contrato de prestación de servicios de mantenimiento a una determinada carretera. Actualmente la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI), mediante el Instituto de Investigación de la Facultad de Ingeniería Civil (IIFIC-UNI), cuenta con un equipo de Rugosímetro Electrónico Bump Integrator Tipo UNI (REBITU) conformado por un adquirente de datos y un sensor de desplazamiento.

CAPÍTULO III: MARCO TEÓRICO

3.1 RUGOSIDAD

La rugosidad de un pavimento es el parámetro que relaciona la magnitud y frecuencia de las irregularidades superficiales o altimétricas, con la comodidad o confort al transitar sobre él. La American Society of Testing and Materials (ASTM) E867 define rugosidad como la desviación de la superficie del pavimento respecto de una superficie plana teórica con dimensiones características que afectan la dinámica del vehículo y la calidad al manejar por la superficie de rodadura.

La Rugosidad está asociada a la textura de una superficie. Podemos definir las el Microtextura y Macrotextura, las cuales se define:

- **Microtextura** (coeficiente de fricción): está relacionado con las características propias del árido expuesto sobre la superficie de los pavimentos.
- **Macrotextura**: intersticios generados debido a la distribución de los áridos en la superficie.

Para la evaluación de la serviciabilidad de un pavimento el parámetro mas empleado se denominado Índice de Serviciabilidad Presente (PSI), el cual establece la condición funcional o capacidad de servicio actual del pavimento, estos conceptos que fueron desarrollados por el cuerpo técnico del Ensayo Vial AASHTO, en 1957.

Los valores del PSI se evalúan mediante una escala que va de 0 a 5, en donde la condición óptima corresponde al máximo valor. En el Perú, la determinación analítica del PSI se efectúa utilizando la expresión establecida por Sayers (3), que relaciona la Rugosidad con el Índice de Serviciabilidad.

La expresión 1, es una correlación desarrollada con la base de datos establecidos en el Ensayo Internacional sobre Rugosidad de Caminos, realizado en Brasil en 1982.

Donde:

$$R = 5.5 \ln (5.0/PSI) \pm 25 \%, \text{ para } R < 12 \dots (1)$$

R : Rugosidad, IRI (International Roughness Index)

PSI : Índice de Serviciabilidad Presente

La Transitabilidad de la vía, se evalúa en función de los valores de PSI calculados, de acuerdo a los siguientes rangos:

CUADRO 3.1
RELACIÓN PSI - TRANSITABILIDAD

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

3.1.1 Métodos para medir la rugosidad

El Banco Mundial agrupó en cuatro clases genéricas los diversos métodos que se emplea para medir la rugosidad, y estas son:

Métodos Clase 1.- Involucran el uso de perfilómetros de precisión. Se realizan medidas muy exactas del perfil longitudinal a distancias no mayores a 25 cm., a esta clase pertenecen los métodos basados en la medición del perfil del pavimento con el perfilómetro TRRL Beam con mira y nivel de precisión (Rod and Level).

Métodos Clase 2.- Comprende el uso de perfilómetros de alta velocidad. Se basan también en la medición del perfil longitudinal pero son menos precisos que los indicados en la clase 1. Entre los perfilómetros de alta velocidad se tienen: El APL Trailer y GMRtype Inertial Profilometer.

Métodos Clase 3.- Estos métodos involucran ecuaciones de correlación para convertir data de campo a las unidades internacionales de medición de rugosidad. Usualmente emplean rugosímetros dinámicos. La precisión depende de la calibración. Se emplean diversos tipos de equipos tipo respuesta, tales como: El Mays Meter (Norteamericano), Bump Integrator (Inglés), NAASRA Meter (Australiano), etc., todos ellos producidos comercialmente.

Métodos Clase 4.- Se basa en una evaluación subjetiva en la cual el IRI se estima con una inspección visual. Otra posibilidad es utilizar las medidas obtenidas con un equipo sin calibrar, tal como un RTRRMS. De hecho un equipo tipo respuesta que no está calibrado cae dentro la categoría de Clase 4.

3.2 EL ÍNDICE INTERNACIONAL DE RUGOSIDAD IRI

Es una medida estándar de la regularidad superficial de un camino, desarrollada por el Banco Mundial en 1986. El IRI está basado en la simulación de la respuesta de un sistema de cuarto de carro a una velocidad normalizada de 80 km/h. Está relacionado con el confort del usuario al transitar en el pavimento:

- Seguridad al manejar.
- Costos de operación del vehículo.

La escala que cuantifica el grado de confort de los pavimentos, depende de la superficie de rodadura:

- Vías pavimentadas, Escala de 0 – 12.
- Vías no pavimentadas, Escala de 0 – 20.

El IRI mide la influencia del perfil longitudinal en la calidad de rodadura, expresada por la respuesta dinámica de un vehículo en movimiento. Se determina mediante la acumulación de desplazamientos verticales, en un perfil longitudinal, dividido entre la distancia recorrida. Se expresa en mm/m, m/km ó in/mi.

Puede relacionarse a la longitud total de la vía o a tramos definidos dentro del mismo. De acuerdo a AASHTO PP37-99, Standar Practice for Determining Roughness of Pavements, se debe determinar a cada 100m.

Variación del Índice de Regularidad en el tiempo

El valor de IRI no es constante, su valor tiende a incrementarse en el tiempo por el deterioro del pavimento.

La tasa de incremento dependerá de:

- Valor inicial de IRI.
- Volumen y tipo de Tráfico.
- Calidad de la superficie de rodadura.
- Mantenimiento de la vía.

Al respecto, es de mencionar que en algunos países se utiliza el Índice de Rugosidad Internacional IRI para definir cuando se deben implementar la intervención de mantenimiento periódico. Para el Perú se han fijado los valores de IRI que se muestran en el Cuadro siguiente:

CUADRO 3.2
ESTADO VIAL, SEGÚN LA RUGOSIDAD

ESTADO	PAVIMENTADA RUGOSIDAD	NO PAVIMENTADA RUGOSIDAD
BUENO	$0 < IRI \leq 2.8$	$IRI \leq 6$
REGULAR	$2.8 < IRI \leq 4.0$	$6 < IRI \leq 8$
MALO	$4.0 < IRI \leq 5.0$	$8 < IRI \leq 10$
MUY MALO	$5.0 < IRI$	$10 \leq IRI$

FUENTE: MTC. PROVIAS NACIONAL. LIMA, NOVIEMBRE DE 2005

Para la Red Vial Departamental No Pavimentada se ha establecido la clasificación del Estado de la Superficie de Rodadura en función de ciertos criterios sobre los elementos y condiciones del camino y un cierto valor referencial del IRI, los cuales se presentan en el siguiente cuadro:

CUADRO 3.3
CLASIFICACIÓN DEL ESTADO DE LA SUPERFICIE DE RODADURA

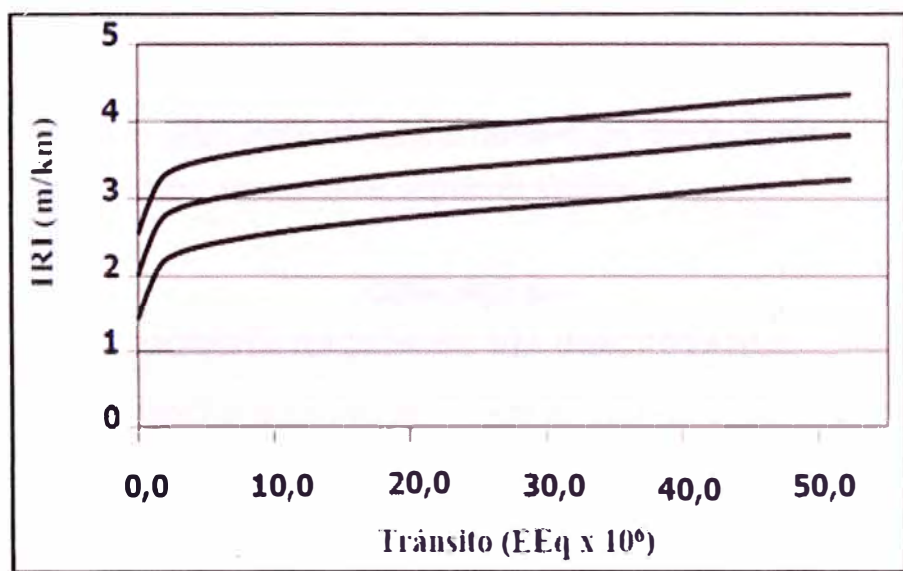
ESTADO DEL CAMINO		SUPERFICIE DE RODADURA IRI	CRITERIOS Y CONDICIONES DEL CAMINO
Muy mal estado	MM	> 18	<ul style="list-style-type: none"> * La superficie de rodadura presenta elevado deterioro, grandes deformaciones, hundimientos y baches. * De circulación muy restringida durante la mayor parte del año. * Obras de arte insuficientes y obras de drenaje insuficientes y colmatadas. * La velocidad de circulación es menor a 10 Km/Hr en tramos rectos.
Mal estado	MM	14 - 18	<ul style="list-style-type: none"> * La superficie de rodadura presenta deterioro, ciertas deformaciones apreciables, hundimientos y baches. * De circulación muy restringida durante ciertos periodos del año. * Obras de arte insuficientes y obras de drenaje insuficientes y colmatadas. * La velocidad de circulación es menor a 20 Km/Hr en tramos rectos.
Regular estado	R	10 - 14	<ul style="list-style-type: none"> * La superficie de rodadura presenta elevado deterioro superficial y presencia de baches y hundimientos puntuales. * De circulación sin restricciones durante el año. * Obras de arte con daños menores y obras de drenaje parcialmente colmatadas. * La velocidad de circulación es aproximadamente entre 20 y 40 Km/Hr en tramos rectos
Buen estado	B	6 - 10	<ul style="list-style-type: none"> * La superficie de rodadura no presenta deterioro apreciable. * De circulación sin restringida durante el año. * Obras de arte en buen estado y obras de drenaje limpias. * La velocidad de circulación es aproximadamente entre 40 y 60 Km/Hr en tramos rectos.
Muy buen estado	MB	4 - 6	<ul style="list-style-type: none"> * La superficie de rodadura sin defectos y con excelente regularidad superficial. * De circulación sin restringida durante el año. * todas las obras de arte y drenaje en muy estado y limpias. * La velocidad de circulación puede llegar a ser mayor a 60 Km/Hr en tramos rectos.

Nota: La velocidad de circulación se entiende como la velocidad que puede alcanzar un vehículo ligero (auto o camioneta) circulando en forma confortable

La pertinencia de los valores anteriores para las condiciones de las redes viales en cuanto al tránsito y al territorio - Costa, Sierra, Selva – debe ser motivo de investigación rigurosa.

El Índice Internacional de Rugosidad IRI es una medida de referencia para la regularidad superficial de la carretera en cuanto a deformaciones. El IRI mide la influencia del perfil longitudinal en la calidad de rodadura, expresada por la respuesta dinámica de un vehículo en movimiento. El IRI se cuantifica en metros por kilómetro, que es la media de los desplazamientos verticales por unidad de distancia.

GRÁFICO 3.1
EVOLUCIÓN DEL IRI



FUENTE: DISEÑO AVANZADO DE PAVIMENTOS, ING. RAFAEL MENENDEZ

3.3 ÍNDICE DE SERVICIABILIDAD (PSI)

Las pruebas a vías que realizó la AASTHO de 1,962 permitió la creación del Índice de Serviabilidad (PSI) siendo una función de la “manejabilidad” de un pavimento, ligado al confort del conductor. El PSI se obtiene de las mediciones de la rugosidad y fatiga (rotura, grietas y ahuellamiento) de los pavimentos. La rugosidad es un factor dominante en la estimación del PSI del pavimento.

Posteriormente, utilizando métodos estadísticos se obtuvo ecuaciones para determinar el PSI actual.

Siendo la ecuación para pavimentos asfálticos la siguiente según Paterson 1987:

$$PSI = 5.03 - 1.91 \log(1 + SV) - 1.38(RD)^2 - 0.01(C + P)^{0.5}$$

- SV: Varianza de la pendiente longitudinal x 10² (pulg./ pie), representa la rugosidad del pavimento medida con perfilómetro
- RD: Ahuellamiento promedio (pulg)
- C: Superficie agrietada (pie² /1000 pie²)
- P: Area bacheada (pie /1000 pie²)

El PSI tiene un escala del 0 al 5, donde 5 representa el mayor nivel de serviciabilidad. Los nuevos pavimentos típicamente tienen un PSI entre 4.0 a 4.5. Los pavimentos usualmente requieren mantenimiento cuando el PSI baja de 2.0 a 2.5.

A este nivel, hay un gran incremento del número de conductores y pasajeros que consideran la vía como inaceptable según el siguiente cuadro:

CUADRO 3.4
CONSIDERACIÓN DE VÍA INACEPTABLE

INDICE DE SERVICIABILIDAD	% DE VIA CONSIDERADA COMO INACEPTABLE
3.0	12%
2.5	55%
2.0	85%

FUENTE: Guía de diseño de pavimentos estructurales AASHTO, 1991.

Siendo la rugosidad una de las variables más importantes para determinar la serviciabilidad, se han realizado estimaciones para determinar su relación. Según D. Dujisin y A. Arroyo (1995) determinaron la siguiente correlación entre el IRI y el PSI para pavimentos asfálticos:

$$PSI = 5.85 - 1.68 (IRI)^{0.5}$$

A continuación se ha preparado una escala de Índices de Serviciabilidad para distintos valores de IRI. Como vemos para un pavimento con un IRI de 4.0 le

corresponde un valor de PSI de 2.5, siendo este valor inaceptable para un 55% de los conductores y pasajeros.

CUADRO 3.5
RELACIÓN DE PSI – IRI

IRI	PSI	CONDICION
<0.5	4.7	Muy Buena
1.0	4.2	Muy Buena
1.2	4.0	Muy Buena
1.5	3.8	Buena
2.0	3.5	Buena
2.5	3.2	Buena
3.0	2.9	Regular
3.5	2.7	Regular
4.0	2.5	Regular
4.5	2.3	Regular
5.0	2.1	Regular

FUENTE: Relación PSI-IRI según Dujisin y Arroyo (1995)

Desde la década del 90' las Instituciones encargadas de especificar la construcción de carreteras en los EEUU y a nivel mundial están siendo muy riguroso con los Índices de Rugosidad.

El nivel de rugosidad de la superficie de un camino, refleja de forma adecuada el grado de comodidad del tránsito. Vías con mayores rugosidades, conllevan a que los usuarios incrementen sus costos en concepto de combustible, aceite, desgaste de neumáticos, mantenimiento y depreciación.

Por ejemplo el consumo de combustible se incrementa en 10% en autos y 15% en bus cuando el PSI cae de 4.5 a 2.5. Los costos de mantenimiento y neumáticos se triplican y el consumo de lubricante casi se duplica.

3.4 NIVELES DE SERVICIO

En la Ingeniería Vial de carreteras de alta capacidad, se asocia los conceptos de clase de carretera, capacidad, velocidad operativa, saturación y seguridad, con el nivel de servicio. Pero, en el caso de las carreteras no pavimentadas de bajo

volumen de tránsito en las que su nivel de saturación respecto de la capacidad no es un parámetro crítico, los niveles de servicio establecen las condiciones en que deben conservarse las carreteras.

Estas deben en todo momento presentar un estado igual o menor que el nivel especificado. En este sentido, los “niveles de servicio” deben referirse a conceptos de: a) transitabilidad garantizada la mayor parte del tiempo; b) seguridad; y c) comodidad operativa medida en términos de rugosidad de la carretera.

a) Transitabilidad

El concepto de “transitabilidad” en el Perú define una situación de “disponibilidad de uso”. Demuestra que una carretera específica está disponible para su uso, es decir, que no ha sido cerrada al tránsito público por causas de “emergencias viales” que la hubieran cortado en algún o en algunos lugares del recorrido, como consecuencia de deterioros mayores causados por fuerzas de la naturaleza, tales como deslizamientos de materiales saturados de agua (“huaicos”), desprendimiento de rocas, pérdidas de la plataforma de la carretera, erosiones causadas por ríos, caída de puentes, etc. por ejemplo. Este tipo de problemas, es el que causa mayor impacto en la vida de las poblaciones del país y ocurre mayormente en periodos de lluvias.

b) Seguridad

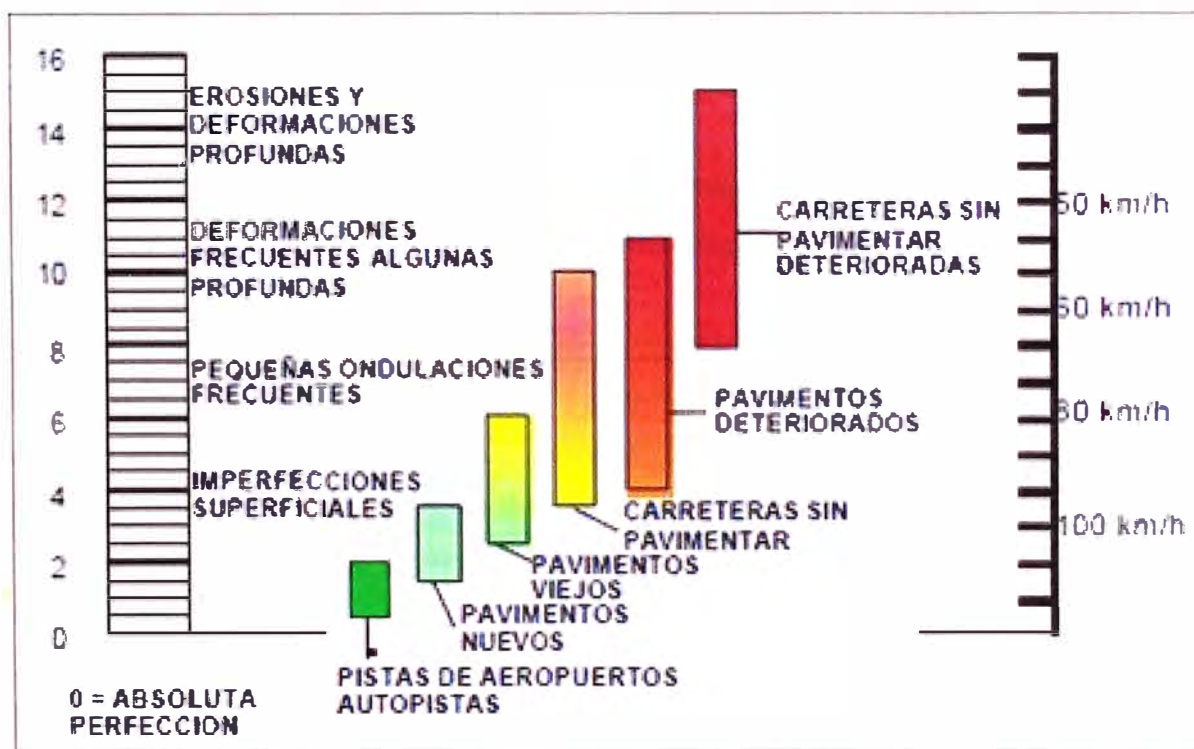
El problema de la falta de seguridad en la conducción de vehículos en las carreteras del país es muy grave. Los parámetros de accidentalidad de carácter internacional establece índices anuales de muertes por 100 millones de veh-km, identificables fácilmente en tres rangos: a) los países desarrollados, en el rango de 1 a 5 muertes; b) países en un proceso intermedio de desarrollo, con un rango de 5 a 10 muertes. Y los países prácticamente en el subdesarrollo, entre los cuales está el Perú, con un rango mayor a 10 muertes por cada 100 millones de veh-km/año. (Estudio de Seguridad Vial en el Perú. MTC – BM)

Aunque en el Perú no se tienen estudios que establezcan por separado los índices de accidentalidad para las carreteras de alta demanda y baja demanda, se tiene la referencia internacional que indica mayor riesgo de ocurrencia de accidentes en carreteras de bajo volumen de tránsito donde el conductor está menos atento respecto de la aparición de otros vehículos.

c) Comodidad en la conducción

Si bien este concepto a simple vista podría parecer común, desde el punto de vista de la Ingeniería Vial resulta muy importante porque indica la apreciación de carácter operativo-económico que responde a la tecnología desarrollada por el Banco Mundial, sistematizada por el modelo de evaluación económica HDM de uso universal para el estudio de los proyectos y la gestión vial. Esto se fundamenta en el Modelo de Deterioro de las Carreteras, desarrollado mediante investigaciones de hace más de cuarenta años y que continúan vigente. En este contexto, la comodidad es medida en términos del Índice Internacional de Rugosidad o IRI.

GRÁFICO 3.2
ESCALA DE VALORES DEL IRI



FUENTE: BANCO MUNDIAL, PUBLICACIÓN TÉCNICA N° 45, 1986

El mal estado de las carreteras significa altos costos en los transportes y es identificable por las fallas y deterioros en la superficie de las carreteras. En las carreteras no pavimentadas con superficie de rodadura de grava, tierra y sus alternativas estabilizadas, los rangos de los IRI medidos arrojan valores entre 3.5 hasta 10.0 para carreteras calificadas por el Banco Mundial como Carreteras No Pavimentadas con Conservación. En los cuales se pueden conducir vehículos sin mayores problemas de seguridad.

Por encima del valor 10 del IRI, se tiene una serie de valores de rugosidad que corresponden a carreteras sin conservación que presentan deterioros; situación que se buscará superar con el mejoramiento de la conservación vial en el Perú, pero que para ser realistas no significa necesariamente que requieran restauración urgente, porque pudieran no estar en estado crítico.

Para estos casos son aceptables valores del IRI hasta en el rango de 16 a 22 para carreteras de muy poco tránsito, menor de 15 veh/día y baja velocidad de circulación. Ver Cuadro

Estas cifras dan una buena idea de las posibilidades que se tiene de fijar niveles de servicio operativo económicamente adecuados a una economía bastante estrecha como la del Perú, en concordancia con una clasificación de carreteras en base a la demanda del tránsito en conjunción con un análisis de la fisiografía en la que se localizan.

3.5 CONSERVACIÓN VIAL

Según el Diccionario de la Real Academia de la Lengua Española, conservar es “Mantener una cosa o cuidar de su permanencia”, o también “Guardar con cuidado una cosa”.

Los pavimentos son diseñados para desempeñarse en forma óptima durante una cierta cantidad de años, los cuales se denominan “vida útil” del pavimento. Si bien este período de tiempo es un parámetro de diseño teórico, en la práctica los pavimentos se van desgastando de tal forma que muchas veces, no son capaces de alcanzar la vida útil para la cual fueron diseñados, deteriorándose mucho antes de lo esperado.

Existen muchos factores que contribuyen al deterioro progresivo de los pavimentos, pero sin duda, los que tienen una mayor influencia son: los factores climáticos (variación de temperatura, precipitaciones, etc.) y las cargas del tránsito. Como estos factores no son controlables, se hace necesario aplicar sobre los pavimentos acciones que permitan disminuir o retardar la creciente tasa de deterioro generada por la constante influencia de estos factores.

A medida que los deterioros van aumentando su severidad, se reduce la serviciabilidad del pavimento y con esto, la seguridad de conducción para el usuario. Estos deterioros se clasifican según la característica que afectan, en funcionales y estructurales.

Deterioro funcional: es aquel que se relaciona con la calidad de la superficie de éste y afecta negativamente la serviciabilidad (confort y costo de operación del usuario) y la seguridad de circulación. Entre este tipo de deficiencias se encuentran: la rugosidad, fallas superficiales y pérdidas de fricción.

Deterioro estructural: es aquel que se origina por la pérdida de la capacidad estructural del suelo de fundación o de algunas de las capas que componen el pavimento. Este deterioro se puede manifestar en forma de deformaciones o agrietamientos.

Como se dijo anteriormente, los deterioros de un pavimento son progresivos, por lo tanto, es necesario entender que no aparecen espontáneamente, si no que son producto de un desarrollo en el tiempo, por lo tanto, su mayor o menor severidad depende del tiempo que ha tenido para desarrollarse bajo los efectos del tráfico y del clima. Tomando esto como principio de actuación, las acciones a aplicar a un pavimento, se consideran como un proceso, en donde se apliquen estrategias de conservación a corto plazo, de reparación a mediano plazo y de reposición a largo plazo, durante la vida útil del pavimento.

3.5.1 Definición de Estrategias de Conservación

Las distintas estrategias que se apliquen a un pavimento durante su vida útil y la definición y propósito de cada una, dependen directamente del estado en que se encuentre el pavimento.

Las estrategias de conservación consisten en la ejecución de trabajos que tienen por objeto aumentar la capacidad de servicio de la vía, sin modificar lo existente. Estos trabajos son los primeros que se realizan estando aún la vía en buen estado, con el propósito de conservar por un mayor tiempo las buenas condiciones funcionales y estructurales que tiene la superficie de rodadura en los primeros años de servicio.

Las estrategias de reparación son aquellas que tienen como finalidad recuperar el deterioro ocasional sufrido por un pavimento. Estos trabajos siguen a los de conservación ya que en algún momento la superficie comienza a presentar defectos, producto del inevitable deterioro que éstos sufren. A través de estos

trabajos se mejoran los defectos puntuales, evitando de este modo el aumento de la severidad de éstos, manteniendo las propiedades funcionales y estructurales dentro de rangos aceptables para los usuarios de la vía.

Finalmente, entre las últimas estrategias a aplicar durante la vida útil de la superficie de rodadura, están las de reposición, las cuales tienen por objeto reparar elementos para volverlos al estado o estimación de lo original.

En la construcción de una carretera se trata de obtener la calidad deseada por los usuarios dentro de las posibilidades económicas para el tipo de red vial a que corresponda la carretera y /o su volumen de usuarios. Si las características obtenidas no se mantienen a lo largo del tiempo, el esfuerzo realizado con la construcción sería vano.

Entre la construcción original de la carretera y las actividades de conservación de la misma, hay una íntima relación. Una carretera concebida y construida con excesiva capacidad vehicular y soporte de rodadura, evidentemente tendrá pocos gastos de conservación, pero es muy probable que tenga un elevado costo inicial que evidentemente no hace rentable la inversión. Al contrario, en el caso opuesto, una carretera concebida y construida con limitaciones técnicas en la infraestructura tendrá como consecuencia unos gastos de conservación excesivos.

Por esta razón es necesario evaluar una serie de alternativas y estrategias de construcción y su contraparte de conservación, para optimizar la solución desde el punto de vista económico.

El análisis deberá, en el caso de las carreteras de bajo volumen de tránsito, priorizar los siguientes objetivos según la experiencia peruana:

- 1) Mantener la continuidad del servicio ofrecido de tal manera que sea posible la circulación del tránsito frente incluso a eventos de naturaleza que dañen la carretera dentro de límites anuales normales.
- 2) Mantener un nivel de servicio adecuado, referido a la seguridad y a la comodidad de conducir en términos de un rango aceptable de la Rugosidad de la Superficie de Rodadura se refiere al $IRI \leq 10$.

3) Adaptar las estructuras de las capas de rodadura a los requerimientos del tráfico pesado que es el que más deteriora las carreteras.

La conservación vial mantiene la misma significación, pero su aplicación tiene un sentido bastante más amplio. Por ello la conservación podría definirse como: “El conjunto de operaciones necesarias para la preservación o mantenimiento de una carretera y de cada uno de sus elementos componentes y complementarios en las mejores condiciones para el tráfico, compatibles con las características geométricas, capa de rodadura que tuvo cuando fue construida, o al estado último a que ha llegado después de las posibles mejoras que haya recibido a lo largo del tiempo”.

No obstante, es necesario definir los objetivos y alcances de la conservación vial.

3.5.2 Alcance de los trabajos

Una vez definidos los objetivos del programa y del proyecto de la conservación vial, es necesario establecer el alcance de los trabajos involucrados.

PRIMER OBJETIVO: “Mantener la circulación en el tiempo” debe interpretarse en el sentido que las interrupciones son admisibles pero en cortos periodos u horas, incluso planificadamente, cuando se adoptan soluciones frente a problemas como torrenteras, derrumbes o deslizamientos, plataforma erosionada o muy húmeda. Es decir, estos problemas y otros similares deben ser resueltos mediante actividades de conservación, en muy corto plazo.

No están comprendidos en los programas de conservación hacer frente a eventos mayores, causados anormalmente por la naturaleza, por ejemplo: lluvias o nevadas excepcionales o terremotos, etc. que pudieran determinar graves daños a las carreteras.

SEGUNDO OBJETIVO: “Mantener una circulación segura” debe entenderse como la conservación en términos de calidad operativa y estará referida a la rugosidad superficial de la carretera ($IRI \leq 10$) y a la uniformidad geométrica del trazado, así como a la señalización y seguridad vial.

TERCER OBJETIVO: “Requerimientos debidos al tránsito, especialmente de carga”. Igualmente debe entenderse como la ejecución de acciones de conservación, consecuentes con un volumen previsible de la demanda, que no considera aumentos súbitos de los volúmenes de tránsito y menos del tránsito pesado.

CAPÍTULO IV: BUMP INTEGRATOR

4.1 DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO BUMP INTEGRATOR

Un método para la determinación de la rugosidad del camino es aquel que se obtiene con un instrumento tipo respuesta el cual va montado en un vehículo, el instrumento ampliamente empleado en nuestro país es el Bump Integrator.

Los sistemas RTRRM (Sistema de medida de rugosidad tipo respuesta) registran los desplazamientos acumulativos del eje posterior del vehículo, inducido por la irregularidad del camino. El sistema está constituido por: un vehículo con eje posterior transversal sólido instalado con el equipo Bump Integrator, capaz de registrar el movimiento del eje posterior mientras se desplaza por la carretera; así como un Contador que registra las cuentas en unidades de medida.

Este instrumento registra la dislocación del chasis del vehículo con respecto al eje trasero en una distancia determinada, expresada por lo general en términos counts / km o m/km.

Puesto que cada vehículo responde de modo diferente a la rugosidad debido a su propio sistema de suspensión y como es sabido éste cambia en un cierto plazo por el desgaste, es necesario calibrar el vehículo contra una medida estándar de la rugosidad.

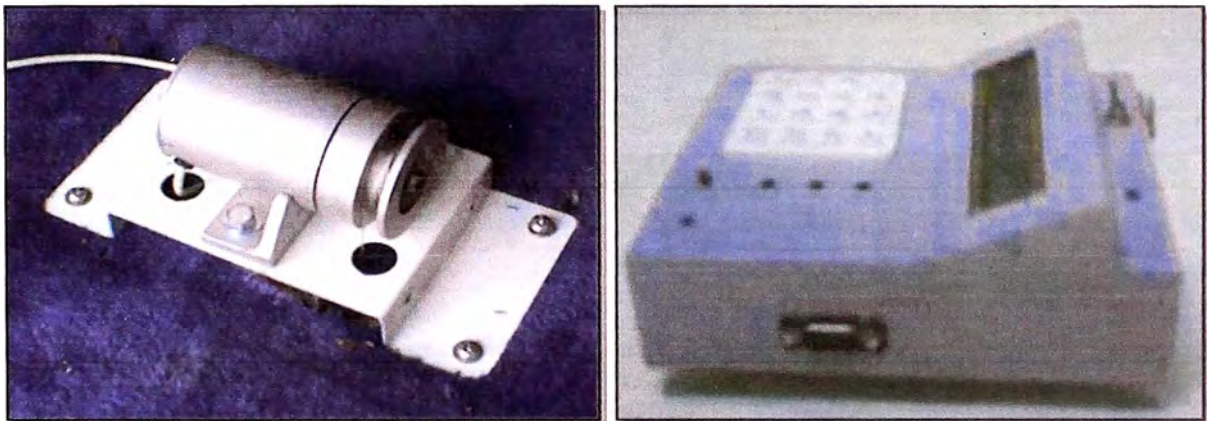
Es también necesario seguir ciertos principios para conducir el examen y así asegurarse de que los resultados sean válidos.

Un instrumento bien calibrado de la rugosidad que funciona correctamente dará datos exactos y reproductivos a un costo muy bajo. Sin embargo, un instrumento mal calibrado dará no solamente datos cuestionables, sino se puede conducir a decisiones incorrectas.

Equipo Bump Integrator

El equipo que se ha utilizado para medir la rugosidad es el rugosímetro “Bump Integrator”, este equipo va montado en la tolva de la camioneta móvil, conectado directamente con el diferencial del eje trasero mediante un cable flexible adecuadamente tensado. Conforme el vehículo recorre la superficie a una velocidad uniforme de 40 km/h, el equipo 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.

GRÁFICO 4.1
SENSOR Y CONTADOR DEL EQUIPO BUMP INTEGRATOR

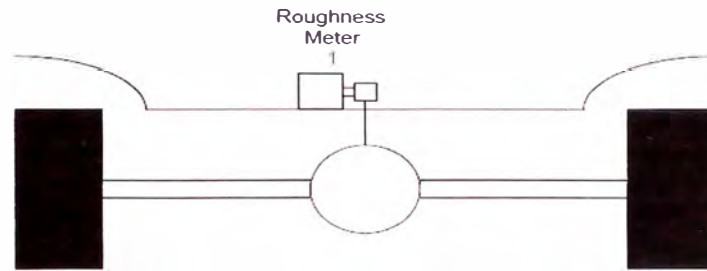


4.2 INSTALACIÓN DEL BUMP INTEGRATOR

El Bump Integrator se instala en la parte trasera del vehículo por encima de la suspensión trasera. El instrumento está montado en el piso del vehículo y un cable se conecta a la suspensión.

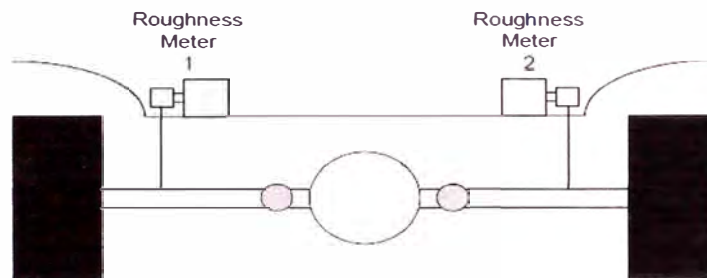
Hay varias configuraciones diferentes para la instalación de la Bump Integrator en un vehículo:

a.- Eje trasero sólido: Si el vehículo tiene un eje trasero sólido que debe ser instalado sobre el centro del eje. Esto medirá lo que se denomina una rugosidad de “medio carro”.



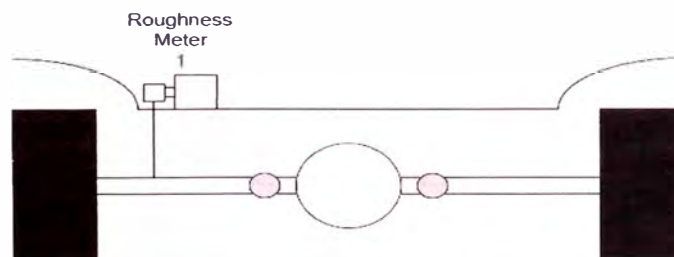
Single BI used with solid rear axle
 (Half-Car)

b.- Suspensión trasera independiente (2 unidad): Si hay una suspensión trasera independiente, es recomendable que las dos unidades Bump Integrator sean instalados como: una para cada línea de rueda. Cada uno de estos medirá un “cuarto carro”. El promedio de estos dos dará la rugosidad total.



Dual BI used with independent rear suspension
 (Quarter-Car)

c.- Suspensión trasera independiente (1 unidad): El uso de una unidad de Bump Integrator con una suspensión trasera independiente es posible, pero no se recomienda. Esto es porque el vehículo medirá un “cuarto carro”, pero la medición de rugosidad estará dominado por la rugosidad de una línea de rueda mas no por el promedio. Resultará difícil tener una buena calibración de la medida, porque las rugosidades variará entre líneas de rueda y entre secciones de prueba.



Single BI used with independent rear suspension
 (Quarter-Car)

Todos los accesorios de montaje suministrado para la facilidad de instalación. Las cuerda y cables de remplazo del Bump Integrator también están incluidos.

4.3 CALIBRACIÓN DEL EQUIPO BUMP INTEGRATOR

Una vez concluido el trabajo de campo se realiza el siguiente proceso:

1. Con los datos de la nivelación topográfica se efectúa una simulación matemática del perfil longitudinal para obtener el valor de IRI en cada huella. El promedio de los valores de IRI de la huella interna y la huella externa será el valor representativo de IRI de la sección. Para la simulación se ha seguido la metodología del ASTM.
2. Con los datos de IRI obtenidos de la nivelación topográfica mediante simulación matemática y los datos obtenidos del Bump Integrator (unidades BI) se desarrolla una ecuación de calibración la cual será utilizada para procesar la data de todo el tramo. La curva de mejor “ajuste” denominada ecuación de calibración será aceptada si el coeficiente de ajuste es mayor o igual a 0.8. De no cumplirse esta condición, se revisará la data, en particular la información correspondiente a las secciones de calibración.
3. Con la ecuación de calibración se procesa la data para todas las unidades de control que corresponden a una longitud de 400 m convirtiendo los valores de rugosidad unidades BI a IRI.

CAPÍTULO V: APLICACIÓN TRAMO Km. 106+000 AL Km. 108+000**5.1 IDENTIFICACIÓN DEL TRAMO**

Para llevar a cabo las mediciones de campo con el equipo Bump Integrator primero se realizará un reconocimiento de la carretera entre el Km. 106+000 AL Km. 108+000, se realizó la identificación de las estructuras (gibas, badenes), poblados y otros existentes en los tramos del pavimento que puedan interferir en el proceso de toma de datos, se marcaron con pintura tramos rectos de 400m sin presencia de curvas horizontales como sectores de calibración del pavimento,

También como parte de la inspección de campo se ubicaron las estructuras (gibas y badén) que afectaron en el proceso de la toma de datos que se mencionan en el siguiente cuadro:

CUADRO 5.1
ESTRUCTURAS Y OTROS FACTORES QUE AFECTAN LA
TOMA DE DATOS
TRAMO KM. 94+000 – KM. 99+000

PROGRESIVA	OBSERVACIONES
Km 106+800	Badén
Km 106+850	Giba
Km 106+990	Alcantarilla
Km 107+100	Giba
Km 107+150	Puente Calachota
Km 107+300	Giba
Km 107+442	Giba
Km 107+650	Alcantarilla
Km 107+700	Alcantarilla
Km 107+800	Alcantarilla

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

Secciones de Calibración

Las secciones de calibración que se tomaron tienen tratamiento superficial Monocapa y son del km. 106+200 al km. 106+600 y del km. 107+600 al km. 108+000. Se hicieron mediciones de rugosidad con el equipo Bump Integrator en unidades BI en las mismas zonas en las que se efectuó las mediciones con el equipo MERLIN.

5.2 RECOPIACIÓN DE DATOS DE CAMPO

PROCEDIMIENTOS

- Se realiza un reconocimiento previo del tramo a evaluar en forma integral, anotando en una libreta de campo algunas características y detalles resaltantes.
- La toma de lecturas se efectuará utilizando rugosímetro tipo respuesta (Bump Integrator).
- Las mediciones tomadas son cada 400 m en ambos carriles de la vía a una velocidad promedio de 40 Km/h.
- Se recopilarán al menos dos medidas por sector.
- El rugosímetro a ser utilizado deberá ser previamente calibrado utilizando el MERLIN en secciones de longitud similar a los que se utilice el rugosímetro Bump Integrator (Tipo respuesta).
- Los datos de campo se procesan en gabinete para obtener los respectivos gráficos de rugosidad y serviciabilidad del tramo evaluado.

Datos obtenidos en campo utilizando el equipo del Bump Integrator.

CUADRO 5.1: DATOS OBTENIDOS EN CAMPO

ZONA DE MEDICION TRAMO KM 106 AL KM 108			
KM	DERECHA	DERECHA	DERECHA
TRAMO 1 106+200 - 106+600	1169		1150
TRAMO 2 107+600 - 108+000	833	879	899
KM	IZQUIERDA	IZQUIERDA	IZQUIERDA
TRAMO 1 108+000 - 107+600	943	914	906
TRAMO 2 106+600 - 106+200	1415	1205	1208

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

También se obtuvo resultados de IRI realizado por el equipo de monitoreo de la UNI el cual se detalla en el cuadro 5.2.

CUADRO 5.2
RESULTADOS DE I.R.I. OBTENIDOS POR LA UNI AL 30/06/2009

Tramo Evaluado: Km. 100+000 AL Km. 110+000					
Fecha: 03/07/09					
Ensayo: Huella Derecha					
Tipo de Tramiento: Monocapa y Slarry					
Item	Progresiva			Fecha de Ensayo	IRI
	Km.	a	Km.		
1	100+000	-	100+400	30/06/2009	5.09
2	100+400	-	100+800	30/06/2009	4.52
3	100+800	-	101+200	30/06/2009	5.42
4	101+200	-	101+600	30/06/2009	4.64
5	102+400	-	102+800	30/06/2009	5.40
6	103+000	-	103+400	06/07/2009	4.02
7	104+000	-	104+400	06/07/2009	4.28
8	105+000	-	105+400	06/07/2009	4.30
9	106+000	-	106+400	06/07/2009	4.15
10	107+200	-	107+600	06/07/2009	4.30
11	107+700	-	108+100	06/07/2009	3.81
12	108+200	-	108+600	07/07/2009	3.97
13	109+600	-	110+000	07/07/2009	4.37
Valor representativo del tramo IRI :					4.48

FUENTE: Elaboración propia

5.3 CALIBRACIÓN DE EQUIPO

La calibración del rugosímetro tipo respuesta "Bump Integrator" se realizará con el equipo de clase 2 (Merlin), se deben tomar secciones de preferencia sin obstáculos y que sean tramos tangentes en las diferentes condiciones de la vía y debe seguir el siguiente procedimiento.

- a. Se eligen secciones de 400 m de longitud de ser posible en tangente.
- b. Medición del perfil longitudinal a lo largo de la huella del vehículo con el equipo Merlin, la sección elegida.
- c. Se midió la rugosidad con el rugosímetro tipo respuesta, Bump Integrator.
- d. La medición se efectuará por lo menos de cuatro a cinco veces. La velocidad del vehículo será la misma a emplearse en todo el tramo

(40km/hora). Si alguna de las medidas de rugosidad tiene una variación mayor a 20% deberá repetirse esta medición.

A continuación se indican las zonas que sirvieron para la calibración de los equipos:

CUADRO 5.3
UBICACIÓN DE LAS ZONAS DE CALIBRACIÓN

Zonas de Calibración	Grupo	Progresiva		
		Km.	a	Km.
1	Grupo 1	100 + 000	-	102 + 000
2	Grupo 2	102 + 000	-	104 + 000
3	Grupo 3	104 + 000	-	106 + 000
4	Grupo 4	106 + 000	-	108 + 000
5	Grupo 5	108 + 000	-	110 + 000

FUENTE: Elaboración propia

Cada sección de calibración se dividió en zonas distribuidas cada 2Km., y la velocidad promedio utilizando el equipo Bump Integrator fue de 40 km./h.

5.4 PROCESAMIENTO DE DATOS

De la calibración se obtuvo el siguiente cuadro el cual nos permitirá calibrar la zona en estudio

CUADRO 5.4
MEDICIÓN DE RUGOSIDAD CON MERLIN Y BUMP INTEGRATOR

Zonas de Calibración	EQUIPO MERLIN (IRI) Tramo 400ml	Lecturas				Promedio BI tramo
		1	2	3	4	
1	4.78	1256	1258	1215	1274	1251
2	4.68	1184	1148	1196	1119	1162
3	4.34	1158	1159	1159	1165	1161
4	4.12	1001	1179	1025	1057	1065
5	4.66	1086	1092	1104	1139	1105

FUENTE: Elaboración propia

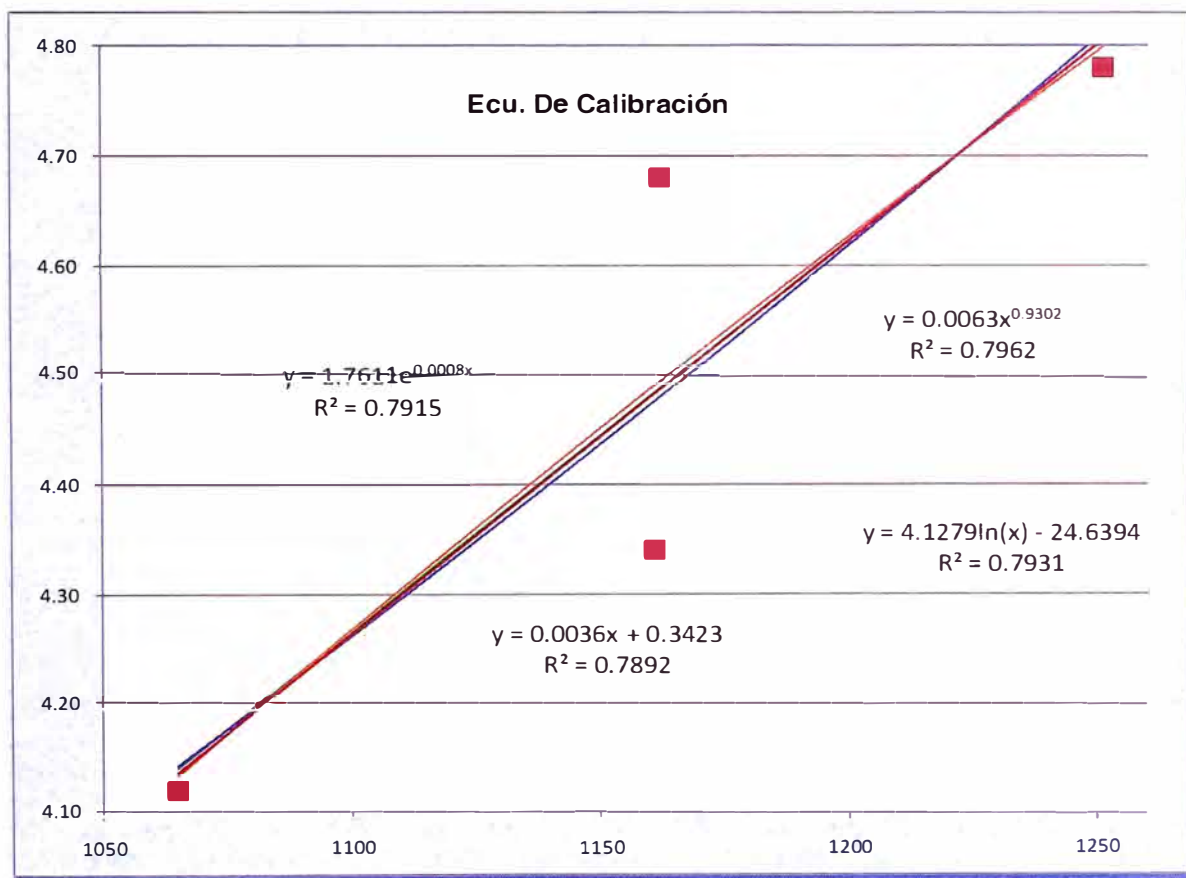
De la información obtenida de estudios anteriores que se realizó la UNI para el cálculo de IRI se obtuvo un valor promedio representativo detallado en el cuadro 5.2.

Del grafico 5.4 se determino ecuaciones de calibración las cuales serán tomadas como el ajuste de datos para el cálculo de IRI de la zona de estudio.

Datos para determinar ecuación de calibración

Zona	S1	S2	S3	S4	S5
IRI	4.78	4.68	4.34	4.12	4.66
BI	1251	1162	1161	1065	1105

**GRAFICO 5.1
ECUACIONES DE CALIBRACION**



Del grafico anterior se obtuvo ecuaciones de correlación para determinar el valor del IRI. Se calculará los IRI utilizando las ecuaciones de correlación y obtendremos valores promedios representativos.

Resultados de IRI usando las ecuaciones de correlación

Ecuación de Calibración:

$$IRI = 4.1279 \ln(BI) - 24.6394$$

Progresiva			Huella derecha					IRI(m/Km)
Km.	a	Km.	B _{id}	B _{vd}	B _{ii}	B _{vi}	BI Prom.	
100 + 000	-	102 + 000	1256	1258	1215	1274	1250.75	4.80
102 + 000	-	104 + 000	1184	1148	1196	1119	1161.50	4.49
104 + 000	-	106 + 000	1158	1159	1159	1165	1160.50	4.49
106 + 000	-	108 + 000	1001	1179	1025	1057	1065.38	4.14
108 + 000	-	110 + 000	1086	1092	1104	1139	1104.94	4.29

Valor representativo del Tramo: 4.44

Ecuación de Calibración:

$$IRI = 0.0036(BI) + 0.3423$$

Progresiva			Huella derecha					IRI(m/Km)
Km.	a	Km.	B _{id}	B _{vd}	B _{ii}	B _{vi}	BI Prom.	
100 + 000	-	102 + 000	1256	1258	1215	1274	1250.75	4.85
102 + 000	-	104 + 000	1184	1148	1196	1119	1161.50	4.52
104 + 000	-	106 + 000	1158	1159	1159	1165	1160.50	4.52
106 + 000	-	108 + 000	1001	1179	1025	1057	1065.38	4.18
108 + 000	-	110 + 000	1086	1092	1104	1139	1104.94	4.32

Valor representativo del Tramo: 4.48

Ecuación de Calibración:

$$IRI = 1.7611e^{0.0008BI}$$

Progresiva			Huella derecha					IRI(m/Km)
Km.	a	Km.	B _{id}	B _{vd}	B _{ii}	B _{vi}	BI Prom.	
100 + 000	-	102 + 000	1256	1258	1215	1274	1250.75	4.79
102 + 000	-	104 + 000	1184	1148	1196	1119	1161.50	4.46
104 + 000	-	106 + 000	1158	1159	1159	1165	1160.50	4.46
106 + 000	-	108 + 000	1001	1179	1025	1057	1065.38	4.13
108 + 000	-	110 + 000	1086	1092	1104	1139	1104.94	4.26

Valor representativo del Tramo: 4.42

Ecuación de Calibración:

$$IRI = 0.0063BI^{0.9302}$$

Progresiva			Huella derecha					IRI(m/Km)
Km.	a	Km.	B _{id}	B _{vd}	B _{ii}	B _{vi}	BI Prom.	
100 + 000	-	102 + 000	1256	1258	1215	1274	1250.75	4.79
102 + 000	-	104 + 000	1184	1148	1196	1119	1161.50	4.47
104 + 000	-	106 + 000	1158	1159	1159	1165	1160.50	4.47
106 + 000	-	108 + 000	1001	1179	1025	1057	1065.38	4.13
108 + 000	-	110 + 000	1086	1092	1104	1139	1104.94	4.27

Valor representativo del Tramo: 4.42

Análisis de resultados de UNI y el Equipo Merlin

a) Resultados de la UNI(06/07/09) y el Merlin (15/05/10)

Progresiva			Prom. IRI 06/07/09	Prom. IRI 15/05/10
Km.	a	Km.		
100 + 000	-	102 + 000	4.92	4.78
102 + 000	-	104 + 000	4.71	4.68
104 + 000	-	106 + 000	4.29	4.34
106 + 000	-	108 + 000	4.09	4.12
108 + 000	-	110 + 000	4.17	4.66

Promedio IRI :	4.43	4.52
-----------------------	-------------	-------------

b) Promedios IRI sin conciderar el tramo 3

Progresiva			Prom. IRI 06/07/09	Prom. IRI 15/05/10
Km.	a	Km.		
100 + 000	-	102 + 000	4.92	4.78
102 + 000	-	104 + 000	4.71	4.68
104 + 000	-	106 + 000	4.29	4.68
106 + 000	-	108 + 000	4.09	
108 + 000	-	110 + 000	4.17	4.66

Promedio IRI :	4.43	4.70
-----------------------	-------------	-------------

El IRI representativo en el tramo con Monocapa es 4.70

c) Incremento de IRI entre las fechas 06/07/09 al 15/05/10

Progresiva			Prom. IRI 06/07/09	Prom. IRI 15/05/10	Variación de IRI
Km.	a	Km.			
100 + 000	-	102 + 000	4.92	4.78	-0.14
102 + 000	-	104 + 000	4.71	4.68	-0.03
104 + 000	-	106 + 000	4.29	4.34	0.05
106 + 000	-	108 + 000	4.09	4.12	0.03
108 + 000	-	110 + 000	4.17	4.66	0.49

Promedio de aumento en los tramos:

0.08

d) Resultado de IRI

Progresiva			Prom. IRI Merlin	Prom. IRI Proy. Al 15/05/10
Km.	a	Km.		
106 + 000	-	108 + 000	4.70	4.17



Se observa en la el cuadro que por ecuación de corrección el tramo del Km. 106 al Km.108 tiene como I.R.I. 4.13 m/km.

CONCLUSIONES

- La superficie de rodadura se encuentra con un tratamiento superficial básico Monocapa, puede ser clasificada como vía con tratamiento superficial y según el cuadro 3.2 para una vía pavimentada con un IRI de 4.13 su estado es regular.
- El valor representativo de IRI entre el Km. 106+000 al Km. 108+000 obtenidos con el equipo Merlin es de 4.12 m/km, en el proceso de análisis se determino estos resultados al compararlo con la ecuación lineal para el cálculo de IRI se obtuvo como valor representativo de 4.13 m/km, entre estos valores según el cuadro 3.5 que relaciona a los PSI – IRI la condición de la vía es regular.
- La ecuación de calibración se da tabulando en forma secuencial hasta determinar la más ajustada ecuación con valor de correlación próximo a la unidad ($R \approx 1$).
- Para poder hacer una correlación idónea entre los valores obtenidos por el equipo Merlin (I.R.I.), y los obtenidos por el Bump Integrator (B.I.) se debe de tomar en ambos casos medidas en los mismos sentidos de tránsito, igual cantidad de veces, y en la misma longitud de vía para así representar de manera real la relación.

RECOMENDACIONES

- Es necesario identificar la presencia de estructuras u otros factores que determinen que el tramo no es uniforme y afecte a la evaluación como: de badenes, presencia de gibas, alcantarillas, puentes, etc.
- Se recomienda calibrar el equipo antes de realizar la prueba, así como también contar con personal que controle el tráfico de la zona para poder tomar adecuadamente las mediciones y obtener el menor error en los resultados.
- Se recomienda realizar mediciones como mínimo cada 3 meses, sobre todo en cada cambio de estación y si es posible luego de agresivas época de lluvia, en el cual se podrá obtener las variaciones de deterioro de la superficie del pavimento.
- Se recomienda el uso del equipo Bump Integrator el cual se puede proporcionar rápidamente la condición funcional del pavimento que permitan definir mantenimientos oportunos y evitar deterioros que conlleven a efectuar evaluaciones destructivas que ocasionen paralización del tráfico y perjuicio a los usuarios por tratarse de vías de un solo carril.

BIBLIOGRAFÍA

Chang Alvarez, Meléndez Palma José, Un Enfoque al Futuro de los pavimentos, Editorial ICG, Lima, 2005.

Código de Normas y Especificaciones Técnicas de obras de Pavimentación, Ministerio de Vivienda y Urbanismo, publicación N332 Octubre 2008 Santiago de Chile.

Consortio Gestión de Carreteras, Estudios Técnicos para el cambio de estándar de afirmado a solución básica Carretera: Cañete – Lunahuana – Pacarán – Dv. Yauyos – Roncha – Chupaca, Lima, 2008.

Del Águila, Pablo. Metodología para la determinación de la rugosidad de los pavimentos asfálticos con equipo de bajo costo, III Congreso Nacional de Asfalto, Lima, 1999.

Poma Salazar, Percy Peroy. “Ampliación y Mejoramiento de la Carretera Cañete-Yauyos-Huancayo del Km. 166+500 al Km. 166+800, Diseño de Pavimentos y Análisis de Estabilidad de Taludes”. Tesis UNI-FIC, Lima-Perú, 2009.

Sologorre Huayta, José. “Evaluación de la Rugosidad de Pavimentos con Uso del Bump Integrator”. Tesis UNI-FIC, Lima-Perú, 2005.

ANEXO A

Proyección del Tráfico Total

EL Tráfico Total viene dado por la suma del Tráfico Normal y el Tráfico Generado, se mostrara para el primer tramo un cuadro de Tráfico Normal y el Tráfico Generado y como resultado el Tráfico Total, para los otros tramos solo se mostrara cuadros de Tráfico Total y en el ANEXO A se adjuntara los cuadros de Tráfico Normal y el Tráfico Generado para los tramos restantes.

CUADRO 3.9

CUADRO DE DISTRIBUCION DE TRAMOS Y DATOS PARA PROYECCIÓN DE TRÁFICO

TRAMO	PAVIMENTO	KM INICIO	KM FINAL	LONGITUD (Km)	TASA DE CRECIMIENTO %		REGION	OBSERVACIONES
					PASAJEROS	CARGA		
Tramo I Cañete - Lunahuana	Carpeta Asfáltica	1+805.00	42+755.00	40.95	1.7	9.8	Costa	Tasa Poblacional Lima (PASAJEROS) & PBI Nacional (CARGA)
Tramo II Lunahuana - Pacaran	Tratamiento Superficial Bicapa	42+755.00	54+662.00	11.907	1.7	9.8	Costa	Tasa Poblacional Lima (PASAJEROS) & PBI Nacional (CARGA)
Tramo III Pacaran - Catahuasi	Slurry Seal	54+662.00	78+805.00	24.143	1.4	3.7	Sierra	Tasa Poblacional Lima y Junin (PASAJEROS) & PBI Lima (CARGA)
Tramo IV Catahuasi - Alis	Tratamiento Superficial Monocapa	78+805.00	164+905.00	86.1	1.4	3.7	Sierra	Tasa Poblacional Lima y Junin (PASAJEROS) & PBI Lima (CARGA)
Tramo V Alis – Km. 227+000	Slurry Seal	164+905.00	227+000.00	62.095	1.4	3.8	Sierra	Tasa Poblacional Lima y Junin (PASAJEROS) & PBI Lima y Junin (CARGA)
Tramo VI Km. 227+000 – Km. 253+000	Slurry Seal	227+000.00	253+000.00	26	1.4	3.8	Sierra	Tasa Poblacional Lima y Junin (PASAJEROS) & PBI Lima y Junin (CARGA)
Tramo VII Km. 253+000 - Roncha	Slurry Seal	253+000.00	256+990.00	3.99	1.4	3.8	Sierra	Tasa Poblacional Lima y Junin (PASAJEROS) & PBI Lima y Junin (CARGA)
Tramo VIII Roncha - Chupaca	Carpeta Asfáltica	256+990.00	273+531.00	16.541	1.1	3.8	Sierra	Tasa Poblacional Junin (PASAJEROS) & PBI Junin (CARGA)

FUENTE: Elaboración propia

CUADRO 3.10-A
PROYECCIONES DE TRAFICO

Carretera: CAÑETE - LUNAHUANA - PACARAN - ZUÑIGA - DV. YAUYOS - CHUPACA
Tramo: Cañete - Lunahuana - Pacarán Tramo I y II
Estación: E -1 vs E-2

TIPO	Año	2008	2009		2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029
	Tasa	T. Normal		Tasa	Tráfico Normal																			
Auto	1.017	301	306	1.017	311	317	322	327	333	339	344	350	356	362	368	375	381	388	394	401	408	415	422	429
Pick up	1.017	145	147	1.017	150	153	155	158	160	163	166	169	172	175	178	181	184	187	190	193	196	200	203	207
Station Wagon	1.017	261	265	1.017	270	275	279	284	289	294	299	304	309	314	320	325	330	336	342	348	354	360	366	372
Camioneta Rural	1.017	209	213	1.017	216	220	224	227	231	235	239	243	247	252	256	260	265	269	274	278	283	288	293	298
Microbus	1.017	11	11	1.017	11	12	12	12	12	12	13	13	13	13	13	14	14	14	14	15	15	15	15	16
Bus 2E	1.017	11	11	1.017	11	12	12	12	12	12	13	13	13	13	13	14	14	14	14	15	15	15	15	16
Bus 3E	1.017	0	0	1.017	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Camión 2E L	1.098	19	21	1.098	23	25	28	30	33	37	40	44	48	53	58	64	70	77	85	93	102	112	123	135
Camión 2E P	1.098	26	29	1.098	31	34	38	41	46	50	55	60	66	73	80	88	96	106	116	127	140	154	169	185
Camión 3E	1.098	8	9	1.098	10	11	12	13	14	15	17	19	20	22	25	27	30	33	36	39	43	47	52	57
Camión 4E	1.098	0	0	1.098	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2S2	1.098	2	2	1.098	2	3	3	3	4	4	4	5	5	6	6	7	7	8	9	10	11	12	13	14
2S3	1.098	5	5	1.098	6	7	7	8	9	10	11	12	13	14	15	17	19	20	22	25	27	30	32	36
3S2	1.098	2	2	1.098	2	3	3	3	4	4	4	5	5	6	6	7	7	8	9	10	11	12	13	14
3S3	1.098	10	11	1.098	12	13	15	16	18	19	21	23	25	28	31	34	37	41	45	49	54	59	65	71
3T2	1.098	0	0	1.098	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3T3	1.098	0	0	1.098	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total		1010	1033		1057	1082	1108	1135	1164	1194	1226	1259	1294	1330	1369	1411	1454	1501	1550	1602	1658	1717	1781	1849

FUENTE: Elaboración propia

EVALUACIÓN DE SERVICIABILIDAD CON EL BUMP INTEGRATOR

MONITOREO DE CONSERVACIÓN CARRETERA CAÑETE-HUANCAYO Km. 106+000 AL Km. 108+000

Betzabé Milagros Quezada Moreno

CUADRO 3.10-B

TIPO	Año	2008	2009		2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029
	Tasa	T. Generado		Tasa	Tráfico Generado																			
Auto	1.200	301	306	1.017	61	62	63	64	65	67	68	69	70	71	72	74	75	76	78	79	80	82	83	84
Pick up	1.200	145	147	1.017	29	30	31	31	32	32	33	33	34	34	35	36	36	37	37	38	39	39	40	41
Panel	1.200	261	265	1.017	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	70	71	72	73
Camioneta Rural	1.200	209	213	1.017	43	43	44	45	45	46	47	48	49	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59
Microbus	1.200	11	11	1.017	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Bus 2E	1.200	11	11	1.017	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Bus 3E	1.200	0	0	1.017	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Camión 2E L	1.200	19	21	1.098	4	5	5	6	6	7	7	8	9	10	11	12	13	14	15	17	19	20	22	25
Camión 2E P	1.200	26	29	1.098	6	6	7	8	8	9	10	11	12	13	15	16	18	19	21	23	25	28	31	34
Camión 3E	1.200	8	9	1.098	2	2	2	2	3	3	3	3	4	4	4	5	5	6	7	7	8	9	9	10
Camión 4E	1.200	0	0	1.098	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2S2	1.200	2	2	1.098	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	3
2S3	1.200	5	5	1.098	1	1	1	1	2	2	2	2	2	3	3	3	3	4	4	4	5	5	6	6
3S2	1.200	2	2	1.098	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	3
3S3	1.200	10	11	1.098	2	2	3	3	3	4	4	4	5	5	6	6	7	7	8	9	10	11	12	13
2T3	1.200	0	0	1.098	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3T3	1.200	0	0	1.098	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ttal					207	211	216	222	227	233	239	245	252	259	266	274	282	291	300	310	320	332	343	356

FUENTE: Elaboración propia

CUADRO 1-A
PROYECCIONES DE TRAFICO

Carretera: CAÑETE - LUNAHUANA - PACARAN - ZUÑIGA - DV. YAUYOS - CHUPACA
Tramo: Cañete - Lunahuana - Pacarán Tramo I y II
Estación: E -1 vs E-2

TIPO	Año	2008	2009		2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029
	Tasa	T. Total		Tasa	Tráfico Total																			
Auto	1.017			1.017	373	379	385	392	399	405	412	419	426	434	441	448	456	464	472	480	488	496	505	513
Pick up	1.017			1.017	179	183	186	189	192	195	199	202	205	209	212	216	220	223	227	231	235	239	243	247
Panel	1.017			1.017	323	329	334	340	346	351	357	363	370	376	382	389	395	402	409	416	423	430	438	445
Camioneta Rural	1.017			1.017	259	263	268	272	277	281	286	291	296	301	306	311	317	322	328	333	339	345	350	356
Microbus	1.017			1.017	14	14	14	14	15	15	15	15	16	16	16	16	17	17	17	18	18	18	18	19
Bus 2E	1.017			1.017	14	14	14	14	15	15	15	15	16	16	16	16	17	17	17	18	18	18	18	19
Bus 3E	1.017			1.017	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Camión 2EL	1.098			1.098	27	30	33	36	39	43	47	52	57	63	69	76	83	91	100	110	121	133	146	160
Camión 2EP	1.098			1.098	37	41	45	49	54	59	65	71	78	86	94	104	114	125	137	151	165	182	199	219
Camión 3E	1.098			1.098	11	13	14	15	17	18	20	22	24	26	29	32	35	38	42	46	51	56	61	67
Camión 4E	1.098			1.098	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2S2	1.098			1.098	3	3	3	4	4	5	5	5	6	7	7	8	9	10	11	12	13	14	15	17
2S3	1.098			1.098	7	8	9	9	10	11	12	14	15	17	18	20	22	24	26	29	32	35	38	42
3S2	1.098			1.098	3	3	3	4	4	5	5	5	6	7	7	8	9	10	11	12	13	14	15	17
3S3	1.098			1.098	14	16	17	19	21	23	25	27	30	33	36	40	44	48	53	58	64	70	77	84
2T3	1.098			1.098	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3T3	1.098			1.098	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total		0	0		1264	1293	1324	1357	1391	1427	1464	1504	1545	1589	1635	1684	1736	1791	1850	1912	1978	2049	2125	2205

FUENTE: Elaboración propia

EVALUACIÓN DE SERVICIABILIDAD CON EL BUMP INTEGRATOR

MONITOREO DE CONSERVACIÓN CARRETERA CAÑETE-HUANCAYO Km. 106+000 AL Km. 108+000

Betzabé Milagros Quezada Moreno

CUADRO 2-A
PROYECCIONES DE TRAFICO

Carretera: CAÑETE - LUNAHUANA - PACARAN - ZUÑIGA - DV. YAUYOS - CHUPACA
Tramo: Pacarán - Zuñiga - Catahuasi Tramo III
Estación: E -3

TIPO	Año	2008	2009		2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029
	Tasa	T. Total		Tasa	Tráfico Total																			
Auto	1.014			1.014	94	95	96	98	99	100	102	103	105	106	108	109	111	112	114	115	117	118	120	122
Pick up	1.014			1.014	118	120	122	123	125	127	128	130	132	134	136	138	140	142	144	146	148	150	152	154
Panel	1.014			1.014	63	64	65	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	80	81	82
Camioneta Rural	1.014			1.014	129	131	133	135	137	139	140	142	144	146	149	151	153	155	157	159	161	164	166	168
Microbus	1.014			1.014	21	21	22	22	22	22	23	23	23	24	24	24	25	25	25	26	26	27	27	27
Bus 2E	1.014			1.014	10	10	10	10	10	11	11	11	11	11	11	11	12	12	12	12	12	12	13	13
Bus 3E	1.014			1.014	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Camión 2EL	1.037			1.037	46	48	50	51	53	55	57	60	62	64	66	69	71	74	77	80	83	86	89	92
Camión 2EP	1.037			1.037	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Camión 3E	1.037			1.037	10	11	11	11	12	12	13	13	14	14	15	15	16	16	17	18	18	19	20	20
Camión 4E	1.037			1.037	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	5	5	5	5
2S2	1.037			1.037	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3
2S3	1.037			1.037	5	5	6	6	6	6	6	7	7	7	7	8	8	8	9	9	9	10	10	10
3S2	1.037			1.037	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	5	5	5	5
3S3	1.037			1.037	15	16	17	17	18	18	19	20	21	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
2T3	1.037			1.037	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3T3	1.037			1.037	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total		0	0		518	527	536	546	556	566	576	586	597	608	619	631	642	654	667	679	692	705	718	732

FUENTE: Elaboración propia

EVALUACIÓN DE SERVICIABILIDAD CON EL BUMP INTEGRATOR

MONITOREO DE CONSERVACIÓN CARRETERA CAÑETE-HUANCAYO Km. 106+000 AL Km. 108+000

Betzabé Milagros Quezada Moreno

CUADRO 3-A
PROYECCIONES DE TRAFICO

Carretera: CAÑETE - LUNAHUANA - PACARAN - ZUÑIGA - DV. YAUYOS - CHUPACA
Tramo: Catahuasi - Alis Tramo IV
Estación: E -4

TIPO	Año	2008	2009		2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029
	Tasa	T. Total		Tasa	Tráfico Total																			
Auto	1.014			1.014	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2
Pick up	1.014			1.014	22	22	23	23	23	24	24	24	25	25	25	26	26	27	27	27	28	28	28	29
Panel	1.014			1.014	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Camioneta Rural	1.014			1.014	5	5	5	5	5	5	5	5	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
Microbus	1.014			1.014	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bus 2E	1.014			1.014	10	10	10	10	10	11	11	11	11	11	11	12	12	12	12	12	12	12	13	13
Bus 3E	1.014			1.014	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Camión 2EL	1.037			1.037	6	7	7	7	7	8	8	8	9	9	9	10	10	10	11	11	11	12	12	13
Camión 2EP	1.037			1.037	5	5	6	6	6	6	6	7	7	7	7	8	8	8	9	9	9	10	10	10
Camión 3E	1.037			1.037	14	15	15	16	16	17	18	18	19	20	20	21	22	23	23	24	25	26	27	28
Camión 4E	1.037			1.037	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2S2	1.037			1.037	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2S3	1.037			1.037	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3S2	1.037			1.037	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3S3	1.037			1.037	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2T3	1.037			1.037	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3T3	1.037			1.037	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total		0	0		66	68	69	71	73	74	76	78	80	82	84	86	88	90	92	94	97	99	102	104

FUENTE: Elaboración propia

EVALUACIÓN DE SERVICIABILIDAD CON EL BUMP INTEGRATOR

MONITOREO DE CONSERVACIÓN CARRETERA CAÑETE-HUANCAYO Km. 106+000 AL Km. 108+000

Betzabé Milagros Quezada Moreno

CUADRO 4-A
PROYECCIONES DE TRAFICO

Carretera: CAÑETE - LUNAHUANA - PACARAN - ZUÑIGA - DV. YAUYOS - CHUPACA
Tramo: Alis - Km 227 +000 Tramo V
Estación: E - 4

TIPO	Año	2008	2009		2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029
TIPO	Tasa	T. Total		Tasa	Tráfico Total																			
Auto	1.014			1.014	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2
Pick up	1.014			1.014	22	22	23	23	23	24	24	24	25	25	25	26	26	27	27	27	28	28	28	29
Panel	1.014			1.014	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Camioneta Rural	1.014			1.014	5	5	5	5	5	5	5	5	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
Microbus	1.014			1.014	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bus 2E	1.014			1.014	10	10	10	10	10	11	11	11	11	11	11	12	12	12	12	12	12	12	13	13
Bus 3E	1.014			1.014	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Camión 2E L	1.038			1.038	6	7	7	7	7	8	8	8	9	9	9	10	10	10	11	11	12	12	13	13
Camión 2E P	1.038			1.038	5	5	6	6	6	6	6	7	7	7	7	8	8	8	9	9	9	10	10	10
Camión 3E	1.038			1.038	14	15	15	16	16	17	18	18	19	20	21	21	22	23	24	25	26	27	28	29
Camión 4E	1.038			1.038	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2S2	1.038			1.038	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2S3	1.038			1.038	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3S2	1.038			1.038	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3S3	1.038			1.038	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2T3	1.038			1.038	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3T3	1.038			1.038	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total		0	0		66	68	69	71	73	75	76	78	80	82	84	86	88	90	93	95	97	100	102	105

FUENTE: Elaboración propia

CUADRO 5-A
PROYECCIONES DE TRAFICO

Carretera: CAÑETE - LUNAHUANA - PACARAN - ZUÑIGA - DV. YAUYOS - CHUPACA
Tramo: 227 + 000 - 253+000 / 253 + 000 - Ronchas Tramo VI - VII
Estación: E - 5

TIPO	Año	2008	2009		2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029
	Tasa	T. Total		Tasa	Tráfico Total																			
Auto	1.014			1.014	11	11	11	12	12	12	12	12	12	13	13	13	13	13	13	14	14	14	14	14
Pick up	1.014			1.014	38	39	39	40	40	41	41	42	43	43	44	44	45	46	46	47	48	48	49	50
Panel	1.014			1.014	218	221	224	227	230	234	237	240	244	247	250	254	257	261	265	268	272	276	280	284
Camioneta Rural	1.014			1.014	46	46	47	47	48	49	50	50	51	52	52	53	54	55	55	56	57	58	58	59
Microbus	1.014			1.014	6	6	6	6	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	8	8	8	8	8	8
Bus 2E	1.014			1.014	10	10	10	10	10	11	11	11	11	11	11	11	12	12	12	12	12	12	13	13
Bus 3E	1.014			1.014	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Camión 2EL	1.038			1.038	48	49	51	53	55	57	59	62	64	67	69	72	74	77	80	83	86	90	93	97
Camión 2EP	1.038			1.038	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Camión 3E	1.038			1.038	9	9	10	10	10	11	11	12	12	13	13	14	14	15	15	16	16	17	18	18
Camión 4E	1.038			1.038	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2S2	1.038			1.038	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3
2S3	1.038			1.038	10	11	11	11	12	12	13	13	14	14	15	15	16	17	17	18	19	19	20	21
3S2	1.038			1.038	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3
3S3	1.038			1.038	33	35	36	37	39	40	42	43	45	47	49	50	52	54	56	58	61	63	65	68
2T3	1.038			1.038	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3T3	1.038			1.038	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total		0	0		431	440	449	458	467	476	486	496	506	516	527	538	549	561	573	585	597	610	623	637

FUENTE: Elaboración propia

CUADRO 3.15
PROYECCIONES DE TRAFICO

Carretera: CAÑETE - LUNAHUANA - PACARAN - ZUÑIGA - DV. YAUYOS - CHUPACA
Tramo: Dv. Roncha - Chupaca Tramo VIII
Estación: E - 6 Dv. Ahuac

TIPO	Año	2008	2009		2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029
	Tasa	T. Total		Tasa	Tráfico Total																			
Auto	1.011			1.011	21	21	21	22	22	22	22	22	23	23	23	23	24	24	24	25	25	25	25	26
Pick up	1.011			1.011	32	32	33	33	33	34	34	34	35	35	36	36	36	37	37	38	38	38	39	39
Panel	1.011			1.011	359	363	367	371	375	379	383	387	392	396	400	405	409	414	418	423	427	432	437	442
Camioneta Rural	1.011			1.011	40	41	41	42	42	43	43	44	44	45	45	46	46	47	47	48	48	49	49	50
Microbus	1.011			1.011	6	6	6	6	6	6	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	8
Bus 2E	1.011			1.011	11	11	11	11	12	12	12	12	12	12	12	12	13	13	13	13	13	13	13	14
Bus 3E	1.011			1.011	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Camión 2E L	1.038			1.038	46	48	50	52	54	56	58	60	62	65	67	70	72	75	78	81	84	87	91	94
Camión 2E P	1.038			1.038	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Camión 3E	1.038			1.038	6	7	7	7	7	8	8	8	9	9	9	10	10	10	11	11	12	12	13	13
Camión 4E	1.038			1.038	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2S2	1.038			1.038	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2S3	1.038			1.038	6	7	7	7	7	8	8	8	9	9	9	10	10	10	11	11	12	12	13	13
3S2	1.038			1.038	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	5	5	5	5
3S3	1.038			1.038	30	31	32	33	34	36	37	38	40	41	43	45	46	48	50	52	54	56	58	60
2T3	1.038			1.038	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3T3	1.038			1.038	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total		0	0		560	569	578	587	596	605	615	625	635	645	656	666	677	689	700	712	724	737	750	763

FUENTE: Elaboración propia

TRAMO 1 - COSTO MENSUAL

TRAMO:	Tra mo Cañete - Lunahuana	KM INICIO:	1+805.00
ESTADO:	Conservación Rutinaria, sobre carpeta asfáltica	KM FINAL:	42+755.00
INCIDENCIA:	100%	LONGITUD:	40.95

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	METRADO	P.U. (S/.)	PARCIAL (S/.)
1	LIMPIEZA GENERAL	GB	1.00	6,413.00	6,413.00
2	ELIMINACION DE DERRUMBES	M3	2,000.00	9.26	18,520.00
3	ROCE	M2	40,750.00	0.28	11,410.00
4	REPARACION Y LIMPIEZA DE BAJADAS DE AGUA	M	150.00	75.52	11,328.45
5	TRATAMIENTO DE FISURAS CON SELLANTE ELASTOMERICO	M	8,150.00	8.07	65,770.50
6	TRATAMIENTO DE FISURAS EN BLOQUE	M	8,150.00	5.65	46,047.50
7	PARCHADO	M3	20.00	91.88	1,837.60
8	BACHEO DE BERMAS	M3	10.00	28.03	280.30
9	SELLO	M2	6,600.00	37.45	247,170.00
10	ENCAUZAMIENTO DE CURSOS DE AGUA	M3	150.00	6.51	976.50
11	LIMPIEZA DE ALCANTARILLAS	UNID	162.00	41.82	6,774.84
12	LIMPIEZA DE CUNETAS	M	40,750.00	1.47	59,902.50
13	LIMPIEZA DE PUENTES	UNID	11.00	112.00	1,232.00
14	REPINTADO DE MUROS	M2	400.00	5.16	2,063.60
15	LIMPIEZA DE SEÑALES	UNID	184.00	1.75	322.00
16	LIMPIEZA DE HITOS	UNID	40.00	1.75	70.00
17	LIMPIEZA DE GUARDAVIAS	M	3,336.00	2.17	7,239.12
18	REPOSICION DE SEÑAL INFORMATIVA	UNID	2.00	504.00	1,008.00
19	REPOSICION DE SEÑAL PREVENTIVA	UNID	2.00	265.08	530.16
20	REPOSICION DE SEÑAL REGLAMENTARIA	UNID	2.00	408.80	817.60
21	REPOSICION DE HITOS KILOMETRICOS	UNID	2.00	39.41	78.82
22	REPOSICION DE GUARDAVIAS	UNID	2.00	164.81	329.62
23	MARCAS DEL PAVIMENTO	M2	9,660.00	10.10	97,566.00
COSTO DE MANTENIMIENTO RUTINARIO X AÑO (S/.)					587,688.11
COSTO DE MANTENIMIENTO RUTINARIO X MES (S/.)					48,974.01
PAGO POR MANTENIMIENTO MENSUAL (S/.)					69,551.45

TRAMO 2 - COSTO MENSUAL

TRAMO:	Tramo Lunahuana - Pacaran	KM INICIO:	42+755.00
ESTADO:	Conservación Rutinaria, sobre TSB	KM FINAL:	54+662.00
INCIDENCIA:	100%	LONGITUD:	11.91

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	METRADO	P.U. (S/.)	PARCIAL (S/.)
1	LIMPIEZA GENERAL	GLB	1.00	1,515.30	1,515.30
2	ELIMINACION DE DERRUMBES	M3	613.00	9.26	5,676.38
3	ROCE	M2	12,490.00	0.28	3,497.20
4	REPARACION Y LIMPIEZA DE BAJADAS DE AGUA	M	46.00	75.52	3,474.06
5	TRATAMIENTO DE FISURAS CON SELLANTE ELASTOMERICO	M	2,498.00	8.07	20,158.86
6	TRATAMIENTO DE FISURAS EN BLOQUE	M	2,498.00	5.65	14,113.70
7	PARCHADO	M3	7.00	91.88	643.16
8	BACHEO DE BERMAS	M3	4.00	28.03	112.12
9	SELLO	M2	2,023.00	37.45	75,761.35
10	ENCAUZAMIENTO DE CURSOS DE AGUA	M3	46.00	6.51	299.46
11	LIMPIEZA DE ALCANTARILLAS	UNID	49.00	41.82	2,049.18
12	LIMPIEZA DE CUNETAS	M	12,490.00	1.47	18,360.30
13	LIMPIEZA DE PUENTES	UNID	1.00	112.00	112.00
14	REPINTADO DE MUROS	M2	50.00	5.16	257.95
15	LIMPIEZA DE SEÑALES	UNID	12.00	1.75	21.00
16	LIMPIEZA DE HITOS	UNID	12.00	1.75	21.00
17	LIMPIEZA DE GUARDAVIAS	M	500.00	2.17	1,085.00
18	REPOSICION DE SEÑAL INFORMATIVA	UNID	1.00	504.00	504.00
19	REPOSICION DE SEÑAL PREVENTIVA	UNID	1.00	265.08	265.08
20	REPOSICION DE SEÑAL REGLAMENTARIA	UNID	1.00	408.80	408.80
21	REPOSICION DE HITOS KILOMETRICOS	UNID	1.00	39.41	39.41
22	REPOSICION DE GUARDAVIAS	UNID	1.00	164.81	164.81
23	MARCAS DEL PAVIMENTO	M2	2,963.00	10.10	29,926.30
COSTO DE MANTENIMIENTO RUTINARIO X AÑO (S/.)					178,466.42
COSTO DE MANTENIMIENTO RUTINARIO X MES (S/.)					14,872.20
PAGO POR MANTENIMIENTO MENSUAL (S/.)					20,679.13

TRAMO 3 - COSTO MENSUAL

TRAMO:	Tramo Pacaran - Zuñiga	KM INICIO:	52+857.00
ESTADO:	Conservación Rutinaria, sobre solucion basica	KM FINAL:	56+600.00
INCIDENCIA:	100%	LONGITUD:	3.74

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	METRADO	P.U. (S/.)	PARCIAL (S/.)
1	LIMPIEZA GENERAL	GLB	1.00	561.45	561.45
2	ELIMINACION DE DERRUMBES	M3	200.00	9.26	1,852.00
3	ROCE	M2	4,150.00	0.28	1,162.00
4	REPARACION Y LIMPIEZA DE BAJADAS DE AGUA	M	20.00	75.52	1,510.46
5	TRATAMIENTO DE FISURAS CON SELLANTE ELASTOMERICO	M	800.00	8.07	6,456.00
6	TRATAMIENTO DE FISURAS EN BLOQUE	M	800.00	5.65	4,520.00
7	PARCHADO	M3	2.00	91.88	183.76
8	BACHEO DE BERMAS	M3	0.50	28.03	14.02
9	SELLO	M2	330.00	37.45	12,358.50
10	ENCAUZAMIENTO DE CURSOS DE AGUA	M3	15.00	6.51	97.65
11	LIMPIEZA DE ALCANTARILLAS	UNID	17.00	41.82	710.94
12	LIMPIEZA DE CUNETAS	M	4,150.00	1.47	6,100.50
13	LIMPIEZA DE PUENTES	UNID	1.00	112.00	112.00
14	REPINTADO DE MUROS	M2	10.00	5.16	51.59
15	LIMPIEZA DE SEÑALES	UNID	8.00	1.75	14.00
16	LIMPIEZA DE HITOS	UNID	4.00	1.75	7.00
17	LIMPIEZA DE GUARDAVIAS	M	50.00	2.17	108.50
18	REPOSICION DE SEÑAL INFORMATIVA	UNID	1.00	504.00	504.00
19	REPOSICION DE SEÑAL PREVENTIVA	UNID	1.00	265.08	265.08
20	REPOSICION DE SEÑAL REGLAMENTARIA	UNID	1.00	408.80	408.80
21	REPOSICION DE HITOS KILOMETRICOS	UNID	1.00	39.41	39.41
22	REPOSICION DE GUARDAVIAS	UNID	1.00	164.81	164.81
23	MARCAS DEL PAVIMENTO	M2	984.00	10.10	9,938.40
COSTO DE MANTENIMIENTO RUTINARIO X AÑO (S/.)					47,140.87
COSTO DE MANTENIMIENTO RUTINARIO X MES (S/.)					3,928.41
PAGO POR MANTENIMIENTO MENSUAL (S/.)					6,850.72

TRAMO:	Tramo Zuñiga - Yauyos	KM INICIO:	56+600.00
ESTADO:	Conservación Rutinaria, sobre solucion basica	KM FINAL:	78+805.00
INCIDENCIA:	3.2%	LONGITUD:	22.21

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	METRADO	P.U. (S/.)	PARCIAL (S/.)
1	LIMPIEZA GENERAL	GLB	0.32	3,330.75	1,050.56
2	ELIMINACION DE DERRUMBES	M3	1,103.94	9.26	10,222.50
3	ROCE	M2	22,898.91	0.28	6,411.69
4	REPARACION Y LIMPIEZA DE BAJADAS DE AGUA	M	11.35	75.52	857.55
5	TRATAMIENTO DE FISURAS CON SELLANTE ELASTOMERICO	M	6,869.67	8.07	55,438.25
6	TRATAMIENTO DE FISURAS EN BLOQUE	M	6,869.67	5.65	38,813.65
7	PARCHADO	M3	23.03	91.88	2,115.54
8	BACHEO DE BERMAS	M3	3.15	28.03	88.41
9	SELLO	M2	13,720.42	37.45	513,829.69
10	ENCAUZAMIENTO DE CURSOS DE AGUA	M3	315.41	6.51	2,053.33
11	LIMPIEZA DE ALCANTARILLAS	UNID	10.72	41.82	448.48
12	LIMPIEZA DE CUNETAS	M	22,898.91	1.47	33,661.39
13	LIMPIEZA DE PUENTES	UNID	2.21	112.00	247.28
14	REPINTADO DE MUROS	M2	6.31	5.16	32.54
15	LIMPIEZA DE SEÑALES	UNID	45.42	1.75	79.48
16	LIMPIEZA DE HITOS	UNID	23.03	1.75	40.29
17	LIMPIEZA DE GUARDAVIAS	M	1,261.65	2.17	2,737.78
18	REPOSICION DE SEÑAL INFORMATIVA	UNID	0.95	504.00	476.90
19	REPOSICION DE SEÑAL PREVENTIVA	UNID	0.95	265.08	250.83
20	REPOSICION DE SEÑAL REGLAMENTARIA	UNID	0.95	408.80	386.82
21	REPOSICION DE HITOS KILOMETRICOS	UNID	0.95	39.41	37.29
22	REPOSICION DE GUARDAVIAS	UNID	1.26	164.81	207.93
23	MARCAS DEL PAVIMENTO	M2	5,362.00	10.10	54,156.23
COSTO DE MANTENIMIENTO RUTINARIO X AÑO (S/.)					723,644.43
COSTO DE MANTENIMIENTO RUTINARIO X MES (S/.)					60,303.70
PAGO POR MANTENIMIENTO MENSUAL (S/.)					47,618.45

TRAMO 4 - COSTO MENSUAL

TRAMO:	Tramo Zuñiga - Yauyos	KM INICIO:	78+805.00
ESTADO:	Conservación Rutinaria, sobre monocapa	KM FINAL:	127+000.00
INCIDENCIA:	68%	LONGITUD:	48.20

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	METRADO	P.U. (S/.)	PARCIAL (S/.)
1	LIMPIEZA GENERAL	GLB	0.68	7,229.25	4,949.06
2	ELIMINACION DE DERRUMBES	M3	2,396.06	9.26	22,187.50
3	ROCE	M2	49,701.09	0.28	13,916.31
4	REPARACION Y LIMPIEZA DE BAJADAS DE AGUA	M	24.65	75.52	1,861.28
5	TRATAMIENTO DE FISURAS CON SELLANTE ELASTOMERICO	M	14,910.33	8.07	120,326.35
6	TRATAMIENTO DE FISURAS EN BLOQUE	M	14,910.33	5.65	84,243.35
7	PARCHADO	M3	49.97	91.88	4,591.70
8	BACHEO DE BERMAS	M3	6.85	28.03	191.89
9	SELLO	M2	29,779.58	37.45	1,115,245.31
10	ENCAUZAMIENTO DE CURSOS DE AGUA	M3	684.59	6.51	4,456.67
11	LIMPIEZA DE ALCANTARILLAS	UNID	23.28	41.82	973.40
12	LIMPIEZA DE CUNETAS	M	49,701.09	1.47	73,060.61
13	LIMPIEZA DE PUENTES	UNID	4.79	112.00	536.72
14	REPINTADO DE MUROS	M2	13.69	5.16	70.64
15	LIMPIEZA DE SEÑALES	UNID	98.58	1.75	172.52
16	LIMPIEZA DE HITOS	UNID	49.97	1.75	87.46
17	LIMPIEZA DE GUARDAVIAS	M	2,738.35	2.17	5,942.22
18	REPOSICION DE SEÑAL INFORMATIVA	UNID	2.05	504.00	1,035.10
19	REPOSICION DE SEÑAL PREVENTIVA	UNID	2.05	265.08	544.41
20	REPOSICION DE SEÑAL REGLAMENTARIA	UNID	2.05	408.80	839.58
21	REPOSICION DE HITOS KILOMETRICOS	UNID	2.05	39.41	80.94
22	REPOSICION DE GUARDAVIAS	UNID	2.74	164.81	451.31
23	MARCAS DEL PAVIMENTO	M2	11,638.00	10.10	117,543.77
COSTO DE MANTENIMIENTO RUTINARIO X AÑO (S/.)					1,573,308.07
COSTO DE MANTENIMIENTO RUTINARIO X MES (S/.)					131,109.01
PAGO POR MANTENIMIENTO MENSUAL (S/.)					103,353.80

TRAMO:	Tramo Yauyos - Ronchas	KM INICIO:	127+000.00
ESTADO:	Conservación Rutinaria, sobre monocapa	KM FINAL:	164+905.00
INCIDENCIA:	30%	LONGITUD:	37.91

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	METRADO	P.U. (S/.)	PARCIAL (S/.)
1	LIMPIEZA GENERAL	GLB	0.30	5,685.75	1,682.98
2	ELIMINACION DE DERRUMBES	M3	1,924.00	9.26	17,816.24
3	ROCE	M2	39,998.48	0.28	11,199.57
4	REPARACION Y LIMPIEZA DE BAJADAS DE AGUA	M	20.13	75.52	1,520.13
5	TRATAMIENTO DE FISURAS CON SELLANTE ELASTOMERICO	M	11,999.54	8.07	96,836.32
6	TRATAMIENTO DE FISURAS EN BLOQUE	M	11,999.54	5.65	67,797.42
7	PARCHADO	M3	40.55	91.88	3,725.92
8	BACHEO DE BERMAS	M3	5.62	28.03	157.64
9	SELLO	M2	23,976.00	37.45	897,901.20
10	ENCAUZAMIENTO DE CURSOS DE AGUA	M3	532.80	6.51	3,468.53
11	LIMPIEZA DE ALCANTARILLAS	UNID	18.94	41.82	792.24
12	LIMPIEZA DE CUNETAS	M	39,998.48	1.47	58,797.77
13	LIMPIEZA DE PUENTES	UNID	6.81	112.00	762.50
14	REPINTADO DE MUROS	M2	11.25	5.16	58.03
15	LIMPIEZA DE SEÑALES	UNID	79.92	1.75	139.86
16	LIMPIEZA DE HITOS	UNID	39.96	1.75	69.93
17	LIMPIEZA DE GUARDAVIAS	M	2,220.00	2.17	4,817.40
18	REPOSICION DE SEÑAL INFORMATIVA	UNID	2.96	504.00	1,491.84
19	REPOSICION DE SEÑAL PREVENTIVA	UNID	2.96	265.08	784.64
20	REPOSICION DE SEÑAL REGLAMENTARIA	UNID	2.96	408.80	1,210.05
21	REPOSICION DE HITOS KILOMETRICOS	UNID	2.96	39.41	116.65
22	REPOSICION DE GUARDAVIAS	UNID	2.96	164.81	487.84
23	MARCAS DEL PAVIMENTO	M2	9,472.00	10.10	95,667.20
COSTO DE MANTENIMIENTO RUTINARIO X AÑO (S/.)					1,267,301.89
COSTO DE MANTENIMIENTO RUTINARIO X MES (S/.)					105,608.49
PAGO POR MANTENIMIENTO MENSUAL (S/.)					84,201.97

TRAMO 5 - COSTO MENSUAL

TRAMO:	Tramo Yauyos - Ronchas	KM INICIO:	164+905.00
ESTADO:	Conservación Rutinaria en Solución Básica	KM FINAL:	227+000.00
INCIDENCIA:	48%	LONGITUD:	62.10

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	METRADO	P.U. (S./)	PARCIAL (S./)
1	LIMPIEZA GENERAL	GLB	0.48	9,314.25	4,511.82
2	ELIMINACION DE DERRUMBES	M3	3,148.60	9.26	29,156.04
3	ROCE	M2	65,456.97	0.28	18,327.95
4	REPARACION Y LIMPIEZA DE BAJADAS DE AGUA	M	32.94	75.52	2,487.67
5	TRATAMIENTO DE FISURAS CON SELLANTE ELASTOMERICO	M	19,637.09	8.07	158,471.33
6	TRATAMIENTO DE FISURAS EN BLOQUE	M	19,637.09	5.65	110,949.57
7	PARCHADO	M3	66.36	91.88	6,097.41
8	BACHEO DE BERMAS	M3	9.20	28.03	257.98
9	SELLO	M2	39,236.40	37.45	1,469,403.18
10	ENCAUZAMIENTO DE CURSOS DE AGUA	M3	871.92	6.51	5,676.20
11	LIMPIEZA DE ALCANTARILLAS	UNID	31.00	41.82	1,296.49
12	LIMPIEZA DE CUNETAS	M	65,456.97	1.47	96,221.75
13	LIMPIEZA DE PUENTES	UNID	11.14	112.00	1,247.81
14	REPINTADO DE MUROS	M2	18.41	5.16	94.96
15	LIMPIEZA DE SEÑALES	UNID	130.79	1.75	228.88
16	LIMPIEZA DE HITOS	UNID	65.39	1.75	114.44
17	LIMPIEZA DE GUARDAVIAS	M	3,633.00	2.17	7,883.61
18	REPOSICION DE SEÑAL INFORMATIVA	UNID	4.84	504.00	2,441.38
19	REPOSICION DE SEÑAL PREVENTIVA	UNID	4.84	265.08	1,284.05
20	REPOSICION DE SEÑAL REGLAMENTARIA	UNID	4.84	408.80	1,980.23
21	REPOSICION DE HITOS KILOMETRICOS	UNID	4.84	39.41	190.90
22	REPOSICION DE GUARDAVIAS	UNID	4.84	164.81	798.34
23	MARCAS DEL PAVIMENTO	M2	15,500.80	10.10	156,558.08
COSTO DE MANTENIMIENTO RUTINARIO X AÑO (S./)					2,075,680.06
COSTO DE MANTENIMIENTO RUTINARIO X MES (S./)					172,973.34
PAGO POR MANTENIMIENTO MENSUAL (S./)					137,795.38

TRAMO 6 - COSTO MENSUAL

TRAMO:	Tramo Yauyos - Ronchas	KM INICIO:	227+000.00
ESTADO:	Conservación Rutinaria en Solución Básica	KM FINAL:	253+000.00
INCIDENCIA:	20%	LONGITUD:	26.00

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	METRADO	P.U. (S./)	PARCIAL (S./)
1	LIMPIEZA GENERAL	GLB	0.20	3,900.00	790.92
2	ELIMINACION DE DERRUMBES	M3	1,318.20	9.26	12,206.53
3	ROCE	M2	27,404.36	0.28	7,673.22
4	REPARACION Y LIMPIEZA DE BAJADAS DE AGUA	M	13.79	75.52	1,041.49
5	TRATAMIENTO DE FISURAS CON SELLANTE ELASTOMERICO	M	8,221.31	8.07	66,345.97
6	TRATAMIENTO DE FISURAS EN BLOQUE	M	8,221.31	5.65	46,450.40
7	PARCHADO	M3	27.78	91.88	2,552.76
8	BACHEO DE BERMAS	M3	3.85	28.03	108.01
9	SELLO	M2	16,426.80	37.45	615,183.66
10	ENCAUZAMIENTO DE CURSOS DE AGUA	M3	365.04	6.51	2,376.41
11	LIMPIEZA DE ALCANTARILLAS	UNID	12.98	41.82	542.79
12	LIMPIEZA DE CUNETAS	M	27,404.36	1.47	40,284.42
13	LIMPIEZA DE PUENTES	UNID	4.66	112.00	522.41
14	REPINTADO DE MUROS	M2	7.71	5.16	39.76
15	LIMPIEZA DE SEÑALES	UNID	54.76	1.75	95.82
16	LIMPIEZA DE HITOS	UNID	27.38	1.75	47.91
17	LIMPIEZA DE GUARDAVIAS	M	1,521.00	2.17	3,300.57
18	REPOSICION DE SEÑAL INFORMATIVA	UNID	2.03	504.00	1,022.11
19	REPOSICION DE SEÑAL PREVENTIVA	UNID	2.03	265.08	537.58
20	REPOSICION DE SEÑAL REGLAMENTARIA	UNID	2.03	408.80	829.05
21	REPOSICION DE HITOS KILOMETRICOS	UNID	2.03	39.41	79.92
22	REPOSICION DE GUARDAVIAS	UNID	2.03	164.81	334.23
23	MARCAS DEL PAVIMENTO	M2	6,489.60	10.10	65,544.96
COSTO DE MANTENIMIENTO RUTINARIO X AÑO (S./)					867,910.90
COSTO DE MANTENIMIENTO RUTINARIO X MES (S./)					72,325.91
PAGO POR MANTENIMIENTO MENSUAL (S./)					57,689.73

TRAMO 7 - COSTO MENSUAL

TRAMO:	Tramo Yauyos - Ronchas	KM INICIO:	253+000.00
ESTADO:	Conservación Rutinaria en Solución Básica	KM FINAL:	256+990.00
INCIDENCIA:	2%	LONGITUD:	3.99

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	METRADO	P.U. (S/.)	PARCIAL (S/.)
1	LIMPIEZA GENERAL	GLB	0.02	598.50	10.17
2	ELIMINACION DE DERRUMBES	M3	110.50	9.26	1,023.23
3	ROCE	M2	2,297.21	0.28	643.22
4	REPARACION Y LIMPIEZA DE BAJADAS DE AGUA	M	1.16	75.52	87.30
5	TRATAMIENTO DE FISURAS CON SELLANTE ELASTOMERICO	M	689.16	8.07	5,561.55
6	TRATAMIENTO DE FISURAS EN BLOQUE	M	689.16	5.65	3,893.77
7	PARCHADO	M3	2.33	91.88	213.99
8	BACHEO DE BERMAS	M3	0.32	28.03	9.05
9	SELLO	M2	1,377.00	37.45	51,568.65
10	ENCAUZAMIENTO DE CURSOS DE AGUA	M3	30.60	6.51	199.21
11	LIMPIEZA DE ALCANTARILLAS	UNID	1.09	41.82	45.50
12	LIMPIEZA DE CUNETAS	M	2,297.21	1.47	3,376.90
13	LIMPIEZA DE PUENTES	UNID	0.39	112.00	43.79
14	REPINTADO DE MUROS	M2	0.65	5.16	3.33
15	LIMPIEZA DE SEÑALES	UNID	4.59	1.75	8.03
16	LIMPIEZA DE HITOS	UNID	2.30	1.75	4.02
17	LIMPIEZA DE GUARDAVIAS	M	127.50	2.17	276.68
18	REPOSICION DE SEÑAL INFORMATIVA	UNID	0.17	504.00	85.68
19	REPOSICION DE SEÑAL PREVENTIVA	UNID	0.17	265.08	45.06
20	REPOSICION DE SEÑAL REGLAMENTARIA	UNID	0.17	408.80	69.50
21	REPOSICION DE HITOS KILOMETRICOS	UNID	0.17	39.41	6.70
22	REPOSICION DE GUARDAVIAS	UNID	0.17	164.81	28.02
23	MARCAS DEL PAVIMENTO	M2	544.00	10.10	5,494.40
COSTO DE MANTENIMIENTO RUTINARIO X AÑO (S/.)					72,697.75
COSTO DE MANTENIMIENTO RUTINARIO X MES (S/.)					6,058.15
PAGO POR MANTENIMIENTO MENSUAL (S/.)					4,835.92

TRAMO 8 - COSTO MENSUAL

TRAMO:	Tramo Ronchas - Chupaca	KM INICIO:	256+990.00
ESTADO:	Conservación Rutinaria en Solución Básica	KM FINAL:	273+531.00
INCIDENCIA:	100%	LONGITUD:	16.54

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	METRADO	P.U. (S/.)	PARCIAL (S/.)
1	LIMPIEZA GENERAL	GLB	1.00	2,481.15	2,481.15
2	ELIMINACION DE DERRUMBES	M3	800.00	9.26	7,408.00
3	ROCE	M2	16,610.00	0.28	4,650.80
4	REPARACION Y LIMPIEZA DE BAJADAS DE AGUA	M	80.00	75.52	6,041.84
5	TRATAMIENTO DE FISURAS CON SELLANTE ELASTOMERICO	M	3,200.00	8.07	25,824.00
6	TRATAMIENTO DE FISURAS EN BLOQUE	M	3,200.00	5.65	18,080.00
7	PARCHADO	M3	10.00	91.88	918.80
8	BACHEO DE BERMAS	M3	5.00	28.03	140.15
9	SELLO	M2	1,500.00	37.45	56,175.00
10	ENCAUZAMIENTO DE CURSOS DE AGUA	M3	60.00	6.51	390.60
11	LIMPIEZA DE ALCANTARILLAS	UNID	30.00	41.82	1,254.60
12	LIMPIEZA DE CUNETAS	M	16,610.00	1.47	24,416.70
13	LIMPIEZA DE PUENTES	UNID	2.00	112.00	224.00
14	REPINTADO DE MUROS	M2	40.00	5.16	206.36
15	LIMPIEZA DE SEÑALES	UNID	32.00	1.75	56.00
16	LIMPIEZA DE HITOS	UNID	16.00	1.75	28.00
17	LIMPIEZA DE GUARDAVIAS	M	200.00	2.17	434.00
18	REPOSICION DE SEÑAL INFORMATIVA	UNID	4.00	504.00	2,016.00
19	REPOSICION DE SEÑAL PREVENTIVA	UNID	4.00	265.08	1,060.32
20	REPOSICION DE SEÑAL REGLAMENTARIA	UNID	4.00	408.80	1,635.20
21	REPOSICION DE HITOS KILOMETRICOS	UNID	4.00	39.41	157.64
22	REPOSICION DE GUARDAVIAS	UNID	4.00	164.81	659.24
23	MARCAS DEL PAVIMENTO	M2	4,000.00	10.10	40,400.00
COSTO DE MANTENIMIENTO RUTINARIO X AÑO (S/.)					194,658.40
COSTO DE MANTENIMIENTO RUTINARIO X MES (S/.)					16,221.53
PAGO POR MANTENIMIENTO MENSUAL (S/.)					26,268.60

MANTENIMIENTO CON SLURRY SEAL

TRAMO 1 - COSTO MENSUAL

TRAMO:	Tramo Cañete - Lunahuana	KM INICIO:	0+000.00
ESTADO:	Conservación Rutinaria, sobre carpeta asfáltica	KM FINAL:	42+755.00
INCIDENCIA:	100%	LONGITUD:	42.76

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	METRADO	P.U.	PARCIAL
1	LIMPIEZA GENERAL	GB	1.00	6,413.00	6,413.00
2	ELIMINACION DE DERRUMBES	M3	2,000.00	9.26	18,520.00
3	ROCE	M2	40,750.00	0.28	11,410.00
4	REPARACION Y LIMPIEZA DE BAJADAS DE AGUA	M	150.00	75.52	11,328.45
5	TRATAMIENTO DE FISURAS CON SELLANTE ELASTOMERICO	M	8,150.00	8.07	65,770.50
6	TRATAMIENTO DE FISURAS EN BLOQUE	M	8,150.00	5.65	46,047.50
7	PARCHADO	M3	20.00	91.88	1,837.60
8	BACHEO DE BERMAS	M3	10.00	28.03	280.30
9	SELLO CON SLURRY SEAL e=05mm	M2	6,600.00	7.98	52,635.00
10	ENCAUZAMIENTO DE CURSOS DE AGUA	M3	150.00	6.51	976.50
11	LIMPIEZA DE ALCANTARILLAS	UNID	162.00	41.82	6,774.84
12	LIMPIEZA DE CUNETAS	M	40,750.00	1.47	59,902.50
13	LIMPIEZA DE PUENTES	UNID	11.00	112.00	1,232.00
14	REPINTADO DE MUROS	M2	400.00	5.16	2,063.60
15	LIMPIEZA DE SEÑALES	UNID	184.00	1.75	322.00
16	LIMPIEZA DE HITOS	UNID	40.00	1.75	70.00
17	LIMPIEZA DE GUARDAVIAS	M	3,336.00	2.17	7,239.12
18	REPOSICION DE SEÑAL INFORMATIVA	UNID	2.00	504.00	1,008.00
19	REPOSICION DE SEÑAL PREVENTIVA	UNID	2.00	265.08	530.16
20	REPOSICION DE SEÑAL REGLAMENTARIA	UNID	2.00	408.80	817.60
21	REPOSICION DE HITOS KILOMETRICOS	UNID	2.00	39.41	78.82
22	REPOSICION DE GUARDAVIAS	UNID	2.00	164.81	329.62
23	MARCAS DEL PAVIMENTO	M2	9,660.00	10.10	97,566.00
COSTO DE MANTENIMIENTO RUTINARIO X AÑO (S./.)					393,153.11
COSTO DE MANTENIMIENTO RUTINARIO X MES (S./.)					32,762.76
PAGO POR MANTENIMIENTO MENSUAL (S./.)					69,551.45

TRAMO 2 - COSTO MENSUAL

TRAMO:	Tramo Lunahuana - Pacaran	KM INICIO:	42+755.00
ESTADO:	Conservación Rutinaria, sobre TS8	KM FINAL:	52+857.00
INCIDENCIA:	100%	LONGITUD:	10.10

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	METRADO	P.U.	PARCIAL
1	LIMPIEZA GENERAL	GLB	1.00	1,515.30	1,515.30
2	ELIMINACION DE DERRUMBES	M3	613.00	9.26	5,676.38
3	ROCE	M2	12,490.00	0.28	3,497.20
4	REPARACION Y LIMPIEZA DE BAJADAS DE AGUA	M	46.00	75.52	3,474.06
5	TRATAMIENTO DE FISURAS CON SELLANTE ELASTOMERICO	M	2,498.00	8.07	20,158.86
6	TRATAMIENTO DE FISURAS EN BLOQUE	M	2,498.00	5.65	14,113.70
7	PARCHADO	M3	7.00	91.88	643.16
8	BACHEO DE BERMAS	M3	4.00	28.03	112.12
9	SELLO CON SLURRY SEAL e=05mm	M2	2,023.00	7.98	16,133.43
10	ENCAUZAMIENTO DE CURSOS DE AGUA	M3	46.00	6.51	299.46
11	LIMPIEZA DE ALCANTARILLAS	UNID	49.00	41.82	2,049.18
12	LIMPIEZA DE CUNETAS	M	12,490.00	1.47	18,360.30
13	LIMPIEZA DE PUENTES	UNID	1.00	112.00	112.00
14	REPINTADO DE MUROS	M2	50.00	5.16	257.95
15	LIMPIEZA DE SEÑALES	UNID	12.00	1.75	21.00
16	LIMPIEZA DE HITOS	UNID	12.00	1.75	21.00
17	LIMPIEZA DE GUARDAVIAS	M	500.00	2.17	1,085.00
18	REPOSICION DE SEÑAL INFORMATIVA	UNID	1.00	504.00	504.00
19	REPOSICION DE SEÑAL PREVENTIVA	UNID	1.00	265.08	265.08
20	REPOSICION DE SEÑAL REGLAMENTARIA	UNID	1.00	408.80	408.80
21	REPOSICION DE HITOS KILOMETRICOS	UNID	1.00	39.41	39.41
22	REPOSICION DE GUARDAVIAS	UNID	1.00	164.81	164.81
23	MARCAS DEL PAVIMENTO	M2	2,963.00	10.10	29,926.30
COSTO DE MANTENIMIENTO RUTINARIO X AÑO (S./.)					118,838.49
COSTO DE MANTENIMIENTO RUTINARIO X MES (S./.)					9,903.21
PAGO POR MANTENIMIENTO MENSUAL (S./.)					20,679.13

Se realiza los mismos cuadros para todos los tramos agregando el sello con Slurry seal.

MANTENIMIENTO RUTINARIO CON OTTA SEAL

TRAMO 1 - COSTO MENSUAL

TRAMO:	Tramo Cañete - Lunahuana	KM INICIO:	0+000.00
ESTADO:	Conservación Rutinaria, sobre carpeta asfáltica	KM FINAL:	42+755.00
INCIDENCIA:	100%	LONGITUD:	42.76

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	METRADO	P.U.	PARCIAL
1	LIMPIEZA GENERAL	GB	1.00	6,413.00	6,413.00
2	ELIMINACION DE DERRUMBES	M3	2,000.00	9.26	18,520.00
3	ROCE	M2	40,750.00	0.28	11,410.00
4	REPARACION Y LIMPIEZA DE BAJADAS DE AGUA	M	150.00	75.52	11,328.45
5	TRATAMIENTO DE FISURAS CON SELLANTE ELASTOMERICO	M	8,150.00	8.07	65,770.50
6	TRATAMIENTO DE FISURAS EN BLOQUE	M	8,150.00	5.65	46,047.50
7	PARCHADO	M3	20.00	91.88	1,837.60
8	BACHEO DE BERMAS	M3	10.00	28.03	280.30
9	SELLO CON OTTA SEAL e=16mm	M2	6,600.00	21.86	144,276.00
10	ENCAUZAMIENTO DE CURSOS DE AGUA	M3	150.00	6.51	976.50
11	LIMPIEZA DE ALCANTARILLAS	UNID	162.00	41.82	6,774.84
12	LIMPIEZA DE CUNETAS	M	40,750.00	1.47	59,902.50
13	LIMPIEZA DE PUENTES	UNID	11.00	112.00	1,232.00
14	REPINTADO DE MUROS	M2	400.00	5.16	2,063.60
15	LIMPIEZA DE SEÑALES	UNID	184.00	1.75	322.00
16	LIMPIEZA DE HITOS	UNID	40.00	1.75	70.00
17	LIMPIEZA DE GUARDAVIAS	M	3,336.00	2.17	7,239.12
18	REPOSICION DE SEÑAL INFORMATIVA	UNID	2.00	504.00	1,008.00
19	REPOSICION DE SEÑAL PREVENTIVA	UNID	2.00	265.08	530.16
20	REPOSICION DE SEÑAL REGLAMENTARIA	UNID	2.00	408.80	817.60
21	REPOSICION DE HITOS KILOMETRICOS	UNID	2.00	39.41	78.82
22	REPOSICION DE GUARDAVIAS	UNID	2.00	164.81	329.62
23	MARCAS DEL PAVIMENTO	M2	9,660.00	10.10	97,566.00
COSTO DE MANTENIMIENTO RUTINARIO X AÑO (S/.)					484,794.11
COSTO DE MANTENIMIENTO RUTINARIO X MES (S/.)					40,399.51
PAGO POR MANTENIMIENTO MENSUAL (S/.)					69,551.45

TRAMO 2 - COSTO MENSUAL

TRAMO:	Tramo Lunahuana - Pacaran	KM INICIO:	42+755.00
ESTADO:	Conservación Rutinaria, sobre TSB	KM FINAL:	52+857.00
INCIDENCIA:	100%	LONGITUD:	10.10

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	METRADO	P.U.	PARCIAL
1	LIMPIEZA GENERAL	GLB	1.00	1,515.30	1,515.30
2	ELIMINACION DE DERRUMBES	M3	613.00	9.26	5,676.38
3	ROCE	M2	12,490.00	0.28	3,497.20
4	REPARACION Y LIMPIEZA DE BAJADAS DE AGUA	M	46.00	75.52	3,474.06
5	TRATAMIENTO DE FISURAS CON SELLANTE ELASTOMERICO	M	2,498.00	8.07	20,158.86
6	TRATAMIENTO DE FISURAS EN BLOQUE	M	2,498.00	5.65	14,113.70
7	PARCHADO	M3	7.00	91.88	643.16
8	BACHEO DE BERMAS	M3	4.00	28.03	112.12
9	SELLO CON OTTA SEAL e=16mm	M2	2,023.00	21.86	44,222.78
10	ENCAUZAMIENTO DE CURSOS DE AGUA	M3	46.00	6.51	299.46
11	LIMPIEZA DE ALCANTARILLAS	UNID	49.00	41.82	2,049.18
12	LIMPIEZA DE CUNETAS	M	12,490.00	1.47	18,360.30
13	LIMPIEZA DE PUENTES	UNID	1.00	112.00	112.00
14	REPINTADO DE MUROS	M2	50.00	5.16	257.95
15	LIMPIEZA DE SEÑALES	UNID	12.00	1.75	21.00
16	LIMPIEZA DE HITOS	UNID	12.00	1.75	21.00
17	LIMPIEZA DE GUARDAVIAS	M	500.00	2.17	1,085.00
18	REPOSICION DE SEÑAL INFORMATIVA	UNID	1.00	504.00	504.00
19	REPOSICION DE SEÑAL PREVENTIVA	UNID	1.00	265.08	265.08
20	REPOSICION DE SEÑAL REGLAMENTARIA	UNID	1.00	408.80	408.80
21	REPOSICION DE HITOS KILOMETRICOS	UNID	1.00	39.41	39.41
22	REPOSICION DE GUARDAVIAS	UNID	1.00	164.81	164.81
23	MARCAS DEL PAVIMENTO	M2	2,963.00	10.10	29,926.30
COSTO DE MANTENIMIENTO RUTINARIO X AÑO (S/.)					146,927.85
COSTO DE MANTENIMIENTO RUTINARIO X MES (S/.)					12,243.99
PAGO POR MANTENIMIENTO MENSUAL (S/.)					20,679.13

Se realiza los mismos cuadros para todos los tramos agregando el sello con Otta seal.

Análisis de precios unitarios

PRESUPUESTOS USADOS COMO REFERENCIA

ESTUDIO DEFINITIVO PARA LA REHABILITACION Y MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA LUNAHUANA-DV. YAUYOS-CHUPACA
ESTUDIO DE MANTENIMIENTO PERIODICO DE LA AUTOPISTA RAMIRO PRIALE (KM 0+000 AL 10+300) Y LA CARRETERA CENTRAL,
TRAMO: AV. LAS TORRES-PUENTE LOS ANGELES (KM 9+768 AL KM 27+418)
ESTUDIO DE MANTENIMIENTO PERIODICO DE LA PANAMERICANA SUR-TRAMO PTE.MONTALVO-PTE.CAMIARA KM 1139.795 - KM 1213.051

01.01.01		LIMPIEZA GENERAL				
GLB/DIA	1.0000	EQ. 1.0000	Costo unitario directo por : GLB		6,413.00	
Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
Materiales						
LIMPIEZA GENERAL		gib		1.0000	6,413.00	6,413.00
						6,413.00
01.01.02		ELIMINACION DE DERRUMBES				
m3/DIA	488.0000	EQ. 488.0000	Costo unitario directo por : m3		9.26	
Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
Mano de Obra						
OFICIAL		hh	0.6500	0.0107	10.89	0.12
						0.12
Equipos						
HERRAMIENTAS MANUALES		%MO		3.0000	0.76	0.02
CAMION VOLQUETE 6x4 330 HP 10 M3.		hm	2.0000	0.0328	197.64	6.48
CARGADOR S/LLANTAS 125-155 HP 3 YD3		hm	1.0000	0.0164	161.00	2.64
						9.14
01.01.03		ROCE				
m2/DIA	600.0000	EQ. 600.0000	Costo unitario directo por : m2		0.28	
Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
Mano de Obra						
CAPATAZ		hh	0.1500	0.0020	15.44	0.03
OPERARIO		hh	1.0000	0.0133	12.23	0.16
						0.19
Equipos						
HERRAMIENTAS MANUALES		%MO		3.0000	0.19	0.01
MOTOSIERRA		hh	1.0000	0.0133	6.00	0.08
						0.09
01.01.04		REPARACION Y LIMPIEZA DE BAJADAS DE AGUA				
m/DIA	20.0000	EQ. 20.0000	Costo unitario directo por : m		75.52	
Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
Mano de Obra						
CAPATAZ		hh	1.6910	0.6764	15.44	10.44
OPERARIO		hh	2.5000	1.0000	12.23	12.23
PEON		hh	12.5000	5.0000	9.85	49.25
						71.92
Equipos						
HERRAMIENTAS MANUALES		%MO		5.0000	71.92	3.60
						3.60

01.01.05		TRATAMIENTO DE FISURAS CON SELLANTE ELASTOMERICO			
m/DIA	560.0000	EQ. 560.0000	Costo unitario directo por : m	8.07	8.07
Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
Mano de Obra					
CAPATAZ	hh	0.3400	0.0049	15.44	0.07
OPERARIO	hh	1.0000	0.0143	12.23	0.17
OFICIAL	hh	1.0000	0.0143	10.89	0.16
PEON	hh	1.0000	0.0143	9.85	0.14
					0.55
Materiales					
SELLANTE ELASTOMERICO PARA FISURAS	kg		0.2470	5.46	1.35
					1.35
Equipos					
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.0000	0.55	0.03
COMPRESORA NEUMATICA 250-330 CPM, 87 HP	hm	1.0000	0.0143	70.41	1.01
RUTEADOR	hm	1.0000	0.0143	88.50	1.26
SELLADOR DE FISURAS	hm	1.0000	0.0143	153.40	2.19
TRACTOR DE TIRO DE 80 HP	hm	1.0000	0.0143	65.36	0.93
CAMIONETA PICK-UP 4x2 107HP 1 TON	hm	1.0000	0.0143	52.59	0.75
					6.17
01.01.06		TRATAMIENTO DE FISURAS EN BLOQUE			
m/DIA	720.0000	EQ. 720.0000	Costo unitario directo por : m	5.65	
Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
Mano de Obra					
CAPATAZ	hh	0.3000	0.0033	15.44	0.05
OPERARIO	hh	1.0000	0.0111	12.23	0.14
OFICIAL	hh	1.0000	0.0111	10.89	0.12
PEON	hh	2.0000	0.0222	9.85	0.22
					0.53
Materiales					
SELLANTE ELASTOMERICO PARA FISURAS	kg		0.2400	5.46	1.31
					1.31
Equipos					
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	0.53	0.02
COMPRESORA NEUMATICA 250-330 CPM, 87 HP	hm	1.0000	0.0111	70.41	0.78
SELLADOR DE FISURAS	hm	1.0000	0.0111	153.40	1.70
TRACTOR DE TIRO DE 80 HP	hm	1.0000	0.0111	65.36	0.73
CAMIONETA PICK-UP 4x2 107HP 1 TON	hm	1.0000	0.0111	52.59	0.58
					3.81
01.01.07		PARCHADO			
m3/DIA	10.0000	EQ. 10.0000	Costo unitario directo por : m3	91.88	
Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
material					
PARCHADO	m3		1.0000	91.88	91.88
					91.88
01.01.08		BACHEO DE BERMAS			
m3/DIA	80.0000	EQ. 80.0000	Costo unitario directo por : m3	28.03	
Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
Insumos Partida					
TRANS. AGREGADO/OBRA	m3		0.3800	10.66	4.05
MATERIAL CHANCADO DE CANTERA (D _{MAX} =2")	m3		0.3200	27.26	8.72
PERFILADO Y COMPACTACION MANUAL	m2		1.0000	5.64	5.64
CONFORMACION DE BASE GRAN.(EN ZONA DE PARCHES)	m3		0.3800	20.05	7.62
EXCAVACION EN BERMAS	m3		0.3730	5.36	2.00
					28.03

01.01.09		SELLO				
m2/DIA	160.0000	EQ. 160.0000	Costo unitario directo por : m2		37.45	
Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.	
Mano de Obra						
CAPATAZ	hh	2.5900	0.1295	15.44	2.00	
OFICIAL	hh	7.0000	0.3500	10.89	3.81	
PEON	hh	14.0000	0.7000	9.85	6.90	
					12.71	
Materiales						
ARENA	m3		0.0062	32.61	0.20	
EMULSION ASFALTICA	gln		0.2800	6.54	1.83	
					2.03	
Equipos						
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.0000	12.71	0.64	
BARREDORA MECANICA 10-20 HP	hm	1.0000	0.0500	39.96	2.00	
RODILLO NEUMATICO AUTOPROPULSADO 81-100 HP 5.-20 Ton	hm	1.0000	0.0500	119.21	5.96	
ESPARCIDORA DE ARIDOS	hm	1.0000	0.0500	110.00	5.50	
TRACTOR DE TIRO DE 80 HP	hm	1.0000	0.0500	62.92	3.15	
CAMION IMPRIMADOR 8x2, 178-210 HP 2,000 gal	hm	1.0000	0.0500	109.45	5.47	
					22.71	
01.01.10		ENCAUZAMIENTO DE CURSOS DE AGUA				
m3/DIA	80.0000	EQ. 80.0000	Costo unitario directo por : m3		6.51	
Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.	
Mano de Obra						
CAPATAZ	hh	0.1900	0.0190	15.44	0.29	
PEON	hh	6.0000	0.6000	9.85	5.91	
					6.20	
Equipos						
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.0000	6.20	0.31	
					0.31	
01.01.11		LIMPIEZA DE ALCANTARILLAS				
und/DIA	8.0000	EQ. 8.0000	Costo unitario directo por : und		41.82	
Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.	
Mano de Obra						
CAPATAZ	hh	0.0280	0.0280	15.44	0.43	
PEON	hh	4.0000	4.0000	9.85	39.40	
					39.83	
Equipos						
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.0000	39.83	1.99	
					1.99	
01.01.12		LIMPIEZA DE CUNETAS				
m/DIA	150.0000	EQ. 150.0000	Costo unitario directo por : m		1.47	
Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.	
Mano de Obra						
CAPATAZ	hh	0.1000	0.0053	15.44	0.08	
PEON	hh	2.5000	0.1333	9.85	1.31	
					1.40	
Equipos						
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.0000	1.40	0.07	
					0.07	

01.01.13		LIMPIEZA DE PUENTES				
und/DIA	3.0000	EQ. 3.0000	Costo unitario directo por : und		102.00	
Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
Mano de Obra						
CAPATAZ		hh	0.1265	0.3373	15.44	5.21
PEON		hh	3.5000	9.3333	9.85	91.93
						97.14
Equipos						
HERRAMIENTAS MANUALES		%MO		5.0000	97.14	4.86
						4.86

01.01.14		REPINTADO DE MUROS				
m2/DIA	30.0000	EQ. 30.0000	Costo unitario directo por : m2		5.16	
Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
Mano de Obra						
CAPATAZ		hh	0.0200	0.0053	15.44	0.08
OPERARIO		hh	0.5000	0.1333	12.23	1.63
OFICIAL		hh	0.5000	0.1333	10.89	1.45
						3.17
Materiales						
PINTURA IMPRIMANTE		gal		0.0280	14.73	0.41
PINTURA ESMALTE		gal		0.0560	27.57	1.54
						1.96
Equipos						
HERRAMIENTAS MANUALES		%MO		3.0000	3.17	0.09
						0.04

01.01.15		LIMPIEZA DE SEÑALES				
und/DIA	25.0000	EQ. 25.0000	Costo unitario directo por : und		1.75	
Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
Mano de Obra						
CAPATAZ		hh	0.0190	0.0061	15.44	0.09
PEON		hh	0.5000	0.1600	9.85	1.58
						1.67
Equipos						
HERRAMIENTAS MANUALES		%MO		5.0000	1.67	0.08
						0.08

01.01.16		LIMPIEZA DE HITOS				
und/DIA	25.0000	EQ. 25.0000	Costo unitario directo por : und		1.75	
Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
Mano de Obra						
CAPATAZ		hh	0.0190	0.0061	15.44	0.09
PEON		hh	0.5000	0.1600	9.85	1.58
						1.67
Equipos						
HERRAMIENTAS MANUALES		%MO		5.0000	1.67	0.08
						0.08

01.01.17		LIMPIEZA DE GUARAVIAS				
m/DIA	120.0000	EQ. 120.0000	Costo unitario directo por : m		2.17	
Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
Mano de Obra						
CAPATAZ		hh	0.0900	0.0060	15.44	0.09
PEON		hh	3.0000	0.2000	9.85	1.97
						2.06
Equipos						
HERRAMIENTAS MANUALES		%MO		5.0000	2.06	0.10
						0.10

01.01.18		REPOSICION DE SEÑAL INFORMATIVA				
und/DIA	5.0000	EQ. 5.0000	Costo unitario directo por : und		504.00	
Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.	
Mano de Obra						
CAPATAZ	hh	0.3008	0.4813	15.44	7.43	
OPERARIO	hh	7.5000	12.0000	12.23	146.76	
PEON	hh	4.0000	6.4000	9.85	63.04	
					217.23	
Materiales						
PERNOS 5/16"x3" C/T Y A.	jgo		2.2297	1.03	2.30	
SOLDADURA CELLOCORD E6011x5/32"	kg		0.2000	10.17	2.03	
FIBRA DE VIDRIO DE 4MM ACABADO	m2		1.0200	102.29	104.34	
LAMINA REFLECTANTE A. I. BLANCA	p2		4.4930	15.47	69.51	
LAMINA REFLECTANTE A. I. VERDE	p2		4.4930	15.47	69.51	
TE FIERRO 1 1/2" X 1 1/2" X 3/16"	m2		1.4632	12.20	17.85	
THINER	gln		0.0072	21.14	0.15	
ESMALTE SINTETICO GRIS	gln		0.0900	31.40	2.83	
PINTURA IMPRIMANTE	gln		0.0450	16.30	0.73	
					269.24	
Equipos						
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.0000	217.23	10.86	
EQUIPO DE SOLDAR	hm	0.5000	0.6667	10.00	6.67	
					17.53	
01.01.19		REPOSICION DE SEÑAL PREVENTIVA				
und/DIA	30.0000	EQ. 30.0000	Costo unitario directo por : und		265.08	
Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.	
Mano de Obra						
CAPATAZ	hh	0.6400	0.1707	15.44	2.64	
OPERARIO	hh	6.0000	1.6000	12.23	19.57	
					22.20	
Materiales						
PERNOS 5/16"x6" CON TUERCA Y ARANDELA	jgo		2.0000	1.25	2.50	
SOLDADURA CELLOCORD E6011x5/32"	kg		0.0500	10.17	0.51	
FIBRA DE VIDRIO DE 4MM ACABADO	m2		0.7665	98.65	75.62	
LAMINA REFLECTANTE A. I. AMARILLA	p2		4.5230	15.47	69.97	
PLATINA DE FIERRO 1/8"x2"	m2		2.2100	2.90	6.41	
THINER	gln		0.0200	21.14	0.42	
ESMALTE SINTETICO GRIS	gln		0.0300	31.40	0.94	
TINTA SERIGRAFICA NEGRA	gln		0.0155	1,126.35	17.46	
PINTURA IMPRIMANTE	gln		0.0150	16.30	0.24	
					174.07	
Equipos						
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.0000	22.20	1.11	
EQUIPO DE SOLDAR	hm	0.5000	0.1333	10.00	1.33	
					2.44	
Insumosm Partidas						
POSTES DE FIJACION	und		1.0000	89.85	0.90	
COLOCACION DE SEÑAL (INC.CIMENTACION)	und		1.0000	65.46	65.46	
					66.36	
01.01.20		REPOSICION DE SEÑAL REGLAMENTARIA				
und/DIA	15.0000	EQ. 15.0000	Costo unitario directo por : und		408.80	
Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.	
Mano de Obra						
CAPATAZ	hh	1.0500	0.5600	15.44	8.65	
OPERARIO	hh	11.0000	5.8667	12.23	71.75	
					80.40	

Materiales				
PERNOS 5/16" X 3" C/T.Y A.	jgo	2.0000	1.03	2.06
FIBRA DE VIDRIO DE 4MM ACABADO	m2	0.1850	98.65	18.25
LAMINA REFLECTANTE A. I. BLANCA	p2	10.6430	15.47	164.65
PLATINA DE FIERRO 1/8"X2"	m2	1.7050	2.90	4.94
THINER	gln	0.0143	21.14	0.30
ESMALTE SINTETICO GRIS	gln	0.0356	31.40	1.12
TINTA SERIGRAFICA ROJA	gln	0.0295	1,126.35	33.23
TINTA SERIGRAFICA NEGRA	gln	0.0295	1,126.35	33.23
PINTURA IMPRIMANTE	gln	0.0150	16.30	0.24
				258.02

Equipos				
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO	5.0000	80.40	4.02
				4.02

Insumosm Partidas				
POSTES DE FIJACION	und	1.0000	89.85	0.90
COLOCACION DE SEÑAL (INC.CIMENTACION)	und	1.0000	65.46	65.46
				66.36

01.01.21 REPOSICION DE HITOS KILOMETRICOS

und/DIA	10.0000	EQ. 10.0000	Costo unitario directo por : und	39.41
---------	---------	-------------	----------------------------------	--------------

Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
Insumosm Partidas					
CONCRETO SIMPLE f'c=175 km/cm2	m3		0.0380	283.98	10.79
ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	m2		0.0800	42.51	3.40
EXCAVACION MANUAL	m3		0.0380	21.35	0.81
CONCRETO f'c=140 kg/cm2	m3		0.0123	247.56	3.04
ACERO DE REFUERZO Fy=4200 kg/cm2	kg		3.0200	3.82	11.54
PINTADOS DE POSTES KILOMETRICOS	und		1.0000	9.83	9.83
					39.41

01.01.22 REPOSICION DE GUARDAVIAS

und/DIA	12.0000	EQ. 12.0000	Costo unitario directo por : und	164.81
---------	---------	-------------	----------------------------------	---------------

Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
Mano de Obra					
CAPATAZ	hh	0.5110	0.3407	15.44	5.26
OPERARIO	hh	2.0000	1.3333	12.23	16.31
PEON	hh	2.0000	1.3333	9.85	13.13
					34.70

Materiales					
CAPTAFORO DE GUARDAVIA	und		0.3400	15.46	5.26
GUARDAVIAS	m		1.0000	37.07	37.07
PINTURA ESMALTE	gln		0.0300	29.75	0.89
PINTURA ESMALTE ANTICORROSIVA	gln		0.0300	29.75	0.89
DISOLVENTE XILOL	gln		0.0130	33.80	0.44
POSTE PARA GUARDAVIA 2.5*X6*X1.80m	und		0.3400	185.00	62.90
TERMINAL DE GUARDAVIA	pza		0.0470	130.54	6.14
PERNOS PARA SUJECION DE GUARDAVIA	jgo		0.5700	13.11	7.47
					121.06

Equipos					
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.0000	34.70	1.73
					1.73

Subpartidas					
CONCRETO SIMPLE F'C=140 KG/CM2	m3		0.0255	247.56	6.31
EXCAVACION MANUAL	m3		0.0255	20.23	0.52
TRANSP.MAT/BOTADERO	m3		0.0292	12.56	0.37
CONFORMACION DE MATERIAL EXCEDENTE	m3		0.0255	4.56	0.12
					7.31

01.01.23		MARCAS DEL PAVIMENTO				
m2/DIA	600.0000	EQ. 600.0000	Costo unitario directo por : m2		10.10	
Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.	
Mano de Obra						
CAPATAZ	hh	0.3000	0.0040	15.44	0.06	
OPERARIO	hh	1.0000	0.0133	12.23	0.16	
OFICIAL	hh	2.0000	0.0267	10.89	0.29	
PEON	hh	6.0000	0.0800	9.85	0.79	
					1.30	
Materiales						
MICROESFERAS DE VIDRIO	kg		0.3500	3.85	1.35	
DISOLVENTE XILOL	gln		0.0060	20.86	0.13	
PINTURA DE TRAFICO	gln		0.1100	38.89	4.28	
					5.75	
Equipos						
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.0000	1.30	0.07	
CAMION BARANDA 3 TON.	hm	1.0000	0.0133	70.41	0.94	
MAQUINA PARA PINTAR MARCAS EN PAVIMENTO	hm	1.0000	0.0133	153.40	2.05	
					3.05	

Partida		02.03 SLURRY SEAL CON POLIMEROS SBR				
Rendimiento	m2/DIA	MO. 1.0000	EQ. 1.0000	Costo unitario directo por : m2		7.98
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
Materiales						
0213000024	EMULSION ASFALTICA MODIFICADA CON POLIMERO SBR	gal		0.2710	9.25	2.51
0298010183	SELLO POLIMERO SBR	m2		1.1500	2.76	3.17
						5.68
Subpartidas						
90970107010:	TRANSPORTE DE GRAVILLA HASTA 1 KM	m3		0.3950	4.42	1.75
90970107011:	TRANSPORTE DE GRAVILLA DESPUES DE 1 KM	m3		0.3950	1.40	0.55
						2.30

Partida		(909701070109-0403003-01) TRANSPORTE DE GRAVILLA HASTA 1 KM				
Rendimiento	m3/DIA	MO.510.00	EQ.510.00	Costo unitario directo por : m3		4.42
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
Equipos						
0348040036	CAMION VOLQUETE 15 M3	hm	1.0000	0.0157	209.45	3.29
0349040011	CARGADOR SOBRE LLANTAS 160-195 HP 3.5 yd3	hm	0.4500	0.0071	159.90	1.14
						4.42

Partida		(909701070110-0403003-01) TRANSPORTE DE GRAVILLA DESPUES DE 1 KM				
Rendimiento	m3/DIA	MO.1,650.00	EQ.1,650.00	Costo unitario directo por : m3		1.40
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
Equipos						
0348040036	CAMION VOLQUETE 15 M3	hm	1.0000	0.0043	209.45	0.90
0349040011	CARGADOR SOBRE LLANTAS 160-195 HP 3.5 yd3	hm	0.6500	0.0031	159.90	0.50
						1.40

Partida 2.01 MICROPAVIMENTO e=2 cm

Rendimiento		MO. 150.0000		EQ. 150.0000		Costo unitario directo por : m2	14.21
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.	
Materiales							
0213000024	EMULSION ASFALTICA MODIFICADA CON POLIMERO SBR	gal		0.2200	9.25	2.04	
0213000025	ADITIVO PARA ASFALTO	kg		0.0090	15.65	0.14	
0213000026	CEMENTO ASFALTICO MODIFICADO	kg		2.3700	2.69	6.38	
						8.55	
Subpartidas							
90970103140:	RIEGO DE LIGA	m2		1.0000	1.60	1.60	
90970103140:	MICROPAVIMENTO	m3		0.0200	144.82	2.90	
90970103140	FILLER	kg		0.8700	0.56	0.49	
90970107010	TRANSPORTE DE MEZCLA ASFALTICA HASTA 1 Km	m3 x Km		0.0200	8.60	0.17	
90970107010:	TRANSPORTE DE MEZCLA ASFALTICA DESPUES DE 1 Km	m3 x Km		0.4800	1.05	0.50	
						5.66	

Partida (909701031405-0403003-01) RIEGO DE LIGA

Rendimiento		MO.4,000.00 EQ.4,000.00		Costo unitario directo por : m2		1.60	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.	
Mano de Obra							
0147010001	CAPATAZ	hh	1.0000	0.0020	15.44	0.03	
0147010003	OFICIAL	hh	1.0000	0.0020	10.89	0.02	
0147010004	PEON	hh	6.0000	0.0120	9.85	0.12	
						0.17	
Materiales							
0213000023	ASFALTO DILUIDO TIPO MC-30	gal		0.1200	8.22	0.99	
						0.99	
Equipos							
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.0000	0.17	0.01	
0349010002	COMPRESORA NEUMATICA 250-330 PCM, 87 HP	hm	1.0000	0.0020	56.90	0.11	
0349080092	TRACTOR DE TIRO DE 80 HP	hm	1.0000	0.0020	52.20	0.10	
0349310003	CAMION IMPRIMADOR DE 1800 gl	hm	1.0000	0.0020	108.66	0.22	
						0.44	

Partida (909701031406-0403003-01) MICROPAVIMENTO

Rendimiento		MO.180.00 EQ.180.00		Costo unitario directo por : m3		144.82	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.	
Mano de Obra							
0147010001	CAPATAZ	hh	0.8000	0.0355	15.44	0.55	
0147010003	OFICIAL	hh	2.0000	0.0888	10.89	0.97	
0147010004	PEON	hh	8.0000	0.3555	9.85	3.50	
						5.02	
Equipos							
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	7.23	0.22	
0349030007	RODILLO LISO VIBRATORIO AUTOPROPULSADO 101-135HP 10-12 ton	hm	1.0000	0.0444	83.70	3.72	
0349030043	RODILLO TANDEM ESTATICO AUTOPROPULSADO 58-70HP 8-10 ton	hm	1.0000	0.0444	42.10	1.87	
0349250003	PAVIMENTADORA SOBRE ORUGA 69 HP	hm	1.0000	0.0444	87.30	3.88	
						9.68	
Subpartidas							
909701031223	PIEDRA PARA MICROPAVIMENTO	m3		1.0000	21.01	21.01	
909701031224	ARENA PARA MICROPAVIMENTO	m3		1.0000	26.08	26.08	
909701031408	PREPARACION DE MICROPAVIMENTO (NO INC. INSUMOS)	m3		1.1500	72.21	83.04	
						130.13	

Partida		(909701031223-0403003-01) PIEDRA PARA MICROPAVIMENTO				
Rendimiento	m3/DIA	MO.1.00	EQ.1.00	Costo unitario directo por : m3	21.01	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
Subpartidas						
909701031360	CARGUIO A VOLQUETE	m3		0.5679	1.46	0.83
909701031361	EXTRACCION CON EQUIPO DE CANTERA	m3		0.4938	3.12	1.54
909701031362	CHANCADO DE AGREGADOS (PIEDRA PARA MICROPAVIMENTO)	m3		0.5679	30.84	17.51
909701043154	TRANSPORTE INTERNO (D=0.200 Km)	m3		0.5679	1.98	1.12
						21.01
Partida		(909701031224-0403003-01) ARENA PARA MICROPAVIMENTO				
Rendimiento	m3/DIA	MO.1.00	EQ.1.00	Costo unitario directo por : m3	26.08	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
Subpartidas						
909701031360	CARGUIO A VOLQUETE	m3		0.8519	1.46	1.24
909701031361	EXTRACCION CON EQUIPO DE CANTERA	m3		0.7407	3.12	2.31
909701031363	ZARANDEO DE AGREGADOS (ARENA)	m3		9.3407	9.80	3.34
909701031364	CHANCADO PARA AGREGADOS (ARENA PARA MICROPAVIMENTO)	m3		0.5111	34.24	17.50
909701043154	TRANSPORTE INTERNO (D=0.200 Km)	m3		0.8519	1.98	1.69
						26.08
Partida		(909701031408-0403003-01) PREPARACION DE MICROPAVIMENTO (NO INC. INSUMOS)				
Rendimiento	m3/DIA	MO.170.00	EQ.170.00	Costo unitario directo por : m3	72.21	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
Mano de Obra						
0147010001	CAPATAZ	hh	0.2000	0.0091	15.44	0.14
0147010002	OPERARIO	hh	2.0000	0.0940	12.23	1.15
0147010003	OFICIAL	hh	1.0000	0.0470	10.89	0.51
0147010004	PEON	hh	1.0000	0.0470	9.85	0.46
						2.26
Materiales						
0253000003	PETROLEO	gal		3.0000	9.34	28.02
0266060002	LUBRICANTES, FILTROS Y GRASAS	kg		0.0400	7.19	0.29
0298010182	BUNKER	gal		5.0000	5.78	28.90
						57.21
Equipos						
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.0000	2.26	0.11
0349040008	CARGADOR SOBRE LLANTAS 100-115 HP 2-2.25 yd3	hm	1.0000	0.0470	93.30	4.39
0349050032	PLANTA DE ASFALTO EN FRIJO 60 - 115 TON H	hm	1.0000	0.0470	77.93	3.66
0349150005	GRUPO ELECTROGENO 230 HP 150 KW	hm	1.0000	0.0470	32.30	1.52
0349250004	EQUIPO MEZCLADOR CALENTADOR CEMENTO MODIFICADO	hm	1.0000	0.0470	65.00	3.06
						12.73
Partida		(909701031407-0403003-01) FILLER				
Rendimiento	kg/DIA	MO.1.00	EQ.1.00	Costo unitario directo por : kg	0.56	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
Materiales						
0229030099	CAL HIDRATADA	kg		1.0000	0.56	0.56
						0.56

Partida (909701070107-0403003-01) TRANSPORTE DE MEZCLA ASFALTICA HASTA 1 Km							
Rendimiento	m3 x Km/DIA		MO.200.00	EQ.200.00	Costo unitario directo por : m3 x Km		8.60
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
		Mano de Obra					
0147010003	OFICIAL		hh	0.5000	0.0200	10.89	0.22
							0.22
		Equipos					
0348040036	CAMION VOLQUETE 15 M3		hm	1.0000	0.0400	209.45	8.38
							8.38
Partida (909701070108-0403003-01) TRANSPORTE DE MEZCLA ASFALTICA DESPUES DE 1 Km							
Rendimiento	m3 x Km/DIA		MO.1,596.00	EQ.1,596.00	Costo unitario directo por : m3 x Km		1.05
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
		Equipos					
0348040036	CAMION VOLQUETE 15 M3		hm	1.0000	0.0050	209.45	1.05
							1.05

ANEXO B

METODOLOGIA PARA LA DETERMINACION DE LA RUGOSIDAD DE LOS PAVIMENTOS CON EQUIPO DE BAJO COSTO Y GRAN PRECISION¹

Por

Ing. Pablo del Aguila Rodríguez²

RESUMEN

Este trabajo presenta una metodología basada en los conceptos publicados por el Laboratorio Británico de Investigación de Transportes y Caminos (TRRL) en 1990, sobre el rugosímetro denominado MERLIN, y en los resultados obtenidos durante 5 años de empleo intensivo del equipo en diferentes tipos de pavimentos.

El rugosímetro MERLIN se introdujo en el Perú en el año 1993, tres años después que fuera dado a conocer por el TRRL. Si bien la metodología original para el cálculo de la rugosidad, comprende un método de medición simple y un procedimiento sencillo de cálculo gráfico, no permite de por sí obtener un buen rendimiento con el equipo, aspecto relevante identificado desde un principio. Entre 1993 y 1998, el MERLIN fue empleado para la evaluación de la rugosidad de más de 3,000 km de carreteras en el Perú, experiencia que sirvió para establecer las bases de una metodología propia.

La metodología propuesta comprende fundamentalmente un nuevo método para los ensayos de campo, que permite quintuplicar el rendimiento del equipo al mismo costo, y un procedimiento de cálculo mecanizado, que incluye una nueva ecuación de correlación para el caso de pavimentos asfálticos recién construidos. El sistema se complementa con criterios para la calificación de los resultados, desarrollados para la realidad peruana.

La metodología expuesta es utilizada oficialmente en el Perú para la evaluación de la rugosidad de todo tipo de pavimentos, siendo aplicada al estudio de pavimentos para su rehabilitación, para el control de calidad de pavimentos recién construidos, y como parte de programas de mantenimiento vial.

1. INTRODUCCION

El Laboratorio Británico de Investigación de Transportes y Caminos (TRRL) desarrolló el rugosímetro MERLIN (acrónimo de la terminología inglesa Machine for Evaluating Roughness using low-cost Instrumentation), basándose en el principio del perfilómetro estático, con el objetivo de obtener un equipo de bajo costo, fácil manejo y un método de análisis simple con resultados confiables (1)(2)(3).

A pesar de la gran exactitud de los resultados que proporciona el MERLIN, sólo superada por la exactitud que proporciona el método topográfico, la desventaja del equipo es su bajo rendimiento si se compara con los rugosímetros dinámicos automatizados, tales como: el Bump Integrator, Mays Meter, Perfilómetro Laser, etc. La gran cantidad de tiempo consumido en la toma de datos y cálculo del IRI, utilizando el método gráfico original establecido por el TRRL, se hace más notoria cuando se trata de evaluar la rugosidad de vías de gran longitud (100 km o más) y se dispone de muy poco tiempo para ello.

¹ Ponencia presentada al X Congreso Ibero Latinoamericano del Asfalto, Sevilla, España, 1999.

² Ingeniero de Suelos y Pavimentos. Consultor Independiente.

Metodología para la determinación de la rugosidad de los pavimentos con equipo de bajo costo y gran precisión

Ing. Pablo del Aguila

Debido a que en los países latinoamericanos la oportunidad de empleo de los rugosímetros aún sigue siendo esporádica, lo que no justifica muchas veces la manutención de vehículos ad hoc destinados a la operación de equipos dinámicos y los costos de calibración relativamente altos, o a que las redes a ser evaluadas no son de gran extensión, el MERLIN constituye una buena alternativa, siempre y cuando sea resuelto el problema del bajo rendimiento (uso de métodos adecuados para medición y cálculo), mas aún cuando los resultados que proporciona son más exactos que los de cualquier equipo automatizado.

En dicho contexto las tareas principales, para establecer una metodología que permita una mayor eficiencia, han sido las de estudiar las fuentes que inciden en el bajo rendimiento del equipo y desarrollar métodos que permitan procesos automatizados, complementándose esto con la inclusión de criterios de análisis y especificaciones técnicas para la calificación de los resultados, lo que ha sido posible por la experiencia ganada entre 1993 y 1998, luego de la evaluación de más de 3,000 km de pavimentos, en mas de 100 proyectos de carreteras, en el Perú (4).

2. METODOLOGIA PARA LA DETERMINACION DE LA RUGOSIDAD

2.1 Fundamentos Teóricos

La determinación de la rugosidad de un pavimento se basa en el concepto de usar la distribución de las desviaciones de la superficie respecto de una cuerda promedio. La Figura N° 1 ilustra como el MERLIN mide el desplazamiento vertical entre la superficie del camino y el punto medio de una línea imaginaria de longitud constante. El desplazamiento es conocido como "la desviación respecto a la cuerda promedio".

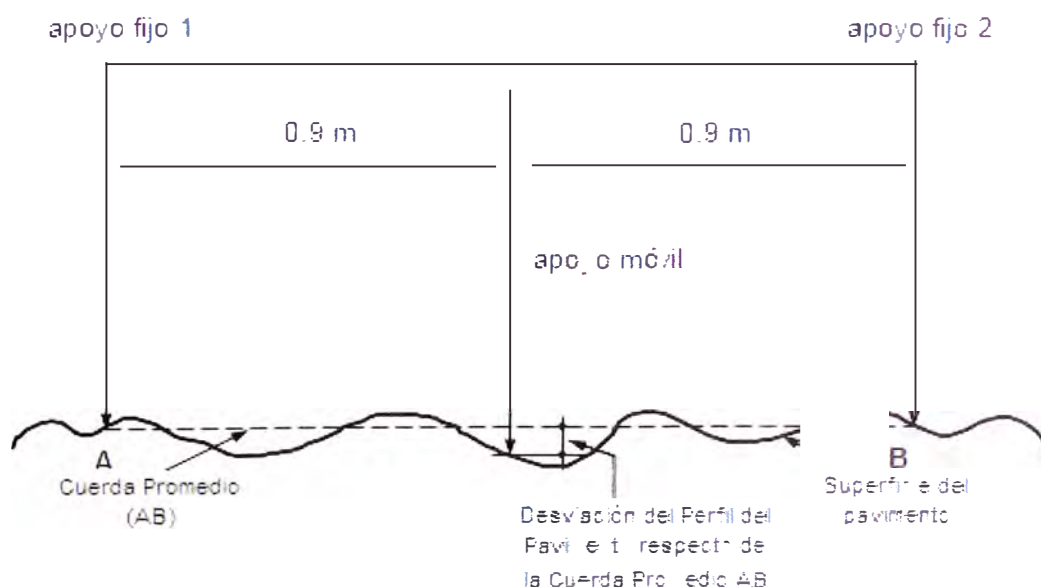


Figura N° 1
Medición de las desviaciones de la superficie del pavimento respecto de la cuerda promedio

La longitud de la cuerda promedio es 1.80m, por ser la distancia que proporciona los mejores resultados en las correlaciones. Asimismo, se ha definido que es necesario

Metodología para la determinación de la rugosidad de los pavimentos con equipo de bajo costo y gran precisión

Ing. Pablo del Aguila

medir 200 desviaciones respecto de la cuerda promedio, en forma consecutiva a lo largo de la vía y considerar un intervalo constante entre cada medición. Para dichas condiciones se tiene que, a mayor rugosidad de la superficie mayor es la variabilidad de los desplazamientos. Si se define el histograma de la distribución de frecuencias de las 200 mediciones, es posible medir la dispersión de las desviaciones y correlacionarla con la escala estándar de la rugosidad (Ver Figura N°2). El parámetro estadístico que establece la magnitud de la dispersión es el Rango de la muestra (D), determinado luego de efectuar una depuración del 10% de observaciones (10 datos en cada cola del histograma). El valor D es la rugosidad del pavimento en "unidades MERLIN".

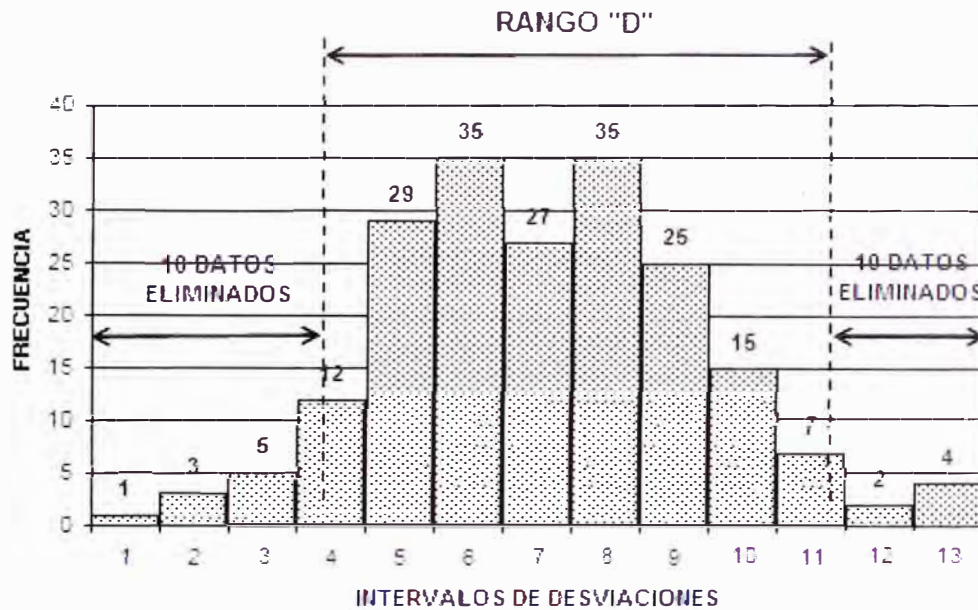


Figura N° 2
Histograma de la distribución de frecuencias de una muestra de 200 desviaciones medidas en forma consecutiva

El concepto de usar la dispersión de las desviaciones de la superficie respecto de una cuerda promedio, como una forma para evaluar la rugosidad de un pavimento no es nuevo ni original del TRRL. Varios parámetros de rugosidad precedentes, tal como el conocido Quarter-car Index (QI), han sido propuestos por otros investigadores basándose en el mismo concepto, los que son analizados en la referencia (5).

2.2 Correlaciones D versus IRI

Para relacionar la rugosidad determinada con el MERLIN con el Índice de Rugosidad Internacional (IRI), que es el parámetro utilizado para uniformizar los resultados provenientes de la gran diversidad de equipos que existen en la actualidad, se utilizan las siguientes expresiones:

- a. Cuando $2.4 < IRI < 15.9$, entonces $IRI = 0.593 + 0.0471 D$ (1)
- b. Cuando $IRI < 2.4$, entonces $IRI = 0.0485 D$ (2)

La expresión 1 es la ecuación original establecida por el TRRL mediante simulaciones computarizadas, utilizando una base de datos proveniente del Ensayo Internacional

Metodología para la determinación de la rugosidad de los pavimentos con equipo de bajo costo y gran precisión

Ing. Pablo del Aguila

sobre Rugosidad realizado en Brasil en 1982(5). La ecuación de correlación establecida es empleada para la evaluación de pavimentos en servicio, con superficie de rodadura asfáltica, granular o de tierra, siempre y cuando su rugosidad se encuentre comprendida en el intervalo indicado.

La expresión 2 es la ecuación de correlación establecida de acuerdo a la experiencia peruana y luego de comprobarse, después de ser evaluados mas de 3,000 km de pavimentos, que la ecuación original del TRRL no era aplicable para el caso de pavimentos asfálticos nuevos o poco deformados. Se desarrolló entonces, siguiendo la misma metodología que la utilizada por el laboratorio británico, una ecuación que se emplea para el control de calidad de pavimentos recién construidos (6).

Existen otras expresiones que han sido estudiadas para el caso de superficies que presentan cierto patrón de deformación que incide, de una manera particular, en las medidas que proporciona en MERLIN. M.A. Cundill del TRRL (7) estableció en 1996, para el caso de superficies con macadam de penetración de extendido manual, la siguiente expresión:

$$IRI= 1.913+0.0490 D \quad (3)$$

2.3 Método de Medición

2.3.1 El rugosímetro MERLIN

El rugosímetro MERLIN, es un instrumento versátil, sencillo y económico, pensado especialmente para uso en países en vías de desarrollo. Fue introducido en el Perú por iniciativa personal del autor en 1993 (8) , existiendo en la fecha (Junio 1999) mas de 15 unidades pertenecientes a otras tantas empresas constructoras y consultoras.

De acuerdo con la clasificación del Banco Mundial (9) los métodos para la medición de la rugosidad se agrupan en 4 clases, siendo los de Clase 1 los más exactos (Mira y Nivel, TRRL Beam, perfilómetros estáticos). La Clase 2 agrupa a los métodos que utilizan los perfilómetros estáticos y dinámicos, pero que no cumplen con los niveles de exactitud que son exigidos para la Clase 1. Los métodos Clase 3 utilizan ecuaciones de correlación para derivar sus resultados a la escala del IRI (Bump integrator, Mays meter). Los métodos Clase 4 permiten obtener resultados meramente referenciales y se emplean cuando se requieren únicamente estimaciones gruesas de la rugosidad.

El método de medición que utiliza el MERLIN, por haber sido diseñado este equipo como una variación de un perfilómetro estático y debido a la gran exactitud de sus resultados, califica como un método Clase 1. La correlación de los resultados obtenidos con el MERLIN, con la escala del IRI, tiene un coeficiente de determinación prácticamente igual a la unidad ($R^2=0.98$). Por su gran exactitud, sólo superado por el método topográfico (mira y nivel), algunos fabricantes de equipos tipo respuesta (Bump Integrator, Mays Meter, etc.) lo recomiendan para la calibración de sus rugosímetros.

El MERLIN es un equipo de diseño simple. La Figura N° 3 presenta un esquema ilustrativo del instrumento. Consta de un marco formado por dos elementos verticales y uno horizontal. Para facilidad de desplazamiento y operación el elemento vertical delantero es una rueda, mientras que el trasero tiene adosados lateralmente dos soportes inclinados, uno en el lado derecho para fijar el equipo sobre el suelo durante los ensayos y otro en el lado izquierdo para descansar el equipo. El elemento horizontal se proyecta, hacia la parte trasera, con 2 manijas que permiten levantar y

Metodología para la determinación de la rugosidad de los pavimentos con equipo de bajo costo y gran precisión

Ing. Pablo del Aguila

movilizar el equipo, haciéndolo rodar sobre la rueda en forma similar a una carretilla.

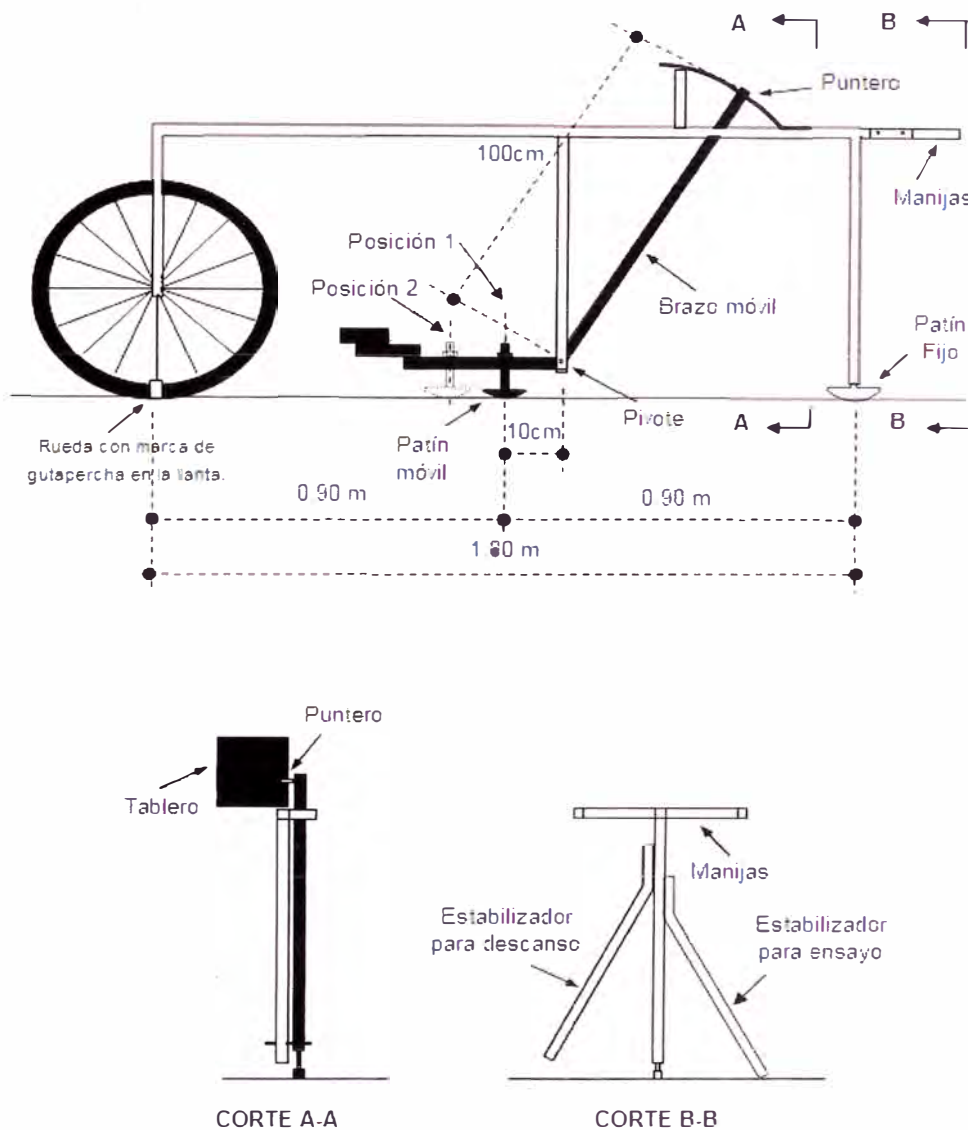


Figura N° 3
Esquema del Rugosímetro MERLIN

Aproximadamente en la parte central del elemento horizontal, se proyecta hacia abajo una barra vertical que no llega al piso, en cuyo extremo inferior pivotea un brazo móvil. El extremo inferior del brazo móvil está en contacto directo con el piso, mediante un patín empernado y ajustable, el cuál se adecua a las imperfecciones del terreno, mientras que el extremo superior termina en un puntero o indicador que se desliza sobre el borde de un tablero, de acuerdo a la posición que adopta el extremo inferior del patín móvil al entrar en contacto con el pavimento.

La relación de brazos entre los segmentos extremo inferior del patín móvil-pivote y pivote-puntero es 1 a 10, de manera tal que un movimiento vertical de 1 mm, en el

Metodología para la determinación de la rugosidad de los pavimentos con equipo de bajo costo y gran precisión

Ing. Pablo del Aguila

extremo inferior del patín móvil, produce un desplazamiento de 1 cm del puntero. Para registrar los movimientos del puntero, se utiliza una escala gráfica con 50 divisiones, de 5 mm de espesor cada una, que va adherida en el borde del tablero sobre el cuál se desliza el puntero (Ver Figura N° 4).

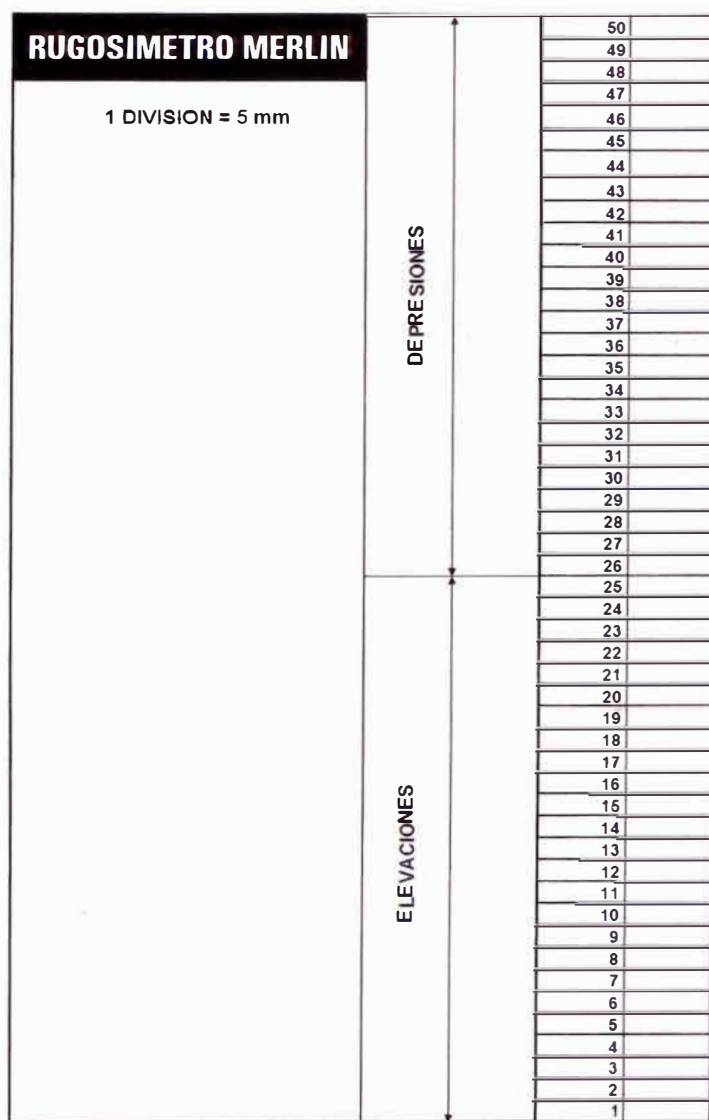


Figura N° 4

Escala para determinar la dispersión de las desviaciones de la superficie de pavimento respecto del nivel de referencia o cuerda promedio (mid-cord deviations)

2.3.2 Ejecución de ensayos

Para la ejecución de los ensayos se requiere de dos personas que trabajan conjuntamente, un operador que conduce el equipo y realiza las lecturas y un auxiliar que las anota. Asimismo, debe seleccionarse un trecho de aproximadamente 400 m de longitud, sobre un determinado carril de una vía. Las mediciones se efectúan siguiendo la huella exterior del tráfico.

Metodología para la determinación de la rugosidad de los pavimentos con equipo de bajo costo y gran precisión

Ing. Pablo del Aguila

Para determinar un valor de rugosidad se deben efectuar 200 observaciones de las "irregularidades que presenta el pavimento" (desviaciones relativas a la cuerda promedio), cada una de las cuáles son detectadas por el patín móvil del MERLIN, y que a su vez son indicadas por la posición que adopta el puntero sobre la escala graduada del tablero, generándose de esa manera las lecturas. Las observaciones deben realizarse estacionando el equipo a intervalos regulares, generalmente cada 2m de distancia; en la práctica esto se resuelve tomando como referencia la circunferencia de la rueda del MERLIN, que es aproximadamente esa dimensión, es decir, cada ensayo se realiza al cabo de una vuelta de la rueda.

En cada observación el instrumento debe descansar sobre el camino apoyado en tres puntos fijos e invariables: la rueda, el apoyo fijo trasero y el estabilizador para ensayo (Figura N° 3, Corte B-B). La posición que adopta el puntero corresponderá a una lectura entre 1 y 50, la que se anotará en un formato de campo, tal como el mostrado en el Figura N° 5. El formato consta de una cuadrícula compuesta por 20 filas y 10 columnas; empezando por el casillero (1,1), los datos se llenan de arriba hacia abajo y de izquierda a derecha.

El proceso de medición es continuo y se realiza a una velocidad promedio de 2 km/h. La prueba empieza estacionando el equipo al inicio del trecho de ensayo, el operador espera que el puntero se estabilice y observa la posición que adopta respecto de la escala colocada sobre el tablero, realizando así la lectura que es anotada por el auxiliar. Paso seguido, el operador toma el instrumento por las manijas, elevándolo y desplazándolo la distancia constante seleccionada para usarse entre un ensayo y otro (una vuelta de la rueda). En la nueva ubicación se repite la operación explicada y así sucesivamente hasta completar las 200 lecturas. El espaciado entre los ensayos no es un factor crítico, pero es recomendable que las lecturas se realicen siempre estacionando la rueda en una misma posición, para lo cual se pone una señal o marca llamativa sobre la llanta (con gutapercha fosforescente, por ejemplo), la que debe quedar siempre en contacto con el piso. Ello facilita la labor del operador quién, una vez hecha la lectura, levanta el equipo y controla que la llanta gire una vuelta haciendo coincidir nuevamente la marca sobre el piso.

2.4 Método para el cálculo de la rugosidad

2.4.1 Cálculo del Rango "D"

Como se ha explicado, para la generación de los 200 datos que se requieren para determinar un valor de rugosidad, se emplea una escala arbitraria de 50 unidades colocada sobre el tablero del rugosímetro, la que sirve para registrar las doscientas posiciones que adopta el puntero del brazo móvil. La división N° 25 debe ser tal que corresponda a la posición central del puntero sobre el tablero cuando el perfil del terreno coincide con la línea o cuerda promedio. En la medida que las diversas posiciones que adopte el puntero coincidan con la división 25 o con alguna cercana (dispersión baja), el ensayo demostrará que el pavimento tiene un perfil igual o cercano a una línea recta (baja rugosidad). Por el contrario, si el puntero adopta repetitivamente posiciones alejadas a la división N°25 (dispersión alta), se demostrará que el pavimento tiene un perfil con múltiples inflexiones (rugosidad elevada).

Metodología para la determinación de la rugosidad de los pavimentos con equipo de bajo costo y gran precisión

Ing. Pablo del Aguila

**ENSAYOS PARA MEDICION DE LA RUGOSIDAD CON MERLIN
(HOJA DE CAMPO)**

PROYECTO : _____ OPERADOR : _____
 SECTOR : _____ SUPERVISOR : _____
 TRAMO : _____ FECHA : _____
 CARRIL : _____

ENSAYO N° KM + HORA

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1											TIPO DE PAVIMENTO :
2											AFIRMADO <input type="checkbox"/>
3											BASE GRANULAR <input type="checkbox"/>
4											BASE IMPRIMADA <input type="checkbox"/>
5											TRAT. BICAPA <input type="checkbox"/>
6											CARPETA EN FRIO <input type="checkbox"/>
7											CARP. EN CALIENTE <input type="checkbox"/>
8											RECAPEO ASFALTICO <input type="checkbox"/>
9											SELLO <input type="checkbox"/>
10											OTROS <input type="checkbox"/>
11											
12											
13											
14											
15											
16											
17											
18											
19											
20											

OBSERVACIONES : _____

Figura N° 5
Formato para la recolección de datos de campo

La dispersión de los datos obtenidos con el MERLIN se analiza calculando la distribución de frecuencias de las lecturas o posiciones adoptadas por el puntero, la cuál puede expresarse, para fines didácticos, en forma de histograma (Figura N° 2). Posteriormente se establece el Rango de los valores agrupados en intervalos de frecuencia (D), luego de descartarse el 10% de datos que correspondan a posiciones del puntero poco representativas o erráticas. En la práctica se elimina 5% (10 datos) del extremo inferior del histograma y 5% (10 datos) del extremo superior.

Efectuado el descarte de datos, se calcula el “ancho del histograma” en unidades de la escala, considerando las fracciones que pudiesen resultar como consecuencia de la eliminación de los datos. En la Figura N° 2, por ejemplo, en el extremo inferior del histograma, se tiene que por efecto del descarte de los 10 datos se eliminan los intervalos 1, 2 y 3, y un dato de los doce que pertenecen al intervalo 4, en consecuencia resulta una unidad fraccionada igual a $11/12=0.92$. Caso similar sucede en el extremo superior del histograma, en donde resulta una unidad fraccionada igual a $3/7=0.43$. Se tiene en consecuencia un Rango igual a $0.92+6+0.43=7.35$ unidades.

El Rango D determinado se debe expresar en milímetros, para lo cuál se multiplica el número de unidades calculado por el valor que tiene cada unidad en milímetros ($7.35 \times 5\text{mm}=36.75\text{mm}$).

Metodología para la determinación de la rugosidad de los pavimentos con equipo de bajo costo y gran precisión*Ing. Pablo del Aguila***2.4.2 Factor de corrección para el ajuste de “D”**

Las ecuaciones 1 y 2 representan correlaciones entre el valor D y la rugosidad en unidades IRI, las cuales han sido desarrolladas para una condición de relación de brazos del rugosímetro de 1 a 10 (Ver Figura N° 5). Esta relación en la práctica suele variar, y depende del desgaste que experimenta el patín del brazo móvil del instrumento. En consecuencia, para corregir los resultados se verifica la relación de brazos actual del instrumento, y, se determina un factor de corrección que permita llevar los valores a condiciones estándar.

Para determinar el factor de corrección se hace uso de un disco circular de bronce de aproximadamente 5 cm de diámetro y 6 mm de espesor, y se procede de la siguiente manera:

1. Se determina el espesor de la pastilla, en milímetros, utilizando un calibrador que permita una aproximación al décimo de mm. El espesor se calculará como el valor promedio considerando 4 medidas diametralmente opuestas. Por ejemplo: el espesor medido es 6.2mm
2. Se coloca el rugosímetro sobre una superficie plana (un piso de terrazo, por ejemplo) y se efectúa la lectura que corresponde a la posición que adopta el puntero cuando el patín móvil se encuentra sobre el piso (por ejemplo, lectura=25). Se levanta el patín y se coloca la pastilla de calibración debajo de él, apoyándola sobre el piso. Esta acción hará que el puntero sobre el tablero se desplace, asumiendo una relación de brazos estándar de 1 a 10, una distancia igual al espesor de la pastilla multiplicado por 10 (es decir: $6.2 \times 10 = 62$ mm), lo que significa, considerando que cada casillero mide 5 mm, que el puntero se ubicará aproximadamente en el casillero 12, siempre y cuando la relación de brazos actual del equipo sea igual a la asumida. Si no sucede eso, se deberá encontrar un factor de corrección (F.C.) usando la siguiente expresión:

$$F.C. = (EP \times 10) / [(LI - LF) \times 5] \quad (4)$$

donde,

EP Espesor de la pastilla
LI Posición inicial del puntero
LF Posición final del puntero

Por ejemplo:

Si la posición inicial del puntero fue 25 y la final fue 10, entonces el Factor de Corrección será:

$$FC = (6.2 \times 10) / [(25-10) \times 5] = 0.82666$$

2.4.3 Variación de relación de brazos

Para facilidad del trabajo, el rugosímetro admite dos posiciones para el patín del brazo pivotante (Ver Figura N° 3):

- a. Una posición ubicada a 10 cm del punto de pivote, posición standard que se utiliza en el caso de pavimentos nuevos o superficies muy lisas (baja rugosidad). En ese caso la relación de brazos utilizada será 1 a 10.

Metodología para la determinación de la rugosidad de los pavimentos con equipo de bajo costo y gran precisión**Ing. Pablo del Aguila**

- b. Una posición ubicada a 20 cm del punto de pivote, posición alterna que se utiliza en el caso de pavimentos afirmados muy deformados o pavimentos muy deteriorados. En ese caso la relación de brazos será 1 a 5. De usar esta posición, el valor D determinado deberá multiplicarse por un factor de 2.

2.4.4 Cálculo del Rango “D” corregido

El valor D calculado en la sección 2.4.1, deberá modificarse considerando el Factor de Corrección (FC=0.82666) definido en la sección 2.4.2 y la Relación de Brazos empleada en los ensayos (RB=1). El valor D corregido será $36.75\text{mm} \times 0.82666 \times 1 = 30.38 \text{ mm}$. Este valor llevado a condiciones estándar es la rugosidad en “unidades MERLIN”.

2.4.5 Determinación de la rugosidad en la escala del IRI

Para transformar la rugosidad de unidades MERLIN a la escala del IRI, se usa las expresiones (1) y (2). Aplicando la expresión para el caso de $\text{IRI} < 2.5$, se obtiene finalmente, para el ejemplo seguido, una rugosidad igual a 1.47 m/km.

3. LIMITES DE LA RUGOSIDAD PARA EL CONTROL DE CALIDAD DE PAVIMENTOS

Para el caso de pavimentos asfálticos nuevos o rehabilitados, la rugosidad o regularidad superficial se deberá controlar calculando el parámetro denominado IRI Característico, el cuál es definido por la siguiente expresión:

$$\text{IRI}_c = \text{IRI}_p + 1.645 \sigma \quad (5)$$

donde,

IRI_c : IRI característico

IRI_p : IRI promedio

σ : Desviación Estándar

De acuerdo al factor de correlación empleado ($K=1.645$), se cumplirá que el 95% del pavimento experimentará una rugosidad igual o menor al IRI característico.

Calculado el IRI característico, el sector o tramo será aceptado si cumple con las siguientes condiciones:

- Para pavimentos asfálticos nuevos, el IRI_c deberá ser menor o igual a 2.0 m/km.
- Para pavimentos con recapado asfáltico, el IRI_c deberá ser menor o igual a 2.5 m/km
- Para pavimentos con sellado asfáltico, el IRI_c deberá ser menor o igual a 3.0 m/km.

En caso de no cumplirse con estos límites, el sector o tramo deberá subdividirse en secciones de rugosidad homogénea, y se calculará el IRI característico para cada una de ellas, los que deberán cumplir los límites indicados.

**Metodología para la determinación de la rugosidad
de los pavimentos con equipo de bajo costo y gran precisión**

Ing. Pablo del Aguila

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. CUNDILL, M.A. "MERLIN. A Low Cost Machine for Measuring Road Roughness in Developing Countries". Transportation Research Record 1291. Crowthorne, 1990.
2. CUNDILL, M.A. "The MERLIN Low-cost Road Roughness Measuring Machine". Transport and Road Research Laboratory, Department of Transport. TRRL Research Report 301. Crowthorne, 1991.
3. CUNDILL, M.A. "The MERLIN Road Roughness Machine: User Guide". Transport Research Laboratory, Overseas Development Administration. TRL Report 229. Crowthorne, 1996.
4. DEL AGUILA, P.M. "Estado del Arte sobre la Medición de la Rugosidad de Pavimentos en el Perú". Trabajo presentado al II Congreso Nacional del Asfalto. Lima, 1998
5. SAYERS, M. et al. "The International Road Roughness Experiment: establishing correlations and a calibration standard for measurements". Bank Technical Paper N° 45. Washington D.C., 1986.
6. DEL AGUILA, P.M. "Desarrollo de la Ecuación de Correlación para la determinación del IRI en pavimentos asfálticos nuevos, utilizando el rugosímetro MERLIN". Trabajo presentado al X Congreso Ibero-Latinoamericano. Sevilla, 1999.
7. CUNDILL, M.A. "The MERLIN Road Roughness Machine: Further Analysis of Performance". Transport Research Laboratory, Overseas Development Administration. TRL Project Report PR/ORC/107/96. Crowthorne, 1996.
8. DEL AGUILA, P.M. "Proyecto de Rehabilitación de la Carretera Central, Sector Huayre-Huánuco. Estudio de Evaluación de la Rugosidad". Informe técnico presentado a la Asociación EICA-HOB Ingenieros Consultores. Lima, Octubre 1993.
9. SAYERS, M.W. et al. "Guidelines for Conducting and Calibrating Road Roughness Measurements". World Bank Technical Paper N° 46. Washington D.C., 1986.

ANEXO C

INSTRUMENTACIÓN DESARROLLADA EN EL INSTITUTO DE INVESTIGACION DE LA FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL IIFIC - UNI

III. RUGOSIMETRO ELECTRONICO BUMP-INTEGRATOR

El Rugosímetro Electrónico Bump-Integrator Tipo UNI (**REBITU**), es un equipo diseñado para medir la rugosidad de pavimentos y esta 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 del asfalto, el equipo registra y acumula estos desplazamientos verticales. La velocidad del vehículo es de 40 Km/h y la toma de datos se realiza en tramos que pueden ser desde los 100 m hasta los 900 m.

3.1 Instrumentación

El Rugosímetro Bum-Integrator fue diseñado utilizando criterios electrónicos sofisticados y con componentes robustos, pensado para trabajar en ambientes hostiles (calor, lluvia, humedad, etc.). El software desarrollado presenta un interfaz para el usuario sencilla e intuitiva, todas estas características brindan las mayores facilidades en la manipulación y uso del equipo.

Las especificaciones del equipo se muestran a continuación:

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

Adicionalmente podemos resaltar las siguientes características:

Alimentación de 12 Voltios directa del encendedor eléctrico del vehículo.
Entrada para alimentación adicional para descarga de datos y pruebas con el equipo.

2 Bancos de memoria no volátil (24LC256), las cuales permiten almacenar datos de hasta 1600 Km.

Microcontrolador PIC16F877A.

Transductor (Encoder rotativo) de alta sensibilidad para medición del desplazamiento vertical.

Adquisición y almacenamiento de datos de forma automática.

Puerto de Comunicación para computadora.

Software para la descarga de datos almacenados en la memoria.

Pruebas de Rugosidad en la Universidad Nacional de Ingeniería

3.2 Introducción

El REBITU fue puesto a prueba tomando medidas dentro de las instalaciones de la Universidad Nacional de Ingeniería, en la vía que va desde la Puerta de Ingreso Nro. 3, pasa por el coliseo y termina en el Pabellón Q “Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica”.

El rugosímetro debe ser calibrado o comparado con la rugosidad obtenida por métodos patrón como el de Nivelación Topográfica. Se eligió secciones de calibración que presenten una condición de Bueno/Regular, y que puedan permitir la formula de correlación entre las mediciones del REBITU y el método patrón. De esta forma poder obtener el factor de correlación entre las medidas obtenidas por el REBITU y el IRI de la carretera.

3.3 Características de la Prueba

La prueba se hizo utilizando la camioneta la Facultad de Ingeniería Civil, el tramo de medida es de 400 metros, se marco puntos al inicio y final para poder iniciar y terminar la toma de datos, se hizo recorridos en ambos carriles y la velocidad promedio fue de 40 Km/h.

3.4 Conclusiones

Las medidas son mucho mas consistentes cuando la carretera no posee curvas, mientras más pronunciada y larga sea la curva, la medida será variable en el tramo que contenga dicha curva, esto por la dificultad de mantener la velocidad estable.

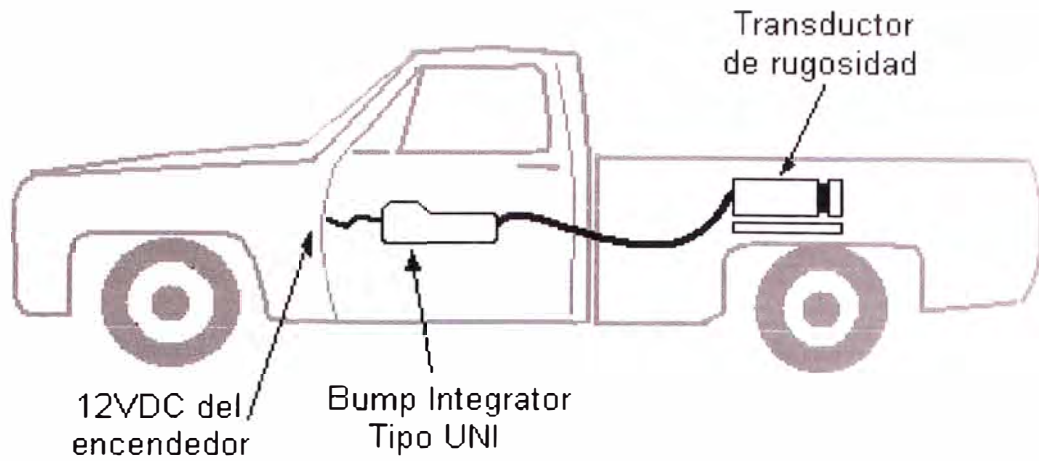


Figura 3.1 Modelo de conexión del Rugosímetro electrónico

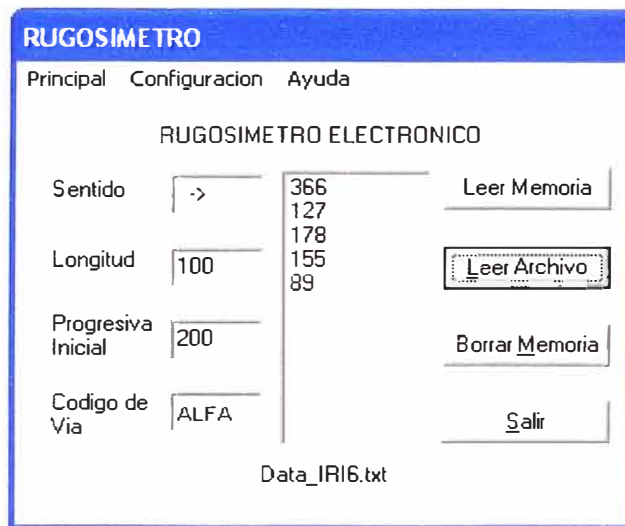


Figura 3.2 Software de Comunicación para el Rugosímetro Electrónico

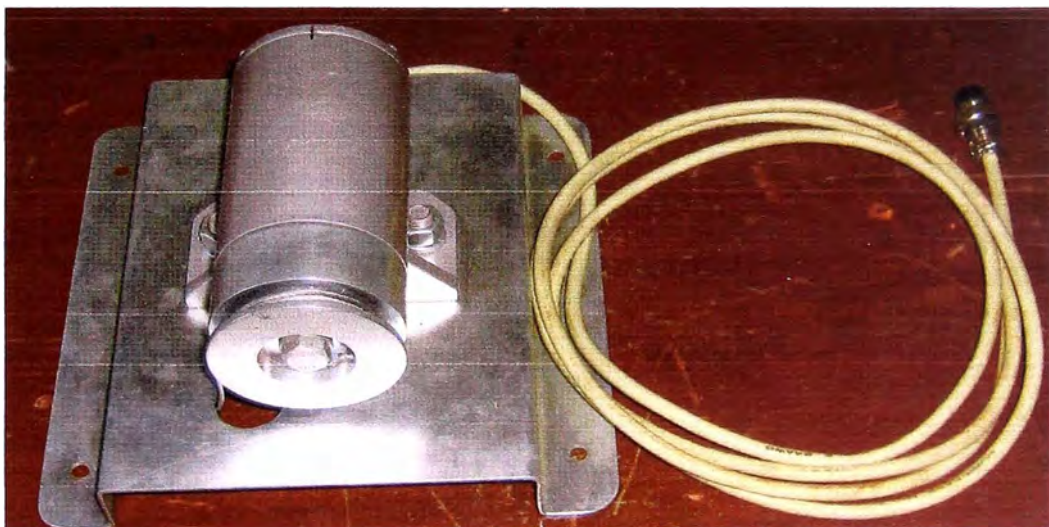


Figura 3.3 Unidad Bump Integrator



Figura 3.4 Unidad de adquisición de datos del Rugosimetro Bump Integrator

Tabla 5.1 Prueba del Rugosimetro en las instalaciones de la Universidad

Pasadas	Carril Derecho	Carril Izquierdo
1	908	935
2	815	833

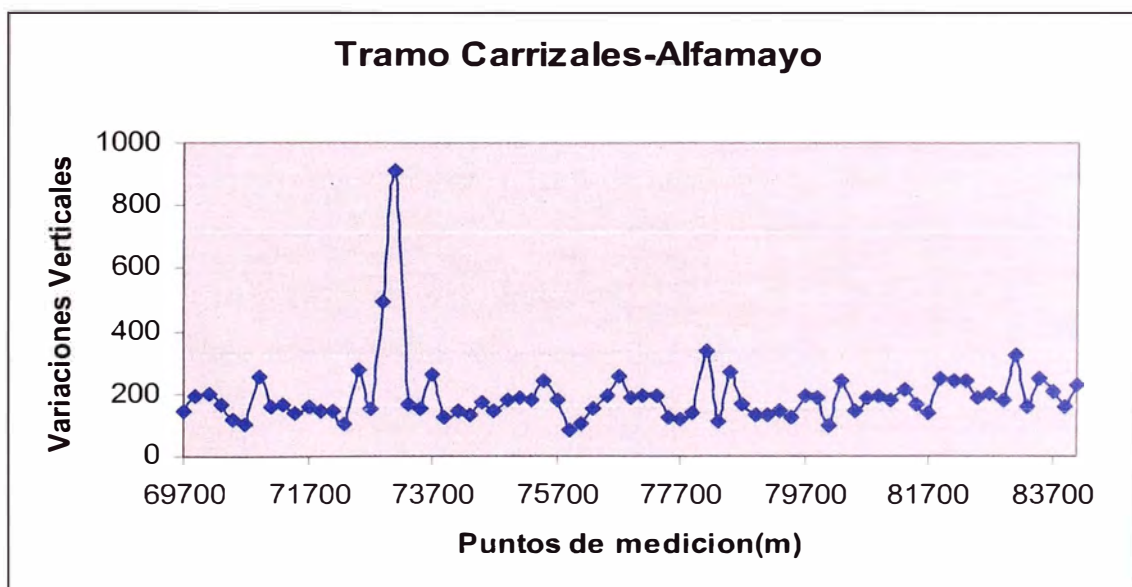


Figura 3.5 Datos en tramo carretera Alfamayo-Carrizales (Km 69.7-Km83.7)