

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL



EVALUACION DE LA RUGOSIDAD DE LA CARRETERA
CAÑETE – YAUYOS – CHUPACA CON EQUIPO BUMP INTEGRATOR
TRAMO Km. 64 + 000 – K. 69 + 000

INFORME DE SUFICIENCIA

PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO CIVIL

ALEXANDER JIMMY FLORES PORTUGUEZ

Lima – Perú

2009

INDICE

INDICE.....	2
RESUMEN	4
LISTA DE CUADROS	4
LISTA DE GRAFICOS.....	6
LISTA DE SÍMBOLOS Y DE SIGLAS.....	7
INTRODUCCIÓN	9
CAPITULO I: GENERALIDADES	11
1.1 ANTECEDENTES	11
1.1.1 Aspectos Generales.....	11
1.1.2 Planteamiento del Problema	16
1.2 UBICACIÓN	16
1.2.1 Área de Influencia	18
1.3 CARACTERISTICAS DE LA CARRETERA.....	18
1.3.1 Área Geográfica.....	18
1.3.2 Estado actual de la carpeta de rodadura.....	19
1.3.3 Hidrología	20
1.3.4 Características de la Población	21
1.3.5 Actividad Económica.....	22
1.3.6 Descripción Geográfica y Climática.....	22
1.3.7 Descripción de los materiales de fundación	23
1.3.8 Capacidad relativa de soporte de los suelos	26
1.3.9 Peligro Sísmico de la Zona del Proyecto.....	28
1.4 TRAMO EVALUADO KM. 64 + 000 – KM. 69 + 000	29
1.4.1 Perfil Estratigráfico	31
CAPITULO II: ESTADO DEL ARTE	33
2.1 HISTORIA Y EVOLUCION	33

2.2	RUGOSIMETRO ELECTRONICO BUMP-INTEGRATOR	37
	CAPITULO III: MARCO TEORICO	38
3.1	EVALUACION SUPERFICIAL	38
3.2	RUGOSIDAD.....	39
3.2.1	Métodos para medir la Serviciabilidad	40
3.2.2	Determinación de la rugosidad en unidades IRI	42
3.2.3	Cálculo del Índice de Rugosidad Internacional (IRI) basado en el modelo de cuarto de carro	43
3.2.4	Métodos para la Medición de la Rugosidad.....	46
3.2.5	Métodos Utilizados en el Perú.....	48
3.2.6	Calibración de los Equipos de Medición de Rugosidad	49
3.2.7	Especificaciones Técnicas	50
3.3	METODO DE LA EVALUACION DE LA RUGOSIDAD CON EQUIPO BUMP INTEGRATOR	52
3.3.1	Calibración del Rugosímetro Tipo Respuesta “Bump Integrator”	53
	CAPITULO IV: APLICACIÓN TRAMO KM. 64 + 000 – KM. 69 + 000.....	54
4.1	RECOPIACION DE DATOS DE CAMPO.....	54
4.2	CALIBRACION DE EQUIPO.....	55
4.3	PROCESAMIENTO DE DATOS	64
	CAPITULO V: ANALISIS Y RESULTADOS.....	66
	CONCLUSIONES	71
	RECOMENDACIONES	73
	BIBLIOGRAFIA.....	74
	ANEXOS.....	75

RESUMEN

El presente documento contiene aportes teóricos, impartidos en temas desarrollados en el curso de Actualización de Conocimientos referentes a la Evaluación de la Rugosidad de la Carretera Cañete – Yauyos – Chupaca, con equipo Bump Integrator enfocado a las progresivas del tramo: Km. 64 + 000 - km 69 + 000.

Las características funcionales de una vía, de cualquier tipo, en este caso de la carretera Cañete – Yauyos - Chupaca son de gran importancia, ya que determinan las condiciones de seguridad y comodidad de los usuarios, como también repercuten en el aspecto económico, relacionados con los costos de operación de los vehículos y mantenimiento de las carreteras. Diferentes investigaciones realizadas al respecto, revelan que los costos de operación de los vehículos dependen de la magnitud de las irregularidades superficiales del pavimento, afectando las velocidades de circulación, el desgaste de las llantas y el consumo de combustible. Es importante mencionar que dichas irregularidades, no solo provocan efectos dinámicos nocivos en los vehículos; sino también en el pavimento, modificando el estado de esfuerzos y deformaciones en la estructura de la vía, lo que produce también incrementos en las actividades de conservación y rehabilitación.

Para la medición del Índice de Rugosidad Internacional (IRI) el cual refleja el nivel de comodidad y seguridad al transitar, se utiliza el equipo Bump Integrator (equipo tipo respuesta), dado que existen diferentes tipos de equipo, los cuales han venido evolucionando en el tiempo, variando unos de otros en la precisión y rapidez para la obtención de los resultados. Así mismo, a partir del estudio realizado por el Banco Mundial en 1982 (IRRE), se propuso una escala de requerimientos de IRI para diferentes tipos de vías

LISTA DE CUADROS

CUADRO N° 1.01: Tramos y longitudes de la carretera Cañete – Yauyos – Chupaca.....	14
CUADRO N° 1.02: Recubrimiento Superficial Bituminoso.....	20
CUADRO N° 1.03: Características poblacionales de la carretera.....	21
CUADRO N° 1.04: Sector km. 57 + 450 – km. 130 + 000.....	26
CUADRO N° 1.05: Sector-km.-130+000–km.220+000.....	27
CUADRO N° 1.06: Sector-km.220+000–km.240+000.....	27
CUADRO N° 1.07: Sector km. 240 + 000 – km. 248 + 000.....	28
CUADRO N° 1.08: Sector km. 248 + 000 – km. 258 + 000.....	28
CUADRO N° 1.09: Ubicación del Tramo en Estudio.....	30
CUADRO N° 1.10: Sector Km. 64 + 000 – Km. 69 + 000.....	31
CUADRO N° 1.11: Perfil Estratigráfico representativo del tramo en estudio.....	32
CUADRO N° 3.01: Relación PSI – Transitabilidad.....	40
CUADRO N° 4.01: Valores B.I. tramo Km. 64 + 000 – Km. 69 + 000.....	54
CUADRO N° 4.02: Aspectos B.I. en cada Kilometro del tramo.....	54
CUADRO N° 4.03: Secciones de Calibración.....	56
CUADRO N° 4.04: Recolección de valores en cada tramo de Calibración.....	57
CUADRO N° 4.05: Valores I.R.I. Merlín en tramos de calibración.....	57
CUADRO N° 4.06: Valores de BI (Bump Integrator) y de I.R.I (Merlín) a Correlacionar.....	58
CUADRO N° 4.07: Datos obtenidos de medición equipo Merlín.....	59
CUADRO N° 4.08: Datos obtenidos de medición Bump Integrator.....	59
CUADRO N° 4.09: Primera tabulación.....	59
CUADRO N° 4.10: Ecuación de Calibración.....	60
CUADRO N° 4.11: Segunda Tabulación.....	61
CUADRO N° 4.12: Ecuación de Calibración.....	62

CUADRO N° 4.13: Tercera Tabulación.....	63
CUADRO N° 4.14: Ecuación de Calibración.....	64
CUADRO N° 4.15: Valores de B.I. recolectados en sub-tramos.....	64
CUADRO N° 4.16: Valores de I.R.I. obtenidos en cada sub-tramo.....	65
CUADRO N° 5.01: Valores de I.R.I. tomados en fecha anterior, base de datos para análisis.....	65
CUADRO N° 5.02: Valores de I.R.I. comparables por tiempo de servicio de vía.....	66
CUADRO N° 5.03: Valor de diferencia entre I.R.I. anterior y actual.....	67
CUADRO N° 5.04: Valor de I.R.I. obtenido en cada sub – tramo.....	68
CUADRO N° 5.05: Valor de I.R.I. del tramo en el tiempo.....	70

LISTA DE GRAFICOS

GRAFICO N° 1.01: Esquema de Distribución de Corredores del Proyecto Perú.....	13
GRAFICO N° 1.02: Plano-Clave-Ruta 22.....	15
GRAFICO N° 1.03: Mapa de la Vía – Tramo en Estudio.....	17
GRAFICO N° 1.04: Área de Influencia.....	19
GRAFICO N° 1.05: Mapa Geológico regional.....	22
GRAFICO N° 1.06: Zonificación Sísmica del Perú.....	29
GRAFICO N° 1.07: Foto Aérea del tramo Km. 64 + 000 – Km. 69 + 000.....	29
GRAFICO N° 2.01: Perfilometro GMR ROAD.....	33
GRAFICO N° 2.02: Rugosimetro Electrónico Bump Integrator Tipo UNI – REBITU.....	37
GRAFICO N° 3.01: Modelo “Quarter Car” para el cálculo del I.R.I.....	42
GRAFICO N° 3.02: Modelo de Cuarto de Carro.....	44
GRAFICO N° 3.03: Escala estándar empleada por el Banco Mundial para la cuantificación del I.R.I. para diferentes tipos de vías.....	46
GRAFICO N° 3.04: Equipo de medición de rugosidad Bump Integrator.....	52
GRAFICO N° 3.05: Modelo de conexión del Rugosimetro Electrónico.....	52
GRAFICO N° 4.01: Curva y Ecuación de Calibración.....	60
GRAFICO N° 4.02: Curva y Ecuación de Calibración.....	62
GRAFICO N° 4.03: Curva y Ecuación de Calibración.....	63
GRAFICO N° 5.01: Comparación de I.R.I. vs. Tramo de 5 km.....	67
GRAFICO N° 5.02: Comparación de I.R.I. (Bump Integrator) vs. Tramos cada 1 km.....	68
GRAFICO N° 5.03: Tendencia del valor I.R.I. en el tiempo.....	70

LISTA DE SÍMBOLOS Y DE SIGLAS

AASHTO	American Association of State Highway and Transportation Officials
MTC	Ministerio de Transportes y Comunicaciones
PSI	Índice de Serviciabilidad Presente
CBR	California Bearing Ratio
Sn	Número Estructural
N.T.P.	Norma Técnica Peruana
A.S.T.M.	American Society for Testing and Materials
I.R.I.	Índice de Rugosidad Internacional
REBITU	Rugosímetro Electrónico Bump Integrator Tipo UNI
S.U.C.S.	Sistema Unificado de Clasificación de Suelos
ICCGSA	Ingenieros Civiles y Contratistas Generales S.A.
TRRL	Transport and Road Research Laboratory
GMR	General Motor
MDOT	Departamento de Transportes de Michigan
IRRE	Proyecto Internacional Road Roughness Experiment, Brasil 1982
APL	Analizador Dinámico del Perfil longitudinal, Francia
ARS	Analizador de la Regularidad Superficial, España
USACE	Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los Estados Unidos
PCI	Índice de la Condición del Pavimento
PSI	Rango de Serviciabilidad Presente – Present Serviciability Rating

INTRODUCCIÓN

El presente Informe de Suficiencia pretende determinar la condición funcional actual del pavimento mediante la evaluación de la rugosidad de la carretera Cañete – Yauyos – Chupaca, Km. 64 + 000 – Km. 69 + 000, empleando el Equipo Bump Integrator;

El desarrollo se basa en efectuar la selección de los sub tramos según progresivas que represente la condición promedio del pavimento en cada uno de ellos, evitando discontinuidades que dificulten y/o conlleven a error en la toma de datos posteriores; obtener datos confiables para poder realizar una correcta evaluación de la rugosidad de la Carretera a estudiar; procesamiento de los datos obtenidos usando las herramientas técnicas para calcular los parámetros de rugosidad; relacionar los valores de rugosidad obtenidos con el equipo Bump Integrator actualmente, y datos obtenidos de IRI anteriormente; y determinar las ventajas y desventajas del método.

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

El primer capítulo rescata datos generales importantes de la carretera, tales como su antecedente en el tiempo desde su creación hasta su realidad actual, características como su entorno geográfico, climático, de población afectada, en el que se identificó también parte de la problemática existente. Además enfocando los datos más relevantes de la zona evaluada.

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, basados en el fin de poder representar los valores de rugosidad de la superficie de los pavimentos en números consistentes y reales; hasta la creación de un equipo con sello nacional (REBITU), que reproduce los mismos valores con el mismo sistema pero en nuestra realidad vial.

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 distintos métodos y equipos para poder obtener dicho valor, así como definir el proceso de trabajo adecuado para en campo aplicar dicha teoría de manera provechosa obteniendo luego resultados esperados.

Finalmente, el quinto capítulo; luego de haber procesado los datos obtenidos en campo nos refiere a la parte de identificar zonas críticas donde aumenta con notoriedad el valor I.R.I. en el tiempo; basándose en el análisis de las tendencias de curvas producto de la reproducción de datos B.I. en serie del tramo evaluado y siguiendo la ecuación de calibración de la zona trabajo; dando algunos alcances del análisis y recomendando posibles soluciones

CAPITULO I: GENERALIDADES

1.1 ANTECEDENTES

1.1.1 Aspectos Generales

La carretera de penetración y enlace entre Cañete-Yauyos-Chupaca, ubicada en los departamentos de Lima y Junín, fue proyectada y ejecutada parcialmente durante el gobierno de. Augusto B. Leguía entre la década de 1920 a 1930, mediante la Ley decretada de la Conscripción Vial Territorial del Perú, fue así que en el tramo entre los pueblos de Tomas y Alis estaban ejecutados dos túneles, uno que sale cerca al campo de Olan y otro que llega a Luque. Pero el famoso cañón de Uchco fue el portón imposible de pasar.

En los últimos años del gobierno de Leguía, debido a un grave desprendimiento de rocas y coincidiendo con la caída del gobierno, quedaron paralizados todos los trabajos de la carretera hasta los años 1954 y 1957.

Por el lado de la costa, durante el gobierno de Manuel Prado Ugarteche, entre los años 1940 y 1944 y la gestión laboriosa de los diputados por Yauyos, avanzan los trabajos de la carretera desde Cañete, llegando a Yauyos en abril de 1944, siendo inaugurado por el propio Presidente en junio del mismo año. Después de estos acontecimientos, queda postergado todo trabajo de la carretera entre Yauyos-Huancayo.

Como la carretera sólo llegaba a Tomas, era muy problemático para los pueblos de Nor-Yauyos, sobre todo por la dificultad del pase del cañón de Uchco. Entonces interviene el pueblo de Alis, encabezado por sus autoridades, realizaban trabajos de la carretera en las partes planas. Es por esto que crece la preocupación y deciden gestionar ayuda ante el Ministerio de Fomento y otras autoridades de la capital, es así que en 1954, comisionan a sus representantes y después de varias gestiones y muchos viajes consiguen la aceptación del Gobierno Central. Hasta que en mayo de 1955, llega la Comisión y la Delegación del Estado en el puente peatonal del cañón de Uchco, para la prosecución de la carretera.

En los días siguientes la delegación de ingenieros, comenzaron la carretera con la rectificación total del trazo desde Uchco hasta Alis, quedando definidos el medio túnel en el cañón de Uchco, los cortes de Parachaca, Chisne y Ñuño. En febrero de 1956, llega un contratista arequipeño con experiencia en carreteras para el corte del cañón de Uchco, con personal suficiente y una compresora del Ministerio de Fomento con capacidad para 4 perforadoras y herramientas. En julio del mismo año, pasado el corte se construyó el puente Uchco, muros y cortes en ese sector hasta que en octubre a noviembre de ese año se terminó de construir el puente hacia Luque y se terminó los trabajos.

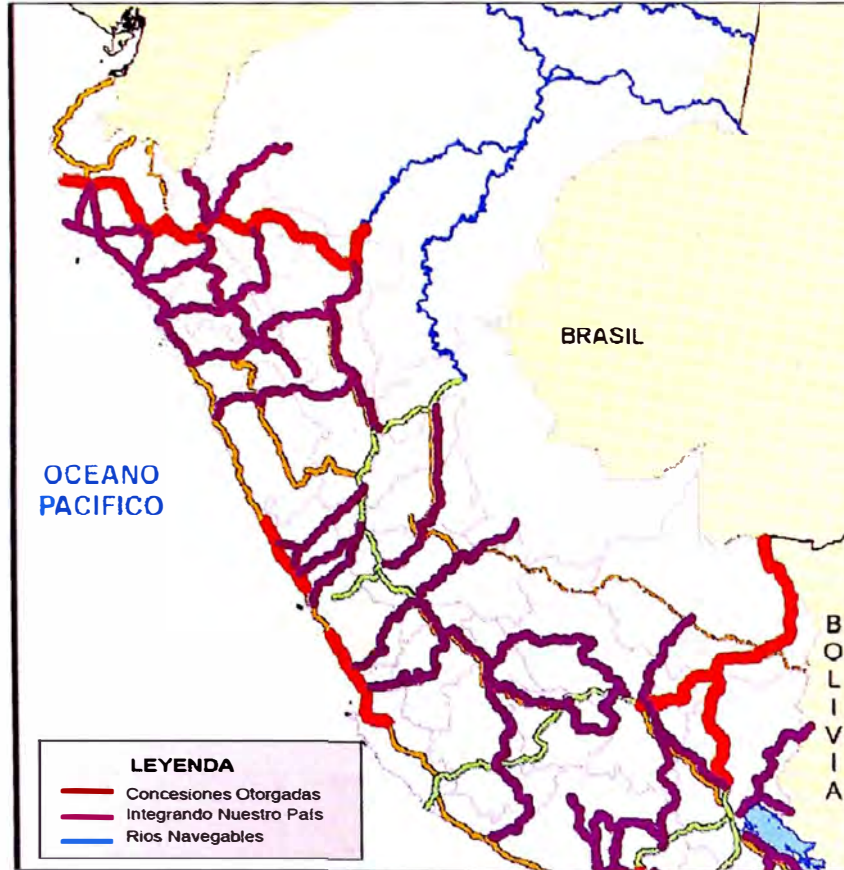
Fue importante la intervención hombres y mujeres alisinas, para culminar los trabajos en la carretera para integrar el pueblo de Alis con esta, pues el 6 de febrero de 1957 en un rápido acuerdo nombraron la Comisión Pro Carretera bajo la dirección del alcalde y con la población en general acordaron por unanimidad proseguir los trabajos de la carretera desde Parachaca hasta Alis, puesto que contaban con la compresora, perforadoras, herramientas y explosivos, con la colaboración de personal de pueblos vecinos de Carania, Miraflores, Piños, Vitis, Huancaya y Tintín, se termino los trabajos de la carretera en mayo de 1957.

En tal sentido y teniendo el marco de esta carretera y ya en la actualidad se llevo a cabo el Concurso Público N° 034-2007-MTC/20 “Servicio de Conservación Vial de la Carretera Cañete – Lunahuaná – Pacarán – Chupaca y la Rehabilitación del Tramo Zúñiga – Dv. Yauyos – Ronchas” (Corredor Vial N° 13); que forma parte de la Ruta Nacional N° PE-22, ubicada entre las provincias de Cañete, Yauyos y Chupaca; y que se encuentra enmarcado dentro del programa de desarrollo vial “Proyecto Perú”, el cual, Mediante Resolución Ministerial N° 223-2007-MTC-02, modificada por Resolución Ministerial N° 408-2007-MTC/02, se crea con la finalidad de mejorar las vías de integración de corredores económicos, conformando ejes de desarrollo sostenido con el fin de elevar el nivel de competitividad de las zonas rurales, en la Red Vial Nacional, Departamental y Vecinal.

El Programa “Proyecto Perú” aspira a establecer políticas de mantenimiento para la conservación de la infraestructura vial, mediante contratos en los que las prestaciones se controlen por niveles de servicio y por plazos iguales o

superiores a tres (3) años, que implican el concepto de “transferencia de riesgo” al Contratista.

Grafico N° 1.01
Esquema de Distribución de Corredores del Proyecto Perú



Fuente: Plan Integrando Nuestro País. MEF

Debido a que la actual capacidad vehicular de la Carretera Central está colapsada, esta carretera se proyecta como ruta alterna, con lo que se aligerará el tránsito vehicular y disminuirá el tiempo de viaje entre Lima (Cañete) y Huancayo, además de establecer la integración entre las localidades que atraviesa la carretera tales como la localidad de San Vicente de Cañete, Capillucas, Calachota, Magdalena, Tinco Huantan, Llapay, Alis, Tomas, Tinco Yauricocha, San Jose de Quero, Chachicocha, Collpa, Roncha y Chupaca.

Se abrió los trabajos de la pavimentación y mantenimiento del Eje Vial N° 13 Carretera Cañete - Yauyos – Chupaca, el día sábado 16 de febrero del 2008 desde las 10:00 a.m. en el distrito de Pacarán, con la presencia de la Ministra de Transportes y Comunicaciones, Dra. Verónica Zavala Lombardi; el Presidente

del Gobierno Regional de Lima, Ing. Nelson Chui Mejía, el Alcalde Provincial de Yauyos, Lic. Diómides Dionisio Inga, el Alcalde Provincial de Chupaca, el Alcalde Provincial de Cañete, Javier Alvarado; que además sirvió de escenario también para inaugurar el provisional, pero moderno Puente Pacarán, que sirve como alternativa a la circulación de vehículos con alta capacidad de carga, lo que permitirá tener una mayor afluencia turística e intercambio comercial entre las provincias de Cañete - Yauyos - Chupaca; además que permitirá ser utilizada como vía alterna a la Carretera Central con lo que se acelerará el tránsito vehicular y reducirá el tiempo de viaje entre Lima y Huancayo.

Todo este trabajo de recuperación de vías, permitirá el desarrollo de esta zona de gran potencial en ganadería y agricultura, así como potenciará el turismo, según lo reconocen las autoridades locales.

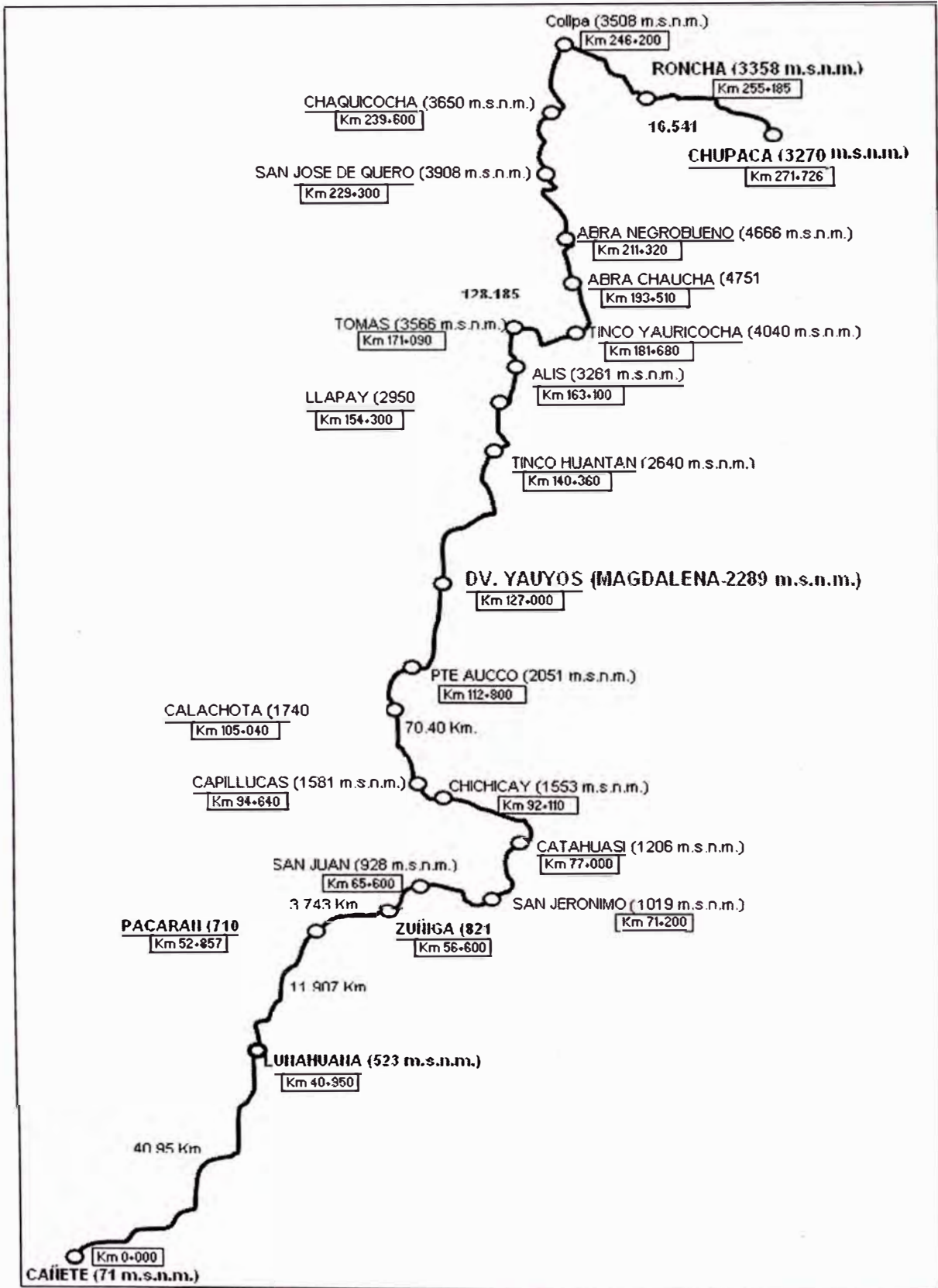
El mantenimiento se hace necesario por tratarse de una vía alterna a la Carretera Central para el acceso al centro del país, debido a que no ofrece las condiciones de transitabilidad que requiere una vía de tal importancia.

Cuadro N° 1.01: Tramos y longitudes de la carretera Cañete – Yauyos - Chupaca

Tramo	Longitud
Lunahuana - Pacarán	11.907 Km.
Pacarán - Zúñiga	3.743 Km.
Zúñiga - Dv. Yauyos	70.400 Km.
Dv. Yauyos - Roncha	128.185 Km.
Roncha - Chupaca	16.541 Km.

Fuente: Elaboración Propia

Grafico N° 1.02
Plano Clave – Ruta 22



Fuente: Elaboración Propia

1.1.2 Planteamiento del Problema

Las carreteras durante su vida útil, presenta diferentes tipos de falla en el tiempo debido a factores externos que se reflejan entre otros en deterioros de la superficie de rodadura. Estos posibles factores son aumento de tránsito no proyectado, sobrecarga de vehículos, clima agresivo, geología de la zona, inadecuado proceso constructivo, falta de drenaje y mantenimiento o rehabilitación poca o nula.

En base a lo antes indicado se plantea cuantificar el estado de deterioro funcional actual de la vía, determinando su rugosidad mediante el empleo Equipo del Rugosímetro Bump Integrator.

1.2 UBICACIÓN

El tramo de carretera materia de estudio se encuentra ubicado en las Provincias de Cañete y Yauyos, en el departamento de Lima, y Concepción, en el departamento de Junín.

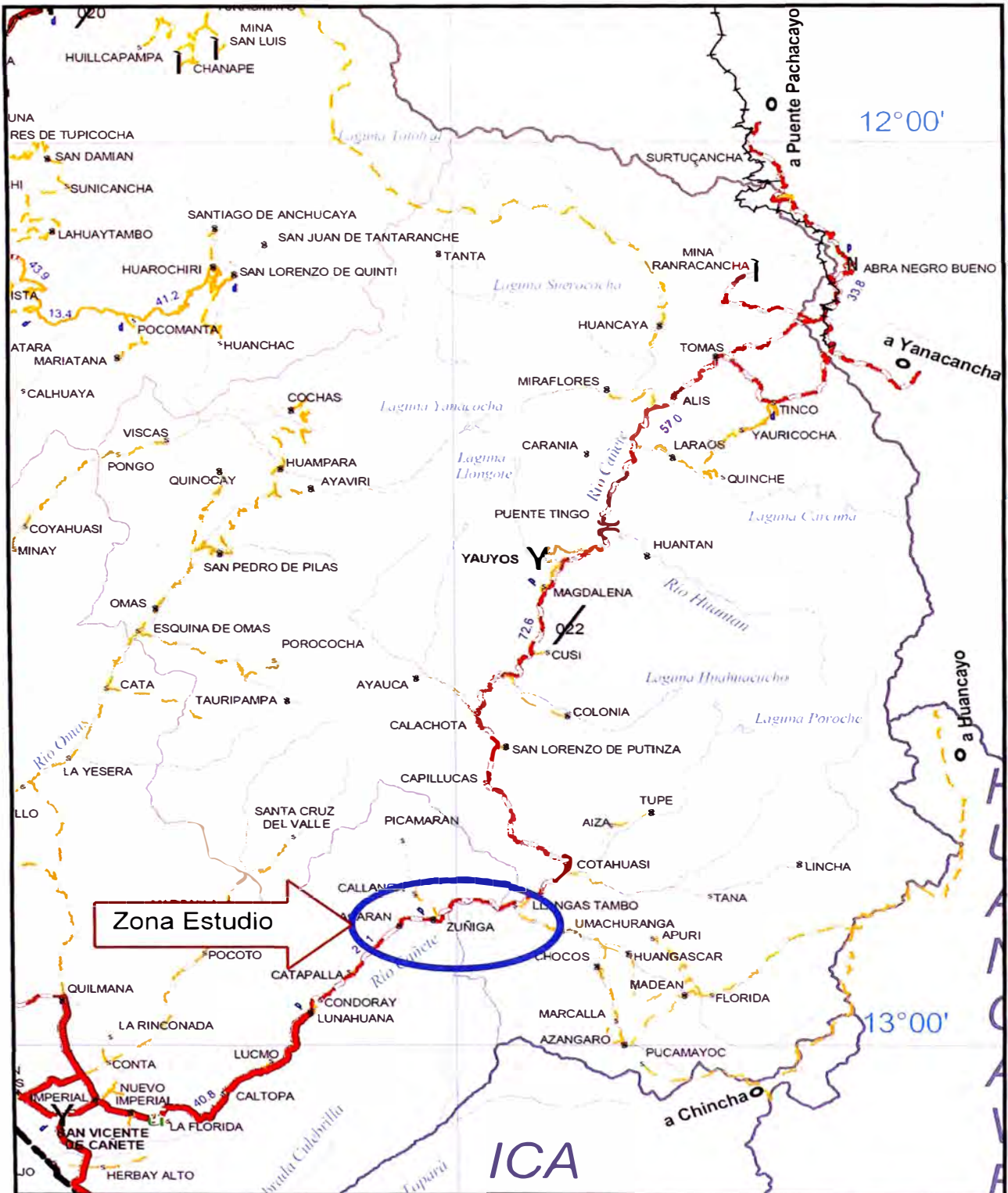
Forma parte de la Red Vial Nacional con código de ruta N° 22, con un ámbito de influencia en un entorno de 2.5 km. a ambos lados de la vía existente abarcando diversos Distritos y poblados.

El área estudiada limita por el Norte con los cuadrángulos de Huarochirí y la Oroya, por el Este con los cuadrángulos de Andamarca y Pampas, por el Sur con los cuadrángulos de Tantará y Chíncha y por el Oeste con el cuadrángulo de Mala.

Políticamente el tramo une las provincias de Cañete, Yauyos (Departamento de Lima) y Chupaca, Concepción (Departamento de Junín).

La altitud de esta vía, varía entre los 450 m.s.n.m. y 4,600 m.s.n.m. y su longitud total es de 243.76 Km.

Grafico N° 1.03
Mapa de la Vía – Tramo en Estudio



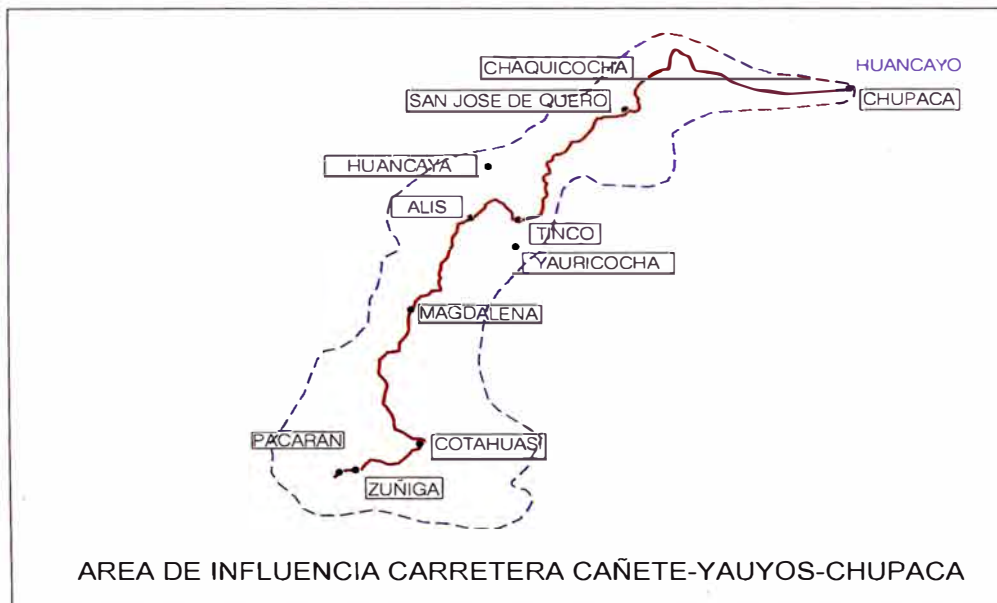
Fuente: MTC. Mapa Vial del Departamento de Lima

1.2.1 Área de Influencia

El área de influencia del proyecto está delimitado por una extensión de 5 Km. a cada lado de la vía. Entre los centros poblados encerrados por este límite se encuentran: Pacarán, Zúñiga, Magdalena, Alis, San José de Quero, etc.

A continuación se presenta el esquema del área de influencia:

Grafico N° 1.04
Área de Influencia



Fuente: MTC. Mapa vial del Departamento de Lima y Junín

1.3 CARACTERISTICAS DE LA CARRETERA

1.3.1 Área Geográfica

Políticamente, la cuenca del río Cañete forma parte de las provincias de Cañete y Yauyos, pertenecientes ambas al departamento de Lima.

La cuenca del río Cañete tiene una extensión aproximada de 6192 km², de los cuales el 78.4% (4856 km²) corresponde a la cuenca húmeda.

El río Cañete nace en la laguna Ticllacocha, ubicada al pie de las cordilleras de Ticlla y Pichahuarco, en la divisoria de cuencas con el río Mala. Sus recursos hídricos provienen de los aportes de la lluvia, así como los derivados de lagunas

y deshielo de los nevados, ubicados estos principalmente en el extremo norte de la cuenca y sobre los 4500 msnm.

La longitud del río Cañete, entre su nacimiento y desembocadura, es de aproximadamente 220 km., presentando una pendiente promedio de 2%; sin embargo, presenta sectores en donde la pendiente es mucho más pronunciada, especialmente en la parte alta, llegando hasta 8% en el tramo comprendido entre la localidad de Huancaya y la desembocadura del río Alis.

Es importante anotar que dada su configuración la Región de Lima, es muy vulnerable a los efectos del Fenómeno del Niño que se manifiesta por el aumento de la temperatura del mar y el receso de los vientos alisios, que originan fuertes lluvias, inundaciones y huaycos, etc., en las zonas alto-andinas de la Región y maretaos en las áreas costeras que afectan la vida del poblador en forma directa e indirecta, dependiendo su vulnerabilidad del área geográfica y de la preparación de las personas para afrontar el evento natural.

En general todas las cuencas hidrográficas de Lima aumentan su caudal, poniendo en peligro a las poblaciones y originan desabastecimiento, por el bloqueo de carreteras.

1.3.2 Estado actual de la carpeta de rodadura

Previo a la aplicación en campo de los estabilizadores de suelos, se han estudiado los materiales a emplearse para establecer su idoneidad.

Agregados

Se han ubicado a lo largo de la carretera varias fuentes de materiales, los cuales presentan las siguientes características:

Depósitos: Km. 65+000 y Km. 95+000 (dentro del tramo de estudio)

Estos son agregados corresponden a rocas trituradas ubicadas en las progresivas km 65+000 y km 95+000, al lado de la carretera Zúñiga – Dv. Yauyos.

Este material es gravoso y clasifica en el sistema SUCS como GW-GM y GP-GM, mientras que en el sistema AASHTO es A-1-a(0). El tamaño nominal máximo es de 1 ½”, y se trata de un material limpio, no plástico (% Pasa Malla N° 200 = 7%). Su Equivalente de Arena es variable entre 54% y 56%.

El CBR de estos materiales se encuentra entre 96% y 99%, al 100% de su MDS.

En el siguiente cuadro se presenta un resumen de las ventajas y desventajas que se han presentado en los trabajos efectuados de estabilización y de la capa de recubrimiento superficial bituminoso:

Cuadro N° 1.02: Recubrimiento Superficial Bituminoso

RECUBRIMIENTO SUPERFICIAL BITUMINOSO		
ALTERNATIVA	VENTAJAS	DESVENTAJAS
Slurry Seal	El acabado es más uniforme	Refleja inmediatamente las fisuras que provengan de la capa inferior Las dimensiones del equipo que se utiliza para la aplicación del slurry seal, dificultan su maniobrabilidad La interrupción del tránsito después de su colocación, debe durar entre 4 y 5 horas La emulsión asfáltica es un material propenso a romper durante su almacenamiento Debido a la irregularidad en los anchos de vía, se presentaría la necesidad de ejecutar algunas partes manualmente, lo que resultaría en acabados diferentes El procedimiento constructivo requiere de espacios o playas a lo largo de la vía para el almacenamiento de los agregados, lo que no se da en muchos tramos de la vía
Monocapa con Emulsión	No reflejará las posibles fisuras que se produzcan en la capa inferior.	Se presentan problemas de rotura prematura de la emulsión durante la aplicación La interrupción del tránsito después de su colocación, debe durar entre 4 y 5 horas. La emulsión asfáltica es un material propenso a romper durante su almacenamiento

Fuente: MTC.

1.3.3 Hidrología

El patrón hidrográfico que constituye la zona de estudio se halla constituido por dos cuencas principales: la Cuenca del río Cunas y la Cuenca del río Cañete.

La cuenca del río Cunas, comprende aproximadamente los últimos 52 Kms. del trazo, siendo su divisoria de aguas respecto a la cuenca del río Cañete, representado por los caseríos tales como: Laguna Cunacocha, Millpo, Pishapampa y Gentilmacha; toda esta red de drenaje se ha entallado sobre rocas calizas; este río Cunas, cambia de nombre al pasar por Chupaca, cambiando su nombre por río Chupaca. En la parte alta de la cuenca, no

existen explotaciones mineras, por lo cual, la contaminación por residuos mineros es casi nula y las aguas son claras y libres de minerales pesados.

En lo que respecta a la cuenca del río Cañete, es la más larga, comprende aproximadamente 155 Kms.; se halla integrada por los tributarios principales, tales como: el río Allis, río Yauyos, río Huangascar y numerosas quebradas. Este río, se halla contaminado tanto por el aporte directo de aguas servidas de la mayoría de los poblados aledaños a la red hidrográfica del río Cañete y por vertimiento de residuos mineros de algunas compañías mineras que se hallan en la cuenca alta del río.

1.3.4 Características de la Población

En el área de influencia del proyecto se tienen los siguientes datos de población:

Cuadro N° 1.03: Características poblacionales de la carretera

Distrito	Características principales												
	Vivi. sin agua potable (%)	Vivienda sin desagüe (%)	Vivienda sin electricidad (%)	Viviendas precarias (%)	Tasa de Analfabetismo	Hogares hacinados (%)	Tasa de mort. Infancia c/1000	Tasa de desocupación	Densidad pobl. (hab/km ²)	Población Rural	Superficie (km ²)	Población	Categoría pobreza
Lunahuaná	75.22	89.47	42.30	94.07	5.70	9.0	27.0	25.44	8.06	71.80	494.85	4036	Pobre
Pacarán	56.96	57.73	44.33	94.07	7.80	21.1	47.9	23.68	5.47	47.8	254.5	1409	Muy Pobre
Zúñiga	79.62	99.37	57.37	84.33	9.20	34.1	20.2	26.25	6.35	70.8	194.13	1254	Muy Pobre
San José	76.88	97.45	44.24	13.94	15.5	5.4	72.5	46.30	21.5	68.4	314.14	6898	Pobre
Chambara	84.20	98.87	47.25	9.73	18.7	15.6	55.45	55.75	18.97	80.7	99.6	1775	Pobre
Ahuac	62.52	88.94	40.17	2.75	15.7	10.7	45.6	49.60	115.4	57.1	72.25	8690	Pobre
Chupaca	63.81	88.08	26.32	0.88	9.90	14.9	52.7	33.45	925.1	52.1	22.74	21993	Pobre

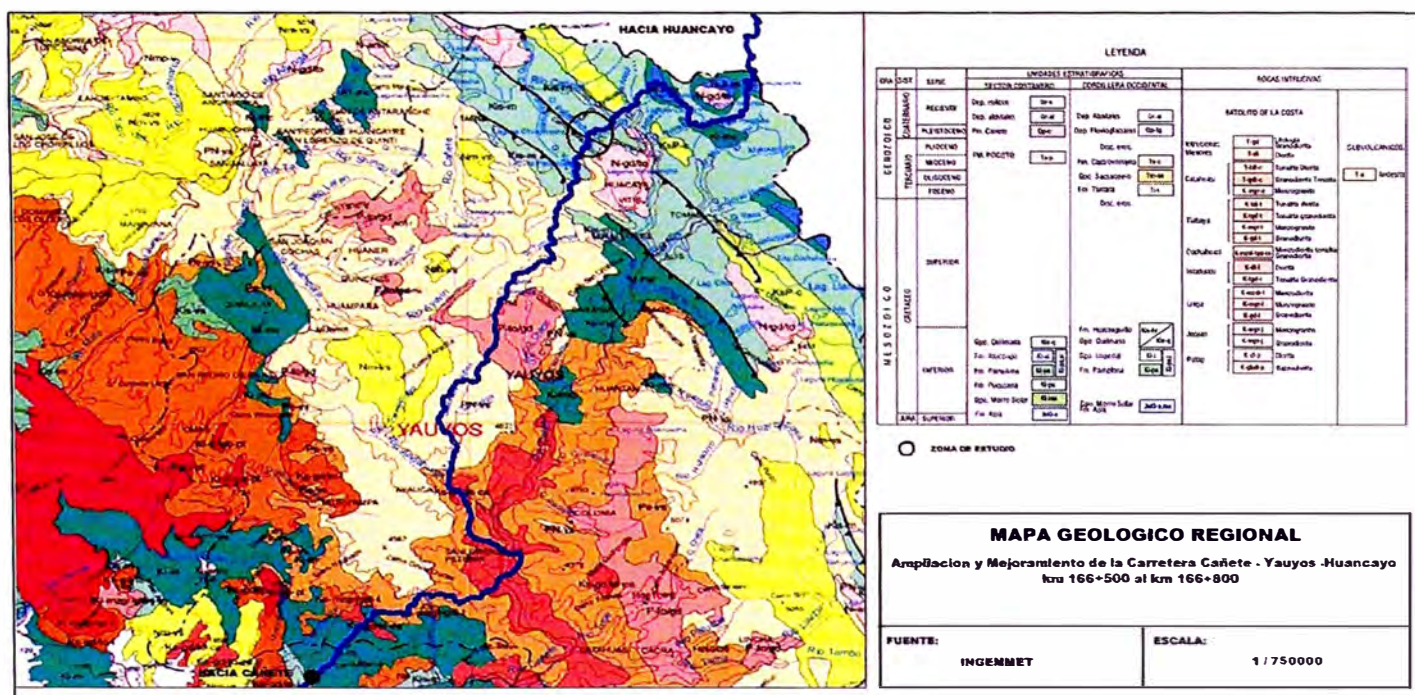
Fuente: INEI – Censo.

1.3.5 Actividad Económica

La población del ámbito de influencia del proyecto, tiene como base económica principal, la explotación de la actividad agropecuaria (de autoconsumo, principalmente), cuyas formas de producción son básicamente “tradicionales”, en relación a los sistemas de producción mecanizados y agroquímico, que se practican en la costa, en los grandes complejos agroindustriales, principalmente.

En segundo término, de manera limitada y complementaria, la población de esta zona de influencia del proyecto se dedica a actividades como los Servicios, Comercio y Turismo (Lunahuaná). En los distritos de Alis, Tomas y Laraos, la actividad minera tiene mayor relevancia. La economía de la zona de influencia del proyecto, presenta un débil crecimiento con tendencia al estancamiento, donde los niveles de producción y productividad expresan bajos rendimientos.

Grafico N° 1.05
Mapa Geológico Regional



Fuente: INGEMMET

1.3.6 Descripción Geográfica y Climática

El valle de Cañete es estrecho y de forma triangular, siendo más amplia en el límite con la región Chala o Costa y el vértice por el lugar donde ingresa generalmente uno de los afluentes principales del río; en este sector se encuentran terrazas que son empleadas para el cultivo.

Las localidades que se encuentran con esta configuración son: Zúñiga (821 msnm) en el km 56+600, Catahuasi (1206 msnm) en el km 77+000, Capillucas (1581 msnm) en el km 94+640, Calachota (1740 msnm) en el km 105+040, y Dv. Yauyos o Magdalena (2289 msnm) en el km 127+000).

Tinco Huantan (2640 msnm) en el km 140+360, Llapay (2950 msnm) en el km 154+300, y Alis (3261 msnm) en el km 163+100. Al otro lado de la cordillera se ubica Ronchas (3358 msnm) en el km 255+185; son localidades que se encuentran en la región Quechua (2300 msnm – 3500 msnm), donde por lo general luego de una estrecha garganta o pongo, se abre una nueva quebrada cuyos fondos planos son relativamente estrechos y son inmediatamente continuados por las faldas de los cerros de suave declive, interrumpidas por lomas.

La localidad llamada Tomas (km 171+090) se encuentra a 3566 msnm, lo cual la ubica en la región Suni o Jalca (3500 msnm a 4000 msnm), donde el escenario cambia a bruscas ascensiones de acantilados, peñoleras y cerros. En este sector normalmente no se encuentran valles, mas por el contrario se tienen quebradas estrechas que abren cañones muy profundos, erosionando las rocas vivas, de modo que al recorrer esta región por el fondo de las quebradas, a orillas del río, el horizonte perceptible se cierra en circuitos pequeños que dan la sensación de un lugar amurallado.. Al otro lado de la cordillera se ubican: San José de Quero (3908 msnm) en el km 229+300, Chaquicocha (3650 msnm) en el km 239+600, y Collpa (3508 msnm) en el km 246+200.

La carretera atraviesa también la región Puna, que comprende alturas entre los 4000 msnm y 4800 msnm. Esta región aparece a ambos lados del declive andino, separando cumbres nevadas entre sí, y donde ubicamos localidades o lugares como: Tinco Yauricocha (4040 msnm) en el km 181+680, Abra Chaucha (4751 msnm) en el km 193+510, Abra Negro Bueno (4666 msnm) en el km 211+320).

1.3.7 Descripción de los materiales de fundación

Del análisis de los resultados de campo y laboratorio se puede configurar el perfil estratigráfico, de la siguiente manera:

km 57+000 – km 63+650. Se tiene una capa superior de 30 cm de espesor como mínimo, que corresponde a antiguos trabajos de mantenimiento del afirmado, se trata de una arenas y gravas limosas que clasifica en el Sistema SUCS como SC-SM y GC-GM, mientras que en el sistema AASHTO como A-1-b(0) y A-1-a(0); la forma de los agregados gruesos es subangular, su matriz de color marrón claro es de escasa plasticidad; tiene bolonería comprendido entre 3% y 10% con tamaño máximo de 7". Bajo él se encuentra un material areno-limoso, cuya clasificación SUCS es SC y AASHTO es A-2-4(0), siendo los agregados gruesos también de forma subangular; este estrato también contiene bolonerías entre 2% y 8% cuyo tamaño máximo es de 6".

En este sector se tiene áreas de cultivo a ambos lados de la vía, encontrándose en su gran mayoría sobre la plataforma vial.

km 63+650 – km 88+600. Sector de carretera donde, en su gran mayoría el material de la plataforma vial clasifica en el sistema SUCS como SC-SM y en el sistema AASHTO es variable entre A-1-b(0) y A-2-4(0). Los agregados gruesos de este material arenoso son de forma subangular, mientras que la matriz tiene plasticidad comprendida entre escasa a moderada (como máximo I.P. = 6%).

En la subrasante se han encontrado bolonerías, sin embargo a partir del km 67+700, se encuentra aproximadamente a partir de los 0,40 m (en promedio) mayor concentración de ellos, entre 40% y 50% y en tamaños variables entre 4" a 8". Desde el km 63+650 al km 66+600, la plataforma vial también se encuentra rodeada por áreas de cultivo. A partir del km 66+600 el panorama es desértico y transcurre a media ladera por la quebrada, observándose en los taludes sectores con material aluvional, terrazas de depósitos fluviales y cortes en rocas macizas.

km 88+600 – km 91+500. La subrasante es una arena arcillosa cuya plasticidad promedio es de I.P. = 12%. Su clasificación de suelos en el sistema SUCS es SC, mientras que en el sistema AASHTO es A-6(2). También en este estrato, a partir de los 0,40m se ha encontrado bolonería entre 40% y 50% cuyo tamaño máximo es de 7". La capacidad de soporte de este suelo expresado en CBR es de 7% al 95% de la Máxima Densidad Seca del material.

km 91+500 – km 96+600. En este sector mayoritariamente se tiene mayoritariamente suelos gravosos que en el sistema SUCS clasifican como GC-

GM, mientras que en el sistema AASHTO es A-1-a(0) a A-1-b(0). Su Índice de Plasticidad varía se encuentra entre 4,9% y 6,1%. En estos suelos también se aprecia la presencia de bolonería, la cual se incrementa a partir de 0,40m a valores comprendidos entre 40% y 60%.

km 96+600 – km 106+600. Presencia mayoritaria de arenas limo-arcillosas, con clasificación de suelos SUCS igual a SC-SM, mientras que en AASHTO es igual a A-1-b(0). Su plasticidad es baja y variable entre 4,9% y 6,0%. Se tiene presencia de bolonerías, en poca proporción en la capa superior, mientras que a partir de 0,50 aumenta su presencia a 50%.

km 106+600 – km 114+600. En los estratos se encuentran gravas y arenas de matriz limo-arcillosa. Estos materiales clasifican en el sistema SUCS como GC-GM y SC-SM, y en el AASHTO como A-1-b(0). Las bolonerías se encuentran en todo el estrato, pero a partir de 0,40 m aproximadamente, se encuentra mayor concentración de éstos (aproximadamente entre 40% y 50%). Por debajo de esta capa se encuentra roca a partir de 1,50 m.

km 114+600 – km 130+000. Arenas limo-arcillosas, con clasificación de suelos SUCS igual a SC-SM, mientras que en AASHTO es igual a A-1-b(0). Su plasticidad es baja y variable entre 4,6% y 6,4%. Se tiene presencia de bolonerías, en poca proporción en la capa superior, mientras que a partir de 0,50 aumenta su presencia entre 40% y 50%.

km 130+000 – km 220+000. Arenas y gravas limosas y arcillosa, de mediana a baja plasticidad, clasificando en el sistema SUCS como GC, GC-GM, SC, SC-SM, y en el AASHTO, A-2-4(0). La plasticidad es variable entre 5,7% y 9,2%. Varias perforaciones no han llegado al 1,50m, debido a que aproximadamente desde los 0,30m hasta los 1,50m, se ha ubicado roca.

km 220+000 – km 240+000. Sector de carretera donde en la mayoría de los casos se tiene una capa granular superficial entre 0,20m y 0,30m que clasifica como GM-GC o SC-SM, mientras que en el AASHTO es A-2-4(0). Subyacente se encuentra una capa de arena-arcillosa y de arcilla SC, CL y en AASHTO A-2-6 y A-6(4), cuya capacidad de soporte CBR es bajo.

km 240+000 – km 248+000. Arena arcillosa y arena limo-arcillosa que clasifica en el sistema SUCS como SC o SM-SC, y en el sistema AASHTO como A-2-4(0). Su plasticidad es media, encontrándose que varía entre 6,8% y 9,7%.

km 248+000 – km 258+000. En este sector se tiene también una capa granular superficial entre 0,20m y 0,30m que clasifica como GC y GM-GC, mientras que en el AASHTO es A-2-4(0). Subyacente se encuentra una capa de arena-arcillosa y de arcilla SC, CL y en AASHTO A-6(1), cuya capacidad de soporte CBR es bajo.

1.3.8 Capacidad relativa de soporte de los suelos

Se han tomado las muestras suficientes para efectuar los ensayos de laboratorio correspondientes a CBR (ASTM D 1883), de acuerdo a las características de los suelos descritos anteriormente. A continuación se resume los resultados obtenidos para este material:

Cuadro N° 1.04: Sector km. 57 + 450 – km. 130 + 000

IDENTIFICACIÓN	PROFUND. (m)	TIPO DE SUELO		CBR (%) a 2,5 mm 95% MDS
		SUCS	AASHTO	
km 57+450 / M-1	0,0 – 0,3	GC-GM	A-1-b(0)	24
km 61+650 / M-1	0,0 – 1,0	SC-SM	A-1-b(0)	20
km 65+700 / M-2	0,0 – 1,5	SC-SM	A-2-4(0)	19
km 69+700 / M-1	0,0 – 1,5	SC-SM	A-2-4(0)	20
km 71+700 / M-1	0,0 – 1,5	SC-SM	A-1-b(0)	19
km 75+700 / M-1	0,0 - 1,5	SC-SM	A-1-b(0)	21
km 77+800 / M-1	0,0 - 1,5	SC-SM	A-1-b(0)	19
km 81+600 / M-1	0,0 – 1,5	SC-SM	A-1-b(0)	19
km 85+600 / M-1	0,0 - 1,0	SC-SM	A-1-b(0)	23
km 89+600 / M-1	0,0 – 1,0	SC	A-6(2)	7
km 90+700 / M-1	0,0 – 1,0	SC	A-6(2)	6,9
km 94+600 / M-1	0,0 - 1,0	GC-GM	A-1-a(0)	19
km 98+600 / M-1	0,0 - 1,0	SC-SM	A-1-b(0)	19
km 100+600 / M-1	0,0 – 1,5	SC-SM	A-1-b(0)	21
km 104+600 / M-1	0,0 – 1,5	SC-SM	A-1-b(0)	20
km 107+600 / M-1	0,0 – 1,5	GC-GM	A-1-b(0)	23
km 111+600 / M-1	0,0 – 1,5	GC-GM	A-1-b(0)	21

IDENTIFICACIÓN	PROFUND. (m)	TIPO DE SUELO		CBR (%) a 2,5 mm 95% MDS
		SUCS	AASHTO	
km 115+600 / M-1	0,0 - 1,5	SC-SM	A-1-b(0)	19
km 119+600 / M-1	0,0 - 1,5	GC-GM	A-1-a(0)	20
km 121+600 / M-1	0,0 - 1,0	SC-SM	A-1-b(0)	19
km 125+600 / M-1	0,0 - 1,0	SC-SM	A-1-b(0)	22
km 129+600 / M-1	0,0 - 1,5	SC-SM	A-1-b(0)	18

Cuadro N° 1.05: Sector km. 130 + 000 – km. 220 + 000

IDENTIFICACIÓN	PROFUND. (m)	TIPO DE SUELO		CBR (%) a 2,5 mm 95% MDS
		SUCS	AASHTO	
km 134+000 / M-1	0,0 - 1,0	SC	A-2-4(0)	18,6
km 140+000 / M-1	0,0 - 1,5	GC-GM	A-1-a(0)	20,1
km 144+000 / M-1	0,0 - 1,5	SC	A-2-4(0)	17,8
km 150+000 / M-1	0,0 - 1,0	SC	A-2-4(0)	18
km 156+000 / M-1	0,0 - 0,3	SC-SM	A-2-4(0)	17,5
km 162+000 / M-1	0,0 - 1,5	SC	A-2-4(0)	16,6
km 170+000 / M-1	0,0 - 1,0	GC	A-2-4(0)	19
km 176+000 / M-1	0,0 - 1,5	SC	A-2-4(0)	20,5
km 182+000 / M-1	0,0 - 1,5	SC	A-2-4(0)	20,7
km 188+000 / M-1	0,0 - 1,0	SC-SM	A-2-4(0)	16,2
km 194+000 / M-1	0,0 - 1,5	SC	A-2-4(0)	19,7
km 196+000 / M-1	0,0 - 1,5	GC-GM	A-2-4(0)	19,7
km 200+000 / M-1	0,0 - 1,5	GM	A-2-4(0)	11,5
km 206+000 / M-1	0,0 - 1,0	SC-SM	A-2-4(0)	18,3
km 212+000 / M-1	0,0 - 1,0	SC-SM	A-2-4(0)	18
km 220+000 / M-1	0,0 - 1,5	GC-GM	A-2-4(0)	19

Cuadro N° 1.06: Sector km. 220 + 000 – km. 240 + 000

IDENTIFICACIÓN	PROFUND. (m)	TIPO DE SUELO		CBR (%) a 2,5 mm 95% MDS
		SUCS	AASHTO	
km 222+000 / M-1	0,0 - 1,0	SC	A-2-4(0)	5,8
km 228+000 / M-2	0,2 - 1,5	SC	A-2-6(1)	4,8
km 232+000 / M-1	0,0 - 0,3	SC	A-6(3)	7
km 236+000 / M-2	0,2 - 1,5	CL	A-6(4)	3,8

Cuadro N° 1.07: Sector km. 240 + 000 – km. 248 + 000

IDENTIFICACIÓN	PROFUND. (m)	TIPO DE SUELO		CBR (%) a 2,5 mm 95% MDS
		SUCS	AASHTO	
km 240+000 / M-1	0,0 – 1,0	SC	A-2-4(0)	16,7
km 246+000 / M-1	0,0 – 1,0	SC	A-2-4(0)	14,6

Cuadro N° 1.08: Sector km. 248 + 000 – km. 258 + 000

IDENTIFICACIÓN	PROFUND. (m)	TIPO DE SUELO		CBR (%) a 2,5 mm 95% MDS
		SUCS	AASHTO	
km 252+000 / M-2	0,5 – 1,5	CL	A-6(1)	3,1
km 258+000 / M-2	0,5 – 1,5	SC	A-4(0)	6,4

Fuente: Consorcio Gestión de Carreteras

1.3.9 Peligro Sísmico de la Zona del Proyecto

El Perú es considerado como una de las regiones de más alta actividad sísmicas. Forma parte del cinturón circumpacífico, una de las zonas sísmicas más activas del mundo, de esta forma es necesario considerar la influencia sobre la estabilidad de taludes de la zona en análisis.

a) Zonificación Sísmica

Dentro del territorio peruano se ha establecido diversas zonas sísmicas, las cuales presentan diferentes características de acuerdo a la mayor o menor ocurrencia de los sismos. Según el Mapa de Zonificación Sísmica propuesto por la nueva Norma de Diseño sísmo resistente E-030 del Reglamento Nacional de Construcciones (1997), presentado en el Gráfico N° 1.06 el área de estudio se encuentra comprendida en la zona 3 clasificada como zona de alta sismicidad.

Grafico N° 1.06 Zonificación Sísmica del Perú



Fuente: Reglamento Nacional de Construcciones 1990

1.4 TRAMO EVALUADO KM. 64 + 000 – KM. 69 + 000

El Sub – tramo de la carretera a evaluar se inicia en la zona arqueológica Cascajal, que pertenece a la localidad de San Juan, Km. 64 + 000 hasta la comunidad de Llangas Km. 69 + 000.

Grafico N° 1.07 Foto Aérea del tramo Km. 64 + 000 – Km. 69 + 000



Fuente: Google Earth

La longitud del sub-tramo en mención es de 5 Km., con una altitud promedio de 821.00 msnm, presentando una variación de Temperatura entre. 16 °C y 26 °C. Las épocas de lluvia se presentan entre los meses de Diciembre y Marzo.

El tiempo de servicio de la vía es de más de 50 años; y la capacidad portante a nivel de terreno natural expresado en número de CBR es 20%.

El Contratista encargado de las obras de mejoramiento y mantenimiento de la carretera por niveles de servicio es el Consorcio Gestión de Carreteras, que está conformado por la Cía. ICCGSA (Ingenieros Civiles y Contratistas Generales S.A.), Corporación Mayo SAC y Empresa de Mantenimiento Vial La Marginal S.R.L.; supervisados por PROVIAS NACIONAL-MTC con cooperación bajo acuerdo de la Universidad Nacional de Ingeniería.

La solución aplicada en la actualidad para el tramo evaluado, esta dado por el Slurry Seal, que es una solución básica en la que se estabiliza la plataforma con material granular con recubrimiento bituminoso.

Se desarrolla sobre una topografía accidentada, el eje de la carretera es paralelo al rio Cañete y el diseño geométrico en algunos sectores no cumple con los radios mínimos de curvatura establecidos por la Norma DG-2001 (Vd=30 km/hr; Rmín=25 m). Además el ancho de la carretera varía entre 3.5 mts a 5.0 mts, y no presenta un adecuado sistema de drenaje, tampoco presenta elementos de confinamiento lateral.

Cuadro N° 1.09: Ubicación del Tramo en Estudio

Departamento / Región:	Lima
Provincia:	Cañete
Distrito:	Zúñiga
Localidad:	San Juan
Región Geográfica:	Sierra(x)
Altitud Promedio:	Aprox. 925.00 m.s.n.m.
Coordenadas:	12°50'17.21"S; 75°59'26.53" W (km 64 + 000)
	12°50'44.76S; 75°57'16.83" W (km 69 + 000)

Fuente: Elaboración propia

1.4.1 Perfil Estratigráfico

La elaboración del perfil estratigráfico requiere de una clasificación de materiales que se obtiene mediante los análisis y los ensayos de laboratorio realizadas a las muestras obtenidas en campo mediante las prospecciones a cielo abierto. La interpretación de los resultados obtenidos permite clasificar los suelos, definir horizontes de material homogéneo dentro del tramo en estudio y por ende establecer un perfil estratigráfico de la zona.

Descripción del Sector Km. 64 + 000 al Km. 69 + 000

Sector de carretera donde, en su gran mayoría el material de la plataforma vial clasifica en el sistema SUCS como SC-SM y en el sistema AASHTO es variable entre A-1-b(0) y A-2-4(0). Los agregados gruesos de este material arenoso son de forma subangular, mientras que la matriz tiene plasticidad comprendida entre escasa a moderada (como máximo I.P. = 6%).

En la subrasante se han encontrado bolonerías, sin embargo a partir del km 67+700, se encuentra aproximadamente a partir de los 0,40 m (en promedio) mayor concentración de ellos, entre 40% y 50% y en tamaños variables entre 4" a 8".

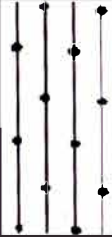
Desde el km 63+650 al km 66+600, la plataforma vial también se encuentra rodeada por áreas de cultivo. A partir del km 66+600 el panorama es desértico y trascurre a media ladera por la quebrada, observándose en los taludes sectores con material aluvional, terrazas de depósitos fluviales y cortes en rocas macizas.

Cuadro N° 1.10: Sector Km. 64 + 000 – Km. 69 + 000

IDENTIFICACIÓN	PROFUND. (m)	TIPO DE SUELO		CBR (%) a 2,5 mm 95% MDS
		SUCS	AASHTO	
km 61+650 / M-1	0,0 – 1,0	SC-SM	A-1-b(0)	20
km 65+700 / M-2	0,0 – 1,5	SC-SM	A-2-4(0)	19
km 69+700 / M-1	0,0 – 1,5	SC-SM	A-2-4(0)	20

Fuente: Consorcio Gestión de Carreteras

Cuadro N° 1.11: Perfil Estratigráfico representativo del tramo en estudio

REGISTRO DE EXCAVACION											
Proyecto		CAMBIO DE ESTANDAR DE LA CARRETERA CAÑETE-YAUYO S-HUANCAYO				Calicata		C-01			
Ubicación		MUESTRA DE TERRENO EXISTENTE				Fecha de excavación		05/09/2009			
KM		67+375				Profundidad total (m)		1.30			
LA DO		IZQUIERDO				Prof. nivel freático (m)		-			
PROF. (m)	GRAFICO	DESCRIPCION DEL SUELO	SUCS	ANALISIS GRANULOMETRICO % QUE PASA				LIMITES DE ATTERBERG %			No DE MUESTRA
			AASHTO	N° 4	N° 10	N° 40	N° 200	L.L.	L.P.	I.P.	
1.30		Arena limosa color marrón, humedad media, medianamente compresible, material fino con materia orgánica, con presencia de grava, 10% de bolonería tamaño máximo 8".	SM A-2-4(0)	68.1	59.1	36.6	20.9	18.5	NP	NP	M-1

Fuente: Consorcio Gestión de Carreteras

CAPITULO II: ESTADO DEL ARTE

2.1 HISTORIA Y EVOLUCION

Desde los años 1940 se viene llevando a cabo el estudio y evaluación de la rugosidad en aeropuertos y carros de uso militar, se inicia en los Estados Unidos y la Unit States Bureau of Public Roads, TRRL(Transport and road research laboratory) desarrolla los primeros prototipos de equipos para la medición de la superficie de rodadura de la carretera.

En los años 1960 General Motor(GMR) desarrolla el primer prototipo del perfilometro acoplados al vehículo, Poco después el departamento de transporte de Michigan (MDOT), posteriormente llamado Departamento del estado de caminos y transporte de Michigan, construyó el segundo perfilómetro GMR en cooperación con GMR y en el año 1968 para luego ser fabricado y vendido por la Chrvrolet Impala.

Grafico N° 2.01
Perfilometro GMR ROAD

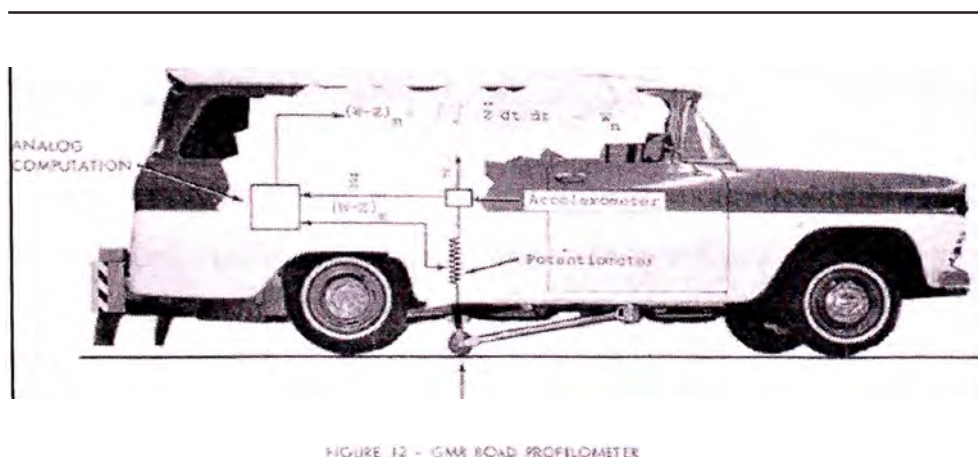


FIGURE 12 - GMR ROAD PROFILEMETER
Fuente: Artículo Banco Mundial

A finales de 1960, la MDOT and K.J. Law desarrollan el "equivalente" electrónico del BPR rugosímetro, el cual emplea una simulación de vehículo usando una computadora análoga. Ya que el BPR rugosímetro tiene solo una llanta, éste vehículo de simulación fue llamado BPR rugosímetro de simulación de un cuarto de carro (BPR/QCS). El BPR/QCSs usado por MDOT and K.J. Law tiene ecuaciones idénticas en su forma a un modelo matemático de texto de estudio

usado para describir varios sistemas dinámicos siendo esta la primera aplicación de este modelo para cuantificar la rugosidad de la vía.

El QCS es en efecto ese modelo, con parámetros de valores representativos de los vehículos. (Los dos BPR/QCSs usaron dos conjuntos diferentes de valores de parámetros, cada uno basado en medidas de un BPR rugosímetro “estándar” distinto). La mayoría de los perfilómetros producidos por K.J. Law han incluido el simulador BPR. Varios años después, K. J. Law introduce el segundo conjunto de valores de parámetros de un QCS para simular un auto de pasajeros Chevrolet Impala 1968.

A finales de la década de 1970, un proyecto NCHRP de investigación de gran escala fue llevado a cabo en el UMTRI (entonces llamado Instituto de Investigación en Seguridad de Autopistas) para:

- Estudiar los RTRRMS
- Determinar la correlación entre los diferentes sistemas en uso
- Crear una metodología de calibración

La investigación incluyó extensos muestreos de los RTRRMS en un ambiente de laboratorio, junto con un análisis teórico formal de conceptos e instrumentos RTRRMS.

Se hizo obvio que una fuente principal de los problemas provenía del hecho que los instrumentos fueron inventados sin un claro concepto de lo que es “rugosidad”, la rugosidad venía siendo definida simplemente como: “cualquiera cosa que el RTRRMS mida.

Pues la calibración requiere comparar las medidas del instrumento que está siendo calibrado con los valores “verdaderos” de las variables que están siendo medidas, se hizo necesario definir, matemáticamente, un aspecto medible del verdadero perfil longitudinal que serviría como una referencia de calibración.

La referencia que fue seleccionada es el “Quarter Car” (QCS), con nuevos parámetros de modelo escogidos para ofrecer la máxima correlación los

RTRRMSs. La rugosidad numérica obtenida vía QCS son características propias del verdadero perfil longitudinal de la vía y puede ser obtenido con una variedad de instrumentos y métodos computacionales. El QCS fue “mejorado” para la simulación de medio-carro, porque casi todos los RTRRMSs usados en los Estados Unidos están basados en vehículos de doble rodaje (carros de pasajeros y vagones de doble rodaje).

Para distinguir el conjunto particular de parámetros QCS usados en este reporte del conjunto alternativo de parámetros usados en otras aplicaciones QCS, el análisis usado en el IRRE es llamado la “Referencia de Simulación del cuarto-carro”. Este apéndice describe:

- El desarrollo del RQCS,
- Sus propiedades matemáticas,
- Detalles computacionales,
- Los resultados obtenidos durante el Experimento Internacional de Rugosidad de Vías (IRRE por sus siglas en inglés).

En la década de los 70's el Banco Mundial financió diferentes programas de investigación a gran escala, entre las cuales se encontraba un proyecto relacionada con la calidad de las vías y los costos al usuarios, a través del cual se detecto 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 que no eran estables en el tiempo.

La existencia de dicha situación motivo al Banco Mundial a desarrollar el proyecto Internacional Road Roughness Experiment (IRRE), en Brasil en 1982, en la cual participaron equipos de investigación de Brasil, Inglaterra, Francia, Estados Unidos y Bélgica, donde se realizo la medición controlada de la regularidad superficial del pavimentos para vías con diferentes condiciones y por una variedad de instrumentos y métodos.

A partir de dicho proyecto se selecciono un parámetro de medición de regularidad superficial, el cual satisface completamente los criterios de ser

estable en el tiempo, transferible y relevante denominado IRI (International Roughness Index), dicho parámetro constituye uno de los controles de recepción más importante relacionados con la regularidad de los pavimentos.

Posteriormente la ASTM publica el método estándar para medir la rugosidad de la superficie de acuerdo a la respuesta del vehículo (E 1082, Standard Test Method for Measurement of Vehicular Response to Traveled Surface Roughness).

El rugosímetro Bump Integrator, fue fabricado por CNS FARNELL en el Reino Unido, y proviene de un diseño del Transport and Road Reserch Laboratory (TRRL), con sede en Gran Bretaña. El instrumento consiste en un medidor de la rugosidad vial, del tipo respuesta, el cual durante su funcionamiento mide el desplazamiento vertical del eje del cuerpo del vehículo, al ser inducido por las deformaciones de la vía.

Al Perú el rugosímetro - Bump Integrator llega en el 1995 a través del Provias Nacional – MTC, para la evaluación de la rugosidad en la autopista del país y se inician los primeros trabajos en Panamericana Norte y se viene evaluando otras autopistas y una de las experiencias es con el Consorcio Sullana para la evaluación superficial del Sector Sullana-Aguas Verdes. En la actualidad la evaluación con este equipo es aceptado por el MTC.

Actualmente, se utilizan equipos más modernos para la evaluación de rugosidad de una carretera, tales como el perfilógrafo longitudinal, mediante un sistema gráfico o computarizado, determina la magnitud de las irregularidades en el punto medio del perfilógrafo, respecto a los dos extremos. También se utilizan otros, como el analizador dinámico del perfil longitudinal (APL, equipo francés), el analizador de la regularidad superficial (ARS, equipo español) y el Mays Ride Meter (equipo americano). Todos ellos se caracterizan por desplazarse a velocidades de operación de los demás vehículos en las carreteras, no interfiriendo con el flujo vehicular; las velocidades de operación van desde los 20 hasta los 80 km/h.

2.2 RUGOSIMETRO ELECTRONICO BUMP-INTEGRATOR

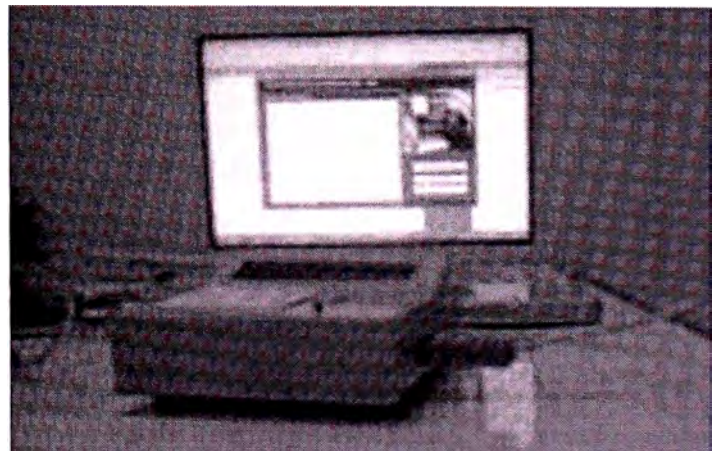
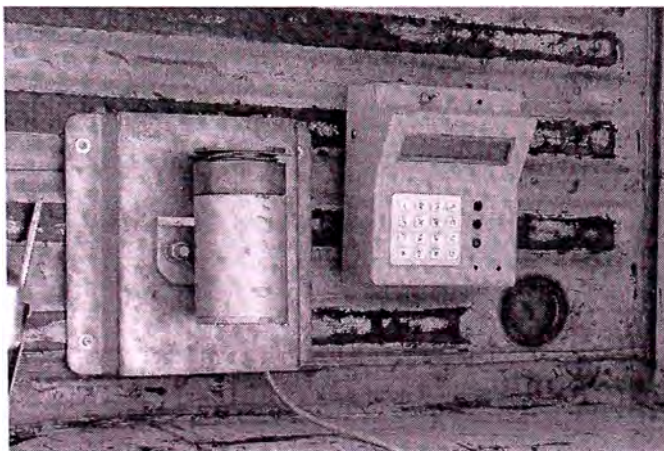
Dentro del contexto actual, y nuestra realidad de no contar con una base de datos solida y confiable de nuestras vías nacionales, en cuanto a su nivel de serviciabilidad por la falta de equipos destinados a este fin; es que la Universidad Nacional de Ingeniería, por encargo al Instituto de Investigación de la Facultad de Ingeniería Civil culmina el diseño del Rugosimetro Electrónico Bump Integrator Tipo Uni (REBITU) aproximadamente en el año 2,006; que permite medir la rugosidad de pavimentos y está 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.

El Rugosimetro 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.

Grafico N° 2.02

Rugosimetro Electrónico Bump Integrator Tipo UNI - REBITU



Fuente: Imagen propia y Boletín Digital UNI

CAPITULO III: MARCO TEORICO

3.1 EVALUACION SUPERFICIAL

La evaluación superficial responde a las recomendaciones efectuadas en los términos de referencia del MTC, que debido a los trabajos e inversiones efectuadas desde los inicios de los años 80, se deben ceñir a aquellos métodos desarrollados por CONREVIAl. Este método responde a objetivos cualitativos más no a métodos cuantitativos. Los problemas se presentan cuando se requiere de metrados que permitan establecer análisis de precios unitarios y posteriormente determinar el presupuesto de obra.

Existen varios métodos para efectuar los relevamientos de fallas, en realidad todos por contrastación con catálogos propuestos por diferentes instituciones internacionales ya que no se ha desarrollado una metodología de evaluación nacional. Sin embargo ya desde el año 90 se ha aplicado métodos de acuerdo a las recomendaciones planteadas por la USACE, en la cual se puede efectuar evaluaciones con resultados tanto cualitativo como cuantitativo.

El método de CONREVIAl, define el tipo de falla y su severidad, en un área que se encuentra en el entorno a donde ejecuta también la evaluación estructural. Sin embargo el método propuesto en la USACE, el cual determina el Índice de la Condición del Pavimento (PCI), determina el tipo de falla, su magnitud, su severidad y además la densidad con respecto al área evaluada.

Los trabajos de evaluación superficial, no se orientan a trabajos tomados con ligereza, por el contrario los resultados obtenidos esconden una información potencial como: la información sobre el estado situacional de la vía, el inferir sobre las posibles causas de los problemas suscitados y el definir la posible solución.

Los diseños de la estructura de un pavimento, dependen de diferentes factores que sirven de insumos para determinar el número estructural. Uno de estos parámetros corresponde al tiempo de diseño que se desea que el pavimento brinde el servicio. Los logros de los objetivos se alcanzan siempre y cuando exista un plan de mantenimiento.

Durante este tiempo se deben realizar los trabajos de mantenimiento correspondientes para que la estructura de pavimento alcance el tiempo para el cual ha sido diseñado.

3.2 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 unidad de medición de rugosidad que se emplea en el Perú es el IRI (International Roughness Index o Índice de Rugosidad Internacional), parámetro desarrollado por el Banco Mundial para uniformizar los diversos criterios que existen para medir y calibrar la rugosidad de los pavimentos. Una discusión completa sobre el significado y cálculo del IRI se presenta en la referencia 1.

Para evaluar la serviciabilidad del pavimento se emplea el parámetro denominado Índice de Serviciabilidad Presente (PSI), el cual establece la condición funcional o capacidad de servicio actual del pavimento, 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 establecida 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, es decir, la adjetivación de la calidad de servicio que brinda en un momento determinado el pavimento, se evalúa en función de los valores de PSI calculados, de acuerdo a los siguientes rangos:

Cuadro N° 3.01: Relación PSI - Transitabilidad

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

Fuente: Propia

3.2.1 Métodos para medir la Serviciabilidad

El índice de serviciabilidad y su predicción en base a parámetros ingenieriles se inició con el experimento de la AASHTO en 1962. Desde este experimento a la fecha, se ha realizado una investigación intensiva para predecir el comportamiento del pavimento durante la vida útil, a fin de cuantificar la relación entre serviciabilidad del pavimento, cargas de tráfico y acciones de rehabilitación.

Existen diferentes maneras de establecer el grado de serviciabilidad del pavimento, desde una simple inspección visual realizada por uno o más ingenieros experimentados que en base a las fallas encontradas y a su apreciación personal estiman la serviciabilidad presente, hasta el uso de equipos sofisticados que permiten cuantificar las deformaciones longitudinales que se presentan en la vía.

Se puede mencionar tres indicadores para “medir” la serviciabilidad de un pavimento según la metodología seguida:

El rango de serviciabilidad presente (Present Serviciability Rating – PSR)

Establece la condición funcional actual del pavimento (transitabilidad) en base a la opinión de un observador sobre la capacidad o habilidad del pavimento para servir al tránsito que se considera debe soportar, siguiendo los criterios desarrollados en el Experimento Vial AASHTO. La escala de calificación subjetiva empleada varía desde 0 (esencialmente impasable) a 5 (excelente).

Índice de Serviciabilidad Presente (Present Serviciability Index – DCDCczPSI)

Medida de la serviciabilidad empleando medios mecánicos. Para su estimación la tendencia más difundida es la determinación de la rugosidad o deformación longitudinal del pavimento. Se han desarrollado para la determinación del PSI, fórmulas matemáticas diversas que combinan distintos parámetros de deterioro. Una de las primeras expresiones empleadas para calcular el PSI es la propuesta por la AASHTO en 1962, Paterson 1987:

$$PSI = 5.02 - 1.91 \log_{10}(1+SV) - 1.38 (RD)^2 - 0.03 (Cr + P)^{0.5}$$

Donde:

SV = Deformación Longitudinal

RD = Ahuellamiento en Pulgadas

CR = Área de fisuramiento (pies/1000 pie²)

P = Área de Parchado (pies/1000 pie²)

En Latinoamérica se han realizado ensayos para adaptar la fórmula de PSI a las condiciones propias de cada país. Así por ejemplo, en la República Argentina la Dirección Nacional de Vialidad luego de un estudio realizado en 1981m se llegó a la conclusión de que el usuario argentino es sensible a deformaciones en el perfil longitudinal similar a las variaciones registradas por el rugosímetro, deformaciones transversales (Ahuellamiento) y a desprendimientos de materiales de pavimento, fundamentalmente baches, proponiendo para el cálculo del PSI la siguiente expresión para pavimentos flexibles:

$$PSI = 5.03 - (1.91 \log (1 + 2.47 (Rug)^2) + (Ah)^2 / 480 + (D4)^2 / 71$$

Donde:

Rug = Rugosidad en m/Km

Ah = Ahuellamiento en mm

D4 = Parámetro que califica los desprendimientos del pavimento

Índice de Condición del Pavimento (PCI – Pavement Condition Index)

Muchos investigadores consideran que los valores de PSR o PSI no son suficientes para decidir si es necesario realizar el recapado, es por ello que diversas agencias vinculadas a labores de gerenciamiento del mantenimiento vial han desarrollado sistemas de evaluación de pavimentos que conducen a determinar un valor único denominado Índice de Condición del Pavimento.

El rango del PCI varia de 0 – 100, siendo 100 la condición óptima. Este índice considera además de la rugosidad, las diferentes fallas que presenta el pavimento y su grado de severidad, las cuales disminuyen el valor establecido como óptimo, entre estas fallas se consideran: fisuras transversales, fisuras longitudinales, piel de cocodrilo, fisuras de reflexión, ahuellamiento, ondulaciones, peladuras, exudación, desintegración, superficie pulida, entre otras.

3.2.2 Determinación de la rugosidad en unidades IRI

Para definir el International Roughness Index (IRI), los expertos del Banco Mundial han creado un modelo denominado “cuarto de coche” o “quarter car” (Grafico N° 3.01). Al avanzar el modelo por una carretera a una velocidad constante de 80 km/h e ir siguiendo sus irregularidades, las masas se mueven verticalmente, y para una combinación standard de valores de las constantes de los muelles, masas y amortiguador, el movimiento vertical relativo acumulado de la masa superior (que simula el asiento del conductor), al recorrer el modelo una longitud determinada de carretera, es lo que se conoce como IRI.

Grafico N° 3.01

Modelo “Quarter Car” para el cálculo del I.R.I.

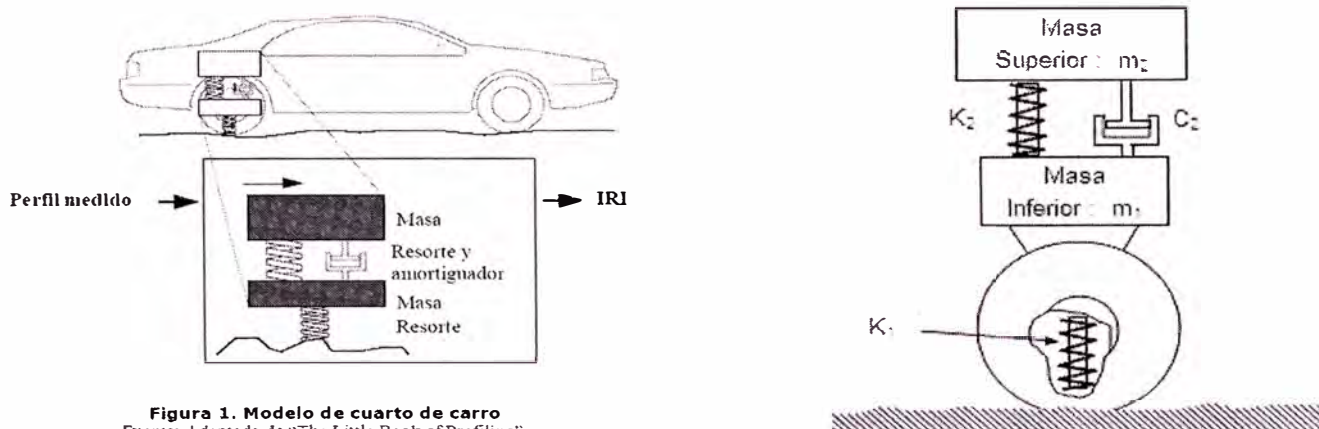


Figura 1. Modelo de cuarto de carro
Fuente: Adaptado de “The Little Book of Profiling”.

Fuente: Adaptada de “The Little Book of Profiling”

Para el cálculo del IRI, a partir, del perfil longitudinal de una carretera, existen diversos programas de cómputo basados en los principios básicos del modelo “cuarto de coche”, uno de ellos se ha publicado en versión Basic. el cual se ha empleado para la ejecución de los cálculos con los 60 perfiles generados. Para efectos de la investigación el programa fue denominado IRI.BAS.

La determinación del IRI se efectúa mediante el cálculo de cuatro variables, como función del perfil dado. Estas variables simulan la respuesta dinámica del modelo “cuarto de coche” viajando sobre el perfil. Las ecuaciones para las cuatro variables son resueltas para cada punto de elevación, excepto para el primero. La salida del programa presenta el desplazamiento acumulado y el desplazamiento acumulado dividido entre la longitud del tramo, que es la rugosidad en la escala del IRI.

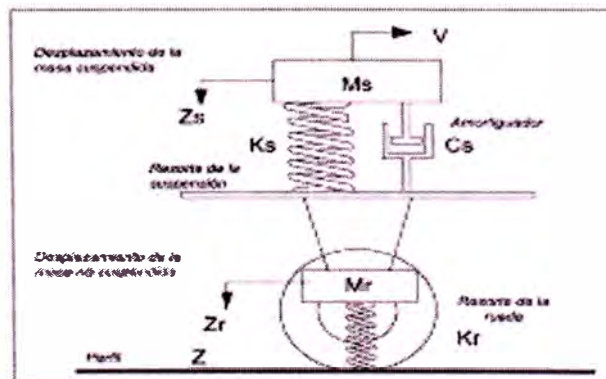
3.2.3 Cálculo del Índice de Rugosidad Internacional (IRI) basado en el modelo de cuarto de carro

El cálculo del IRI involucra la utilización de herramientas matemáticas, estadísticas y computacionales que permiten derivar la medida de regularidad asociada al camino; lo cual contempla etapas claramente diferenciadas y ajustadas a un desarrollo sistemático.

El primer paso del procedimiento para el cálculo del IRI, y el más importante de todos, consiste en medir las cotas o elevaciones de terreno que permiten representar el perfil real del camino. Esto significa que, el IRI es independiente de la técnica o equipo utilizado para obtener el perfil, y dependerá únicamente de la calidad del perfil longitudinal. Estos datos son sometidos a un primer filtro, en el cual se realiza un análisis estadístico (media móvil) y adecuaciones matemáticas, para poder generar un nuevo perfil que permite ser analizado desde el punto de vista de las irregularidades que se pudieran observar. Las razones para aplicar este primer filtro son las siguientes: a) para simular el comportamiento entre las llantas de los vehículos y la carretera, y b) para reducir la sensibilidad del algoritmo del IRI al intervalo de muestreo. Al nuevo perfil generado se le aplica un segundo filtro, el cual consiste en la aplicación de un modelo de cuarto de carro que se desplaza a una velocidad de 80 km/h.

A través de éste, se registran las características asociadas al camino basadas en los desplazamientos verticales inducidos a un vehículo estándar, el cual es modelado de forma simplificada como un conjunto de masas ligadas entre sí y con la superficie de la carretera, mediante resortes y amortiguadores. El movimiento sobre el perfil de la carretera produce desplazamientos, velocidades y aceleraciones en las masas, que lleva a medir los movimientos verticales no deseados atribuibles a la irregularidad del camino, quedando todo el sistema regido por la primera Ley de Newton, $F = m \cdot a$. (Ver Grafico 3.02)

Grafico N° 3.02
Modelo de Cuarto de Carro



Fuente: De Solminihac, H. Presentación Power Point. Planificación y Gestión Vial.

2006

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

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

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

Donde:

ks: constante del resorte de la suspensión

kr: constante del resorte de la rueda

Ms: masa suspendida

Mr: masa no suspendida

cs: amortiguador

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

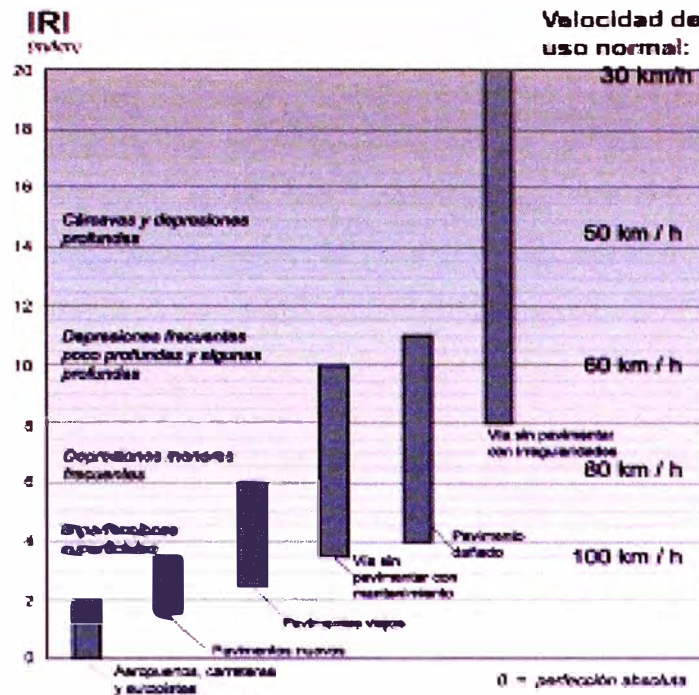
Un aspecto importante que debe considerarse en el método de cálculo de IRI, es que se deben estimar valores iniciales entre la respuesta de transición y la respuesta inducida por el perfil. Los efectos de esta inicialización disminuyen conforme la simulación del cuarto de carro cubre una mayor distancia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

A partir del estudio realizado por el Banco Mundial, se propuso una escala de

medición de la regularidad superficial para diferentes tipos de vías (ver Grafico 3.03)-

Grafico N° 3.03

Escala estándar empleada por el Banco Mundial para la cuantificación del I.R.I. para diferentes tipos de vías



Fuente: Adaptada de UMTRI Research Review, Vol. 33. Número 1. Enero-Febrero 2002

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

3.2.4 Métodos para la Medición de la Rugosidad

Clasificación de los métodos

Los diversos métodos para medir la rugosidad que existe en el mundo pueden agruparse, de acuerdo a la clasificación dada por el Banco Mundial, en cuatro

clases genericas, con relación a cuán directa sea la correlación que emplean para relacionar sus medidas con el Índice Internacional de Rugosidad (IRI).

Métodos Clase 1

Basados en la medición de perfiles topográficos de gran precisión, estos métodos se constituyen como los más exactos que existen para la determinación del IRI. Los métodos de la clase 1 establecen la rugosidad a través de la determinación muy exacta del perfil longitudinal de un pavimento, con medidas espaciadas cada 0.25 m y cotas con una precisión de 0.5 mm. A esta clase pertenecen los métodos basados en la medición del perfil del pavimento con el perfilómetro TRRL Beam, y, con mira y nivel de precisión (Rod and Level).

Métodos Clase 2

Esta clase incluye todos los otros métodos en los cuales la rugosidad se determina sobre la base de la medición del perfil longitudinal, pero con una exactitud menor que los de la Clase 1. Estos métodos recurren al uso de perfilómetros de alta velocidad o mediciones estáticas con equipos similares a los de Clase 1, pero con niveles inferiores de exactitud. Entre los perfilómetros de alta velocidad se tienen, el APL Trailer y GMRtype Inertial Profilometer.

Tanto los métodos Clase 1, como los Clase 2, establecen la rugosidad en unidades IRI haciendo uso de programas de cómputo, los cuales se basan en algoritmos matemáticos que simulan la respuesta dinámica que experimenta el sistema de suspensión de un vehículo modelo, al “transitar” por el perfil medido. Dicha respuesta se sintetiza finalmente en la cantidad de movimiento relativo vertical acumulado por unidad de longitud, expresado en m/km y que recibe el nombre de IRI.

Métodos Clase 3

En esta clase están los métodos que recurren al uso de una ecuación de correlación para la estimación del IRI. Estos métodos, también denominados “tipo respuesta” (Response-Type Road Roghness Measuring System, o simplemente, RTRRMS), establecen la rugosidad basados en la detección del movimiento relativo que experimenta el sistema de suspensión de un vehículo de pasajeros o de un tráiler remolcado, al transitar sobre el pavimento.

Las mediciones efectuadas mediante los métodos Clase 3 dependen de las características dinámicas de un vehículo, para proporcionar parámetros de rugosidad que puedan correlacionarse con el Índice de Rugosidad Internacional (IRI). Sin embargo, las propiedades dinámicas de cada vehículo son particulares y cambian con el tiempo, por lo que las mediciones directas deben ser correlacionadas con el IRI mediante una ecuación de calibración, que debe ser obtenida experimentalmente y específicamente para el vehículo empleado.

Esta clase también incluye métodos que emplean otros tipos de instrumentos para medir la rugosidad, diferentes a un RTRRMS, que sean capaces de generar parámetros razonablemente correlacionados con la escala del IRI. Entonces, un método para medir rugosidad califica como Clase 3 si emplea algún tipo de ecuación de correlación, indistintamente del tipo de instrumentación o vehículo que se utilice para la obtención de la medida de rugosidad básica.

Los métodos Clase 3 emplean diversos tipos de equipos, tales como el Mays Meter (Norteamericano), Bump Integrator (Inglés), NAASRA Meter (Australiano), etc., todos ellos producidos comercialmente.

Métodos Clase 4

Hay situaciones en las que se requieren datos de rugosidad sin necesidad de una gran precisión o simplemente no es posible obtener datos precisos; Sin embargo se hace deseable relacionar las medidas a la escala del IRI. En tales casos se puede recurrir a una evaluación subjetiva, ya sea mediante experiencia previa recorriendo caminos o basándose en 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.

3.2.5 Métodos Utilizados en el Perú

Si bien en el Perú existen también equipos tipo respuesta (BUMP INTEGRATOR), su uso ha sido bastante limitado. En cuanto a la calidad de resultados, la experiencia no ha sido muy afortunada, debido fundamentalmente a la falta de exactitud de las calibraciones efectuadas o a la imposibilidad de mantener las condiciones con las que inicialmente fueron calibrados los equipos,

lo que ha incidido en la obtención de resultados inconsistentes con el estado de los pavimentos evaluados.

En consecuencia, la mayor experiencia en el Perú está relacionada con el método basado en el uso del rugosímetro denominado Merlin, desarrollado por el TRRL de Gran Bretaña. De acuerdo a la clasificación del Banco Mundial, el método de medición del Merlin califica por la forma como Clase 3, ya que hace uso de una ecuación de correlación para relacionar los valores que determina con la escala del IRI. Sin embargo, por haber sido diseñado como una variación de un perfilómetro estático, y debido a la gran exactitud de sus resultados, es considerado como un método Clase 1.

El Merlin es un equipo de diseño simple, que funciona de acuerdo al principio de la palanca. Posee la capacidad de detectar y amplificar las irregularidades que presenta la superficie del pavimento. Lo que mide finalmente el Merlin no es la magnitud de las deformaciones sino su variabilidad. El principio que sustenta el método es que a mayor variabilidad, mayor resulta la magnitud de la rugosidad.

Para calcular la rugosidad de los pavimentos con el Merlin, se ha utilizado en un principio el método original propuesto por el TRRL. Posteriormente se realizaron modificaciones a fin de obtener un mayor rendimiento con el equipo. Asimismo, se elaboró una nueva ecuación de correlación, con base en la experiencia peruana, que es empleada para el control de calidad de pavimentos nuevos.

3.2.6 Calibración de los Equipos de Medición de Rugosidad

La calibración de los equipos de medición de rugosidad depende del tipo de equipo que se emplee.

Los perfilómetros de precisión utilizados en métodos de clase 1, no requieren de mayor calibración por tratarse de una medición directa del perfil longitudinal y más bien son utilizados para calibrar equipos utilizados en la clase 2 y clase 3.

Los equipos empleados en la clase 2 como son los perfilómetros de alta velocidad son menos precisos que los de clase 1. Por ser equipos de alta

tecnología su calibración es usualmente realizada por cada fabricante y verificada en campo con equipos de clase 1.

En lo que respecta a los métodos de clase 3 que utilizan rugosímetros dinámicos y ecuaciones de correlación para convertir la data recolectada en campo a valores de rugosidad en IRI su grado de precisión depende del proceso de calibración utilizado y del grado de precisión de las ecuaciones de correlación utilizadas. Para la calibración de estos equipos se utilizan equipos de clase 1 de preferencia y de no contar con éstos, se calibrará con equipos de clase 2.

Los métodos clase 4 por ser subjetivos simplemente dependen de la experiencia del evaluador con resultados obtenidos con los otros métodos.

En el Perú, los rugosímetros dinámicos con métodos de medición de clase 3 son los más empleados por lo que a continuación haremos énfasis en este procedimiento.

También se discutirá el uso del rugosímetro tipo MERLIN (Machine for Evaluating Roughness using Low Cost Instrumentation), equipo de diseño simple fabricado especialmente para su uso en países en vías de desarrollo y que se ha utilizado en el Perú en ausencia de los rugosímetros dinámicos.

3.2.7 Especificaciones Técnicas

Primeras especificaciones para rugosidad

Para el caso de pavimentos asfálticos nuevos, se consideró que el acabado debería ser tal que la Serviciabilidad de la vía estuviese comprendida en el rango superior de la escala del PSI, es decir, correspondiente a una Transitabilidad Muy Buena (PSI entre 4 y 5). Tomando como base un PSI igual a 4, que es un valor que se supuso podía ser alcanzado fácilmente mediante procesos constructivos convencionales, se estableció utilizando la expresión de Sayers que relaciona el IRI con el PSI, que la rugosidad que debería solicitar la especificación era de 1.23 m/km.

Fue opinión del Ministerio que tal valor era demasiado exigente y que, por tener la especificación un carácter experimental, debería establecerse un límite algo

mayor, pero siempre correspondiente a una Transitabilidad en el rango de Buena (PSI entre 3 y 4). Así se estableció como un límite adecuado, para pavimentos totalmente nuevos, una rugosidad media máxima de 1.5 m/km.

Para el caso de pavimentos recapados, se consideró que la rugosidad de la nueva carpeta asfáltica dependería del grado de deformación de la carpeta antigua existente. Tomando en consideración que ya existía el criterio de proyectar recapados sólo para estructuras existentes con rugosidad no mayor de 3 m/km, se estableció como límite de rugosidad, para el caso de recapados, un valor de 2m/km, el cual equivale a un PSI de 3.5, es decir, el valor medio en el rango de Transitabilidad Buena.

Especificaciones actuales para rugosidad

Después de transcurridos más de 2 años de elaboradas las primeras especificaciones técnicas, período durante el cual se había estudiado, controlado y supervisado la rugosidad de más de 2,000 km de carreteras, el Ministerio de Transportes y Comunicaciones del Perú, a través del Proyecto Especial de Rehabilitación de la Infraestructura de Transportes (PERT), dio a conocer las nuevas especificaciones técnicas para rugosidad (Octubre 1995), las cuales se incluyeron como parte del control para la recepción de las obras.

De acuerdo al documento publicado, la rugosidad de los pavimentos se deberá controlar calculando un parámetro denominado IRI característico (IRI_c), el cuál es igual al IRI promedio más el producto de un coeficiente estadístico igual a 1.645 por la desviación estándar ($IRI_c = IRI_{prom} + 1.645 \text{ Desv.Std.}$). Calculado el IRI característico (IRI_c), el sector o tramo es aceptado si cumple con las siguientes condiciones:

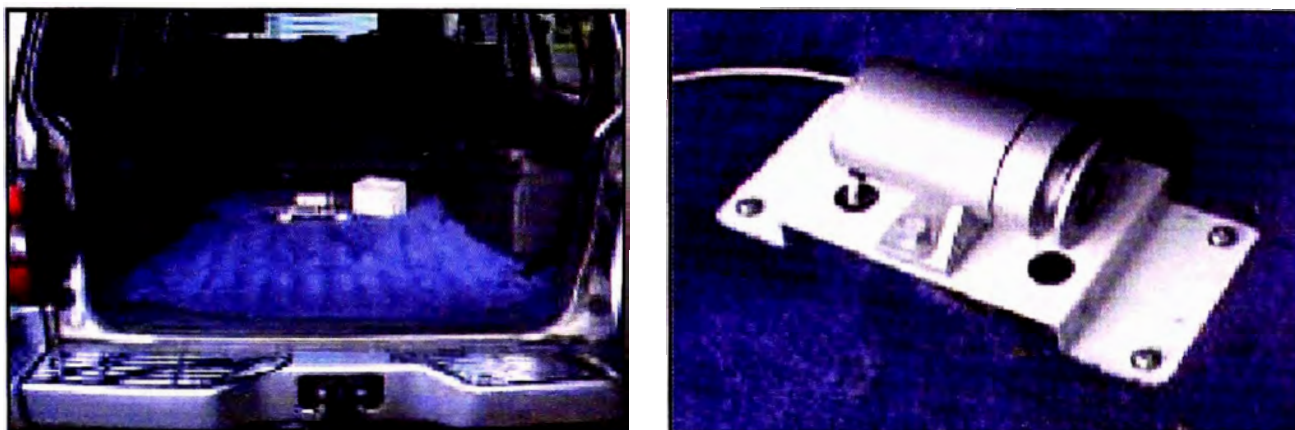
1. En tramos de pavimento de nueva construcción, el índice IRI_c debe ser menor o igual a 2.0.
2. En tramos de refuerzo del pavimento (recapados), el índice IRI_c debe ser menor o igual que 2.5.
3. En tramos de sellado del pavimento, el índice IRI_c debe ser menor o igual que 3.0.

3.3 METODO DE LA EVALUACION DE LA RUGOSIDAD CON EQUIPO BUMP INTEGRATOR

El equipo Bump Integrator (B.I.), fue fabricado por Leonard Farnell & Co. Ltda, en el Reino Unido, y proviene de un diseño del Transport and Road Reserch Laboratory (TRRL), con sede en Inglaterra, el cual sirve para tomar datos de rugosidad mediante el uso de vehículos, de manera tal que se registra los desplazamientos acumulados del eje posterior respecto a su chasis. Estos valores se registran como B.I., que solo mediante una calibración se relacionan con un valor I.R.I.

Grafico N° 3.04

Equipo de medición de rugosidad Bump Integrator



Fuente: Rugosidad Pablo del Águila

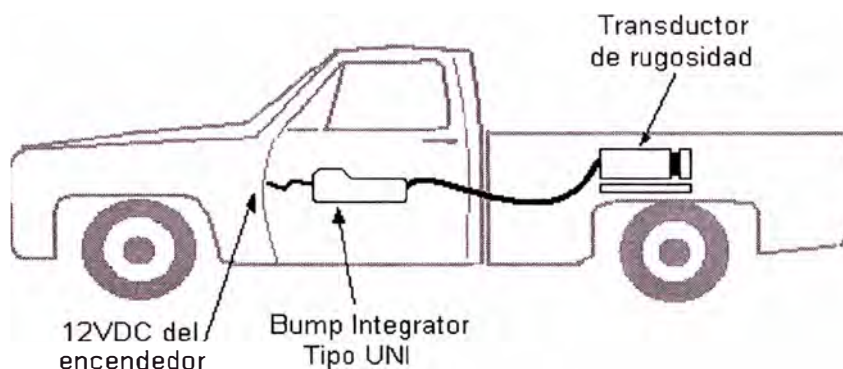
El Rugosímetro Electrónico Bump-Integrator Tipo UNI (REBITU), es un equipo diseñado para medir la rugosidad de pavimentos y está conformado por un adquisidor de datos y un sensor de desplazamiento.

El Rugosímetro Electrónico Bump Integrator Tipo Uni (REBITU), es capaz de medir la rugosidad del pavimento analizado de gran extensión, el cual va montado en un vehículo a una velocidad de 40 Km/h y la toma de datos se realiza en tramos que pueden ser desde los 100 m hasta los 900 m

Las medidas son mucho más 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.

Grafico N° 3.05

Modelo de conexión del Rugosímetro Electrónico



Fuente: Guía de Instrumentación desarrollada en el IIFIC – UNI

3.3.1 Calibración del Rugosímetro Tipo Respuesta “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.

CAPITULO IV: APLICACIÓN TRAMO KM. 64 + 000 – KM. 69 + 000

4.1 RECOPIACION DE DATOS DE CAMPO

Los trabajos realizados para la recolección de datos en campo comprendieron 02 etapas:

1. Instalación y verificación del correcto funcionamiento del equipo (Rugosímetro).
2. Medición de rugosidad en la vía mediante lecturas directas del Bump Integrator y posteriormente, en base a las lecturas, la ubicación de los tramos de calibración.

Las mediciones de Rugosidad se efectuaron a la velocidad promedio de 40 Km/h. con una presión de neumáticos de 38 lbs/pulg² tomándose lecturas del instrumento en cada zona continua a lo largo de toda la vía y por cada carril, registrándose en las planillas respectivas los datos para los dos carriles, en el sentido de circulación normal. Se realizaron 2 pasadas por carril y por sentido.

Cuadro N° 4.01: Valores B.I. tramo Km. 64 + 000 – Km. 69 + 000

SENTIDO MEDICION	PROGRESIVAS (Km. 64 + 000 - Km. 69 + 000)				
	64 - 65	65 - 66	66 - 67	67 - 68	68 - 69
Ida	1900	1790	2435	2269	2080
Retorno	2075	1800	2819	2389	2382
Ida	1890	1900	2621	2354	2068
Retorno	2161	1933	2773	2369	2404

Fuente: Formato Técnico del Instituto de Investigación IIFIC

Cuadro N° 4.02: Aspectos B.I. en cada Kilometro del tramo

PROGRESIVA Km.	ASPECTOS RESALTANTES EN EL TRAMO EVALUADO	B.I. PROMEDIO
64 - 65	Tramo de 1 km sin obstáculos	2007
65 - 66	Tramo de 50 metros(no medido), puente a 420 metros	1856
66 - 67	Tramo de 1 km sin obstáculos	2662
67 - 68	Giba presente a 360, 550 metros	2345
68 - 69	Tramo de 1 km sin obstáculos	2234

Fuente: Formato Técnico del Instituto de Investigación IIFIC

El tramo en análisis tiene una longitud de 5 km, el cual se sub-dividió en tramos de 1 km cada uno por efecto de geometría en el trazado siendo en algunos

casos continuo (sin singularidades) y en otros con presencia de obstáculos en la vía (singularidades), lo cual determinaba una reducción en la velocidad directriz significativa al momento de la toma de datos. Esta singularidad en la vía, también se ve reflejado en los resultados obtenidos, ya que la medición no fue hecha de forma continua, a velocidad constante, ni representativa de todo el tramo.

4.2 CALIBRACION DE EQUIPO

La rugosidad es un dato empleado en el inventario vial que permite calificar el estado o condición funcional de la vía y permite el cálculo de los costos de operación del usuario. El Índice de Rugosidad Internacional (IRI) es el parámetro más recomendado por el Banco Mundial y es el más difundido actualmente para la medición de la rugosidad en pavimentos.

La medición de rugosidad se efectuó con un equipo tipo respuesta (Rugosímetro Electrónico Bump Integrator Tipo UNI) montado sobre una camioneta pick-up, debidamente acondicionada y calibrada. 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 que puede conducir a decisiones incorrectas.

Para efectos de este informe, se presentan las mediciones de rugosidad con equipo "BUMP INTEGRATOR", debidamente calibrado, equipo tipo respuesta que permite correlacionar sus resultados con el Índice de Rugosidad Internacional (IRI) obtenidos con el rugosímetro Merlín, equipo de diseño simple fabricado especialmente para su uso en países en vías de desarrollo. Este rugosímetro solamente requiere de un operador, que recorre a pie el sector en estudio efectuando mediciones a intervalos regulares abarcando una distancia

aproximada de 400 m. Para la calibración se hicieron mediciones de rugosidad con equipo BUMP INTEGRATOR en unidades BI en las mismas zonas en los que se efectuó las mediciones con el equipo MERLIN. La calibración ha sido realizada en cuatro (04) secciones en la misma carretera Cañete – Yauyos - Chupaca y teniendo como Tratamiento Superficial al Slurry Seal (debido a que presenta una superficie más uniforme en comparación con el tratamiento superficial monocapa) durante la primera semana de Octubre del año 2009.

Los trabajos realizados comprendieron cuatro etapas:

1. Instalación y verificación del correcto funcionamiento del equipo (rugosímetro).
2. Medición de rugosidad en la vía mediante lecturas directas del Bump Integrator y posteriormente, en base a las lecturas, la ubicación de los tramos de calibración.
3. Medición de la rugosidad mediante el rugosímetro “Merlín” en los sectores de calibración definidos previamente.
4. Determinación de la ecuación de calibración entre las lecturas del instrumento y los valores IRI reales determinados en la secciones de calibración.

En cada sector evaluado se indicó los límites de los cruces urbanos o poblados, sin perjuicio de efectuar las mediciones en estos sectores. Así también se registraron a aquellos obstáculos que de forma alguna influyen en la determinación de la Rugosidad, así como tachas delineadoras, rompe muelles o gibas, accesos a puentes, badenes, baches, interrupciones de la vía por pérdida del pavimento, etc.

Cuadro N° 4.03: Secciones de Calibración

Zonas de Calibración	Ubicación	Tipo de Superficie
GRUPO 01	Km. 59 + 000 – Km. 64 + 000	SLURRY SEAL
GRUPO 02	Km. 64 + 000 – Km. 69 + 000	SLURRY SEAL
GRUPO 03	Km. 69 + 000 – Km. 74 + 000	SLURRY SEAL
GRUPO 04	Km. 74 + 000 – Km. 79 + 000	SLURRY SEAL

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro N° 4.04: Recolección de valores en cada tramo de Calibración

SENTIDO MEDICION	PROGRESIVAS (Km. 59 + 000 - Km. 64 + 000)				
	59 - 60	60 - 61	61 - 62	62 - 63	63 - 64
Ida	2522	2282	2198	1913	2564
Retorno	2201	2466	2344	2015	3115
Ida	2602	2582	2043	2164	2524
Retorno	2200	2371	2238	2134	2950

SENTIDO MEDICION	PROGRESIVAS (Km. 64 + 000 - Km. 69 + 000)				
	64 - 65	65 - 66	66 - 67	67 - 68	68 - 69
Ida	1900	1790	2435	2269	2080
Retorno	2075	1800	2819	2389	2382
Ida	1890	1900	2621	2354	2068
Retorno	2161	1933	2773	2369	2404

SENTIDO MEDICION	PROGRESIVAS (Km. 69 + 000 - Km. 74 + 000)				
	69 - 70	70 - 71	71 - 72	72 - 73	73 - 74
Ida	2308	2310	2307	2352	2146
Retorno	2554	2397	2064	2109	2495
Ida	2366	2391	2258	2389	2296
Retorno	2294	2373	2067	2252	2180

SENTIDO MEDICION	PROGRESIVAS (Km. 74 + 000 - Km. 79 + 000)				
	74 - 75	75 - 76	76 - 77	77 - 78	78 - 79
Ida	2589	2212	2361	2242	1375
Retorno	2595	2073	2073	2225	1396
Ida	2601	2239	2539	2348	1355
Retorno	2693	1978	2198	2424	1492

Fuente: Elaboración Propia

Y a continuación se presentan los valores I.R.I. obtenidos con el equipo Merlín para dichos tramos de calibración.

Cuadro N° 4.05: Valores I.R.I. Merlín en tramos de calibración

Zonas de Calibración	Ubicación	I.R.I. (m/Km)
GRUPO 01	Km. 59 + 000 – Km. 64 + 000	3.81
GRUPO 02	Km. 64 + 000 – Km. 69 + 000	3.77
GRUPO 03	Km. 69 + 000 – Km. 74 + 000	3.16
GRUPO 04	Km. 74 + 000 – Km. 79 + 000	3.84

Fuente: Elaboración Propia

La medición de Rugosidad con el aparato MERLIN tiene como objetivo obtener la rugosidad en términos del IRI (International Roughness Index) de los sectores seleccionados.

El aparato MERLIN indica la evaluación objetiva de la irregularidad longitudinal causada por hundimientos localizados o generalizados, ondulaciones y/o depresiones.

Teniendo los valores de las lecturas del Bump Integrator y de IRI obtenidos con el Merlín para los sectores indicados en el cuadro N° 4.03, se hace un análisis de regresión, obteniendo de esta manera la ecuación que relaciona los valores del Bump Integrator con los valores de IRI obtenidos mediante el MERLIN.

En el cuadro N° 4.06 se indica la rugosidad en las secciones de calibración y las lecturas BI en las mismas. Cabe señalar que la obtención del valor I.R.I. con el equipo Merlin se dio para los tramos representativos de calibración en solo 400 m. del Kilometro; pero los datos de B.I. obtenidos por el equipo Bump Integrator del mismo tramo representativo es resultado de medición en todo el Kilometro.

Con esa salvedad hacemos la relación I.R.I. – B.I.:

Cuadro N° 4.06: Valores de BI (Bump Integrator) y de I.R.I (Merlin) a Correlacionar

Zonas de Calibración	Ubicación	(BI) (1000 m)	IRI (m/Km)
GRUPO 01	Km. 59 + 000 – Km. 64 + 000	77	3.81
GRUPO 02	Km. 64 + 000 – Km. 69 + 000	80	3.77
GRUPO 03	Km. 69 + 000 – Km. 74 + 000	31	3.16
GRUPO 04	Km. 74 + 000 – Km. 79 + 000	175	3.84

Fuente: Elaboración Propia

Con base a los valores de IRI en el Cuadro N°3, se realizan un análisis de regresión, correlacionando los valores de IRI obtenidos con los valores de las lecturas del Rugosímetro tipo Bump Integrator, determinando de esta manera la fórmula de calibración integral.

En este caso se analizaron cuatro regresiones, definiendo aquella cuyo valor de R sea más cercano a la unidad. A continuación, se presentan los valores del Bump Integrator promedio y los valores I.R.I.

Cuadro N° 4.07: Datos obtenidos de medición equipo Merlín
FECHA MUESTREO: SABADO 03 - OCTUBRE - 2009.

	TRAMOS REPRESENTATIVOS DE:			
Km.	59 - 64	64 - 69	69 - 74	74 - 79
I.R.I.	3.81	3.77	3.16	3.84

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro N° 4.08: Datos obtenidos de medición Bump Integrator
FECHA MUESTREO: SABADO 03 - OCTUBRE - 2009.
TRAMO SOLO DE IDA

	TRAMOS REPRESENTATIVOS DE:			
Km.	59 - 64	64 - 69	69 - 74	74 - 79
	B.I.	B.I.	B.I.	B.I.
Ida	2282	2435	2352	2361
Ida	2582	2621	2389	2539
B.I. PROM.	2432	2528	2371	2450

Fuente: Elaboración Propia

PRIMERA TABULACION:

La curva de tendencia de la calibración se dará en base a los siguientes valores:

Cuadro N° 4.09: Primera Tabulación

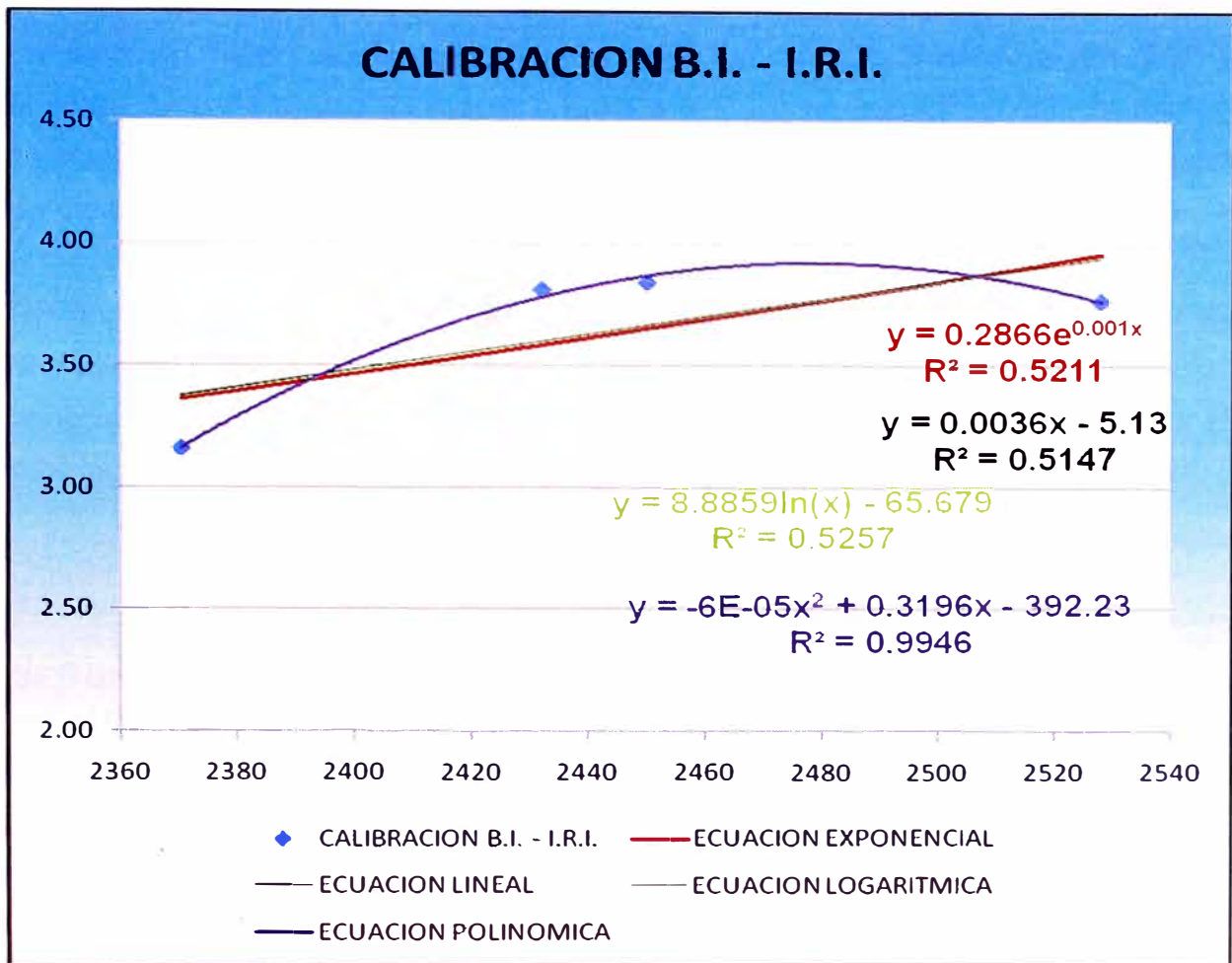
CALCULOS A TABULAR:

	TRAMOS REPRESENTATIVOS DE:			
Km.	59 - 64	64 - 69	69 - 74	74 - 79
B.I.	2432	2528	2371	2450
I.R.I.	3.81	3.77	3.16	3.84

Fuente: Elaboración Propia

La curva y ecuación de calibración para el tramo evaluado de la carretera Cañete – Yauyos – Chupaca, se muestra a continuación:

Grafico N° 4.01
Curva y Ecuación de Calibración



Fuente: Elaboración Propia

Se tienen las siguientes curvas de tendencia de calibración halladas:

Cuadro N° 4.10: Ecuación de Calibración

DETERMINAMOS LA ECUACION CON MAYOR "R" CUADRATICO Y PENDIENTE POSITIVA.

ECUACION	FORMULA MATEMATICA	R ²
EXPONENCIAL	$I.R.I. = 0.2866 * e^{0.001*(B.I.)}$	0.5211
LINEAL	$I.R.I. = 0.0036 * (B.I.) - 5.13$	0.5147
LOGARITMICA	$I.R.I. = 8.8859 * \ln (B.I.) - 65.679$	0.5257
POLINOMICA	$I.R.I. = -6E-05(B.I.)^2 + 0.3196 * (B.I.) - 392.23$	0.9946

Fuente: Elaboración Propia

NOTA: Donde "e" es un número matemático de valor aproximado:

$e \approx 2.71828182845904523$

Según la teoría:

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.

Se tiene en este caso la Ecuación Polinómica, que reproduce un valor de correlación (R – cuadrático) más próximo a la unidad, sin embargo la grafica tiene una pendiente o tendencia negativa. Las demás ecuaciones tienen valor R^2 menos a 0.8 por lo tanto no se pueden escoger como ecuación de calibración.

Queda entonces revisar los datos, para reajustar la ecuación:

SEGUNDA TABULACION:

Cuadro N° 4.11: Segunda Tabulación

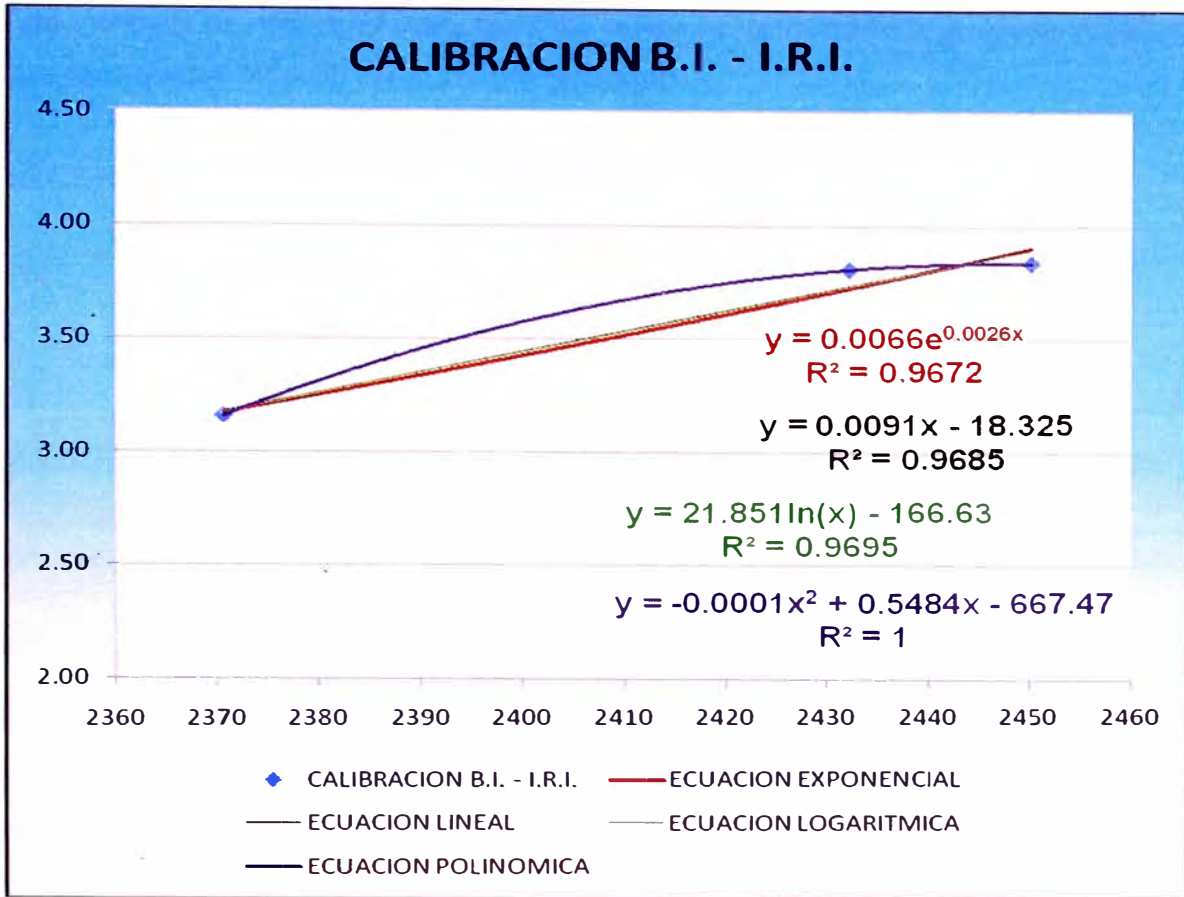
CALCULOS A TABULAR:

	TRAMOS REPRESENTATIVOS DE:			
Km.	59 - 64	64 - 69	69 - 74	74 - 79
B.I.	2432		2371	2450
I.R.I.	3.81		3.16	3.84

Fuente: Elaboración Propia

La curva y ecuación de calibración para el tramo evaluado de la carretera Cañete – Yauyos – Chupaca, en estas condiciones se muestra a continuación:

Grafico N° 4.02
Curva y Ecuación de Calibración



Fuente: Elaboración Propia

Tenemos las siguientes curvas de tendencia de calibración halladas:

Cuadro N° 4.12: Ecuación de calibración.

DETERMINAMOS LA ECUACION CON MAYOR "R" CUADRATICO Y PENDIENTE POSITIVA.

ECUACION	FORMULA MATEMATICA	R ²
EXPONENCIAL	I.R.I. = 0.0066 * e ^{0.0025*(B.I.)}	0.9672
LINEAL	I.R.I. = 0.0091 * (B.I.) – 18.325	0.9685
LOGARITMICA	I.R.I. = 21.851 * ln (B.I.) – 166.63	0.9695
POLINOMICA	I.R.I. = -0.0001(B.I.) ² + 0.5484 * (B.I.) – 667.47	1

Fuente: Elaboración Propia

Se tiene la Ecuación Polinómica, que reproduce un valor de correlación (R – cuadrático) igual a la unidad (R² = 1), sin embargo la grafica tiene una pendiente o tendencia negativa. Las demás ecuaciones tienen valor R² mayores a 0.8 y cercanas a la unidad, por lo tanto podrían ser tomadas como ecuación de calibración.

Pero esta serie de datos presenta una incongruencia en el valor I.R.I. hallado con el equipo Merlín del tercer tramo Km. 69 + 000 – 74 + 000, que es 3.16 m/km.; el cual es menor al valor de 3.53 m/km. determinado con el mismo equipo entre fechas del 02 y 03 de Julio del presente.

TERCERA TABULACION:

Cuadro N° 4.13: Tercera Tabulación

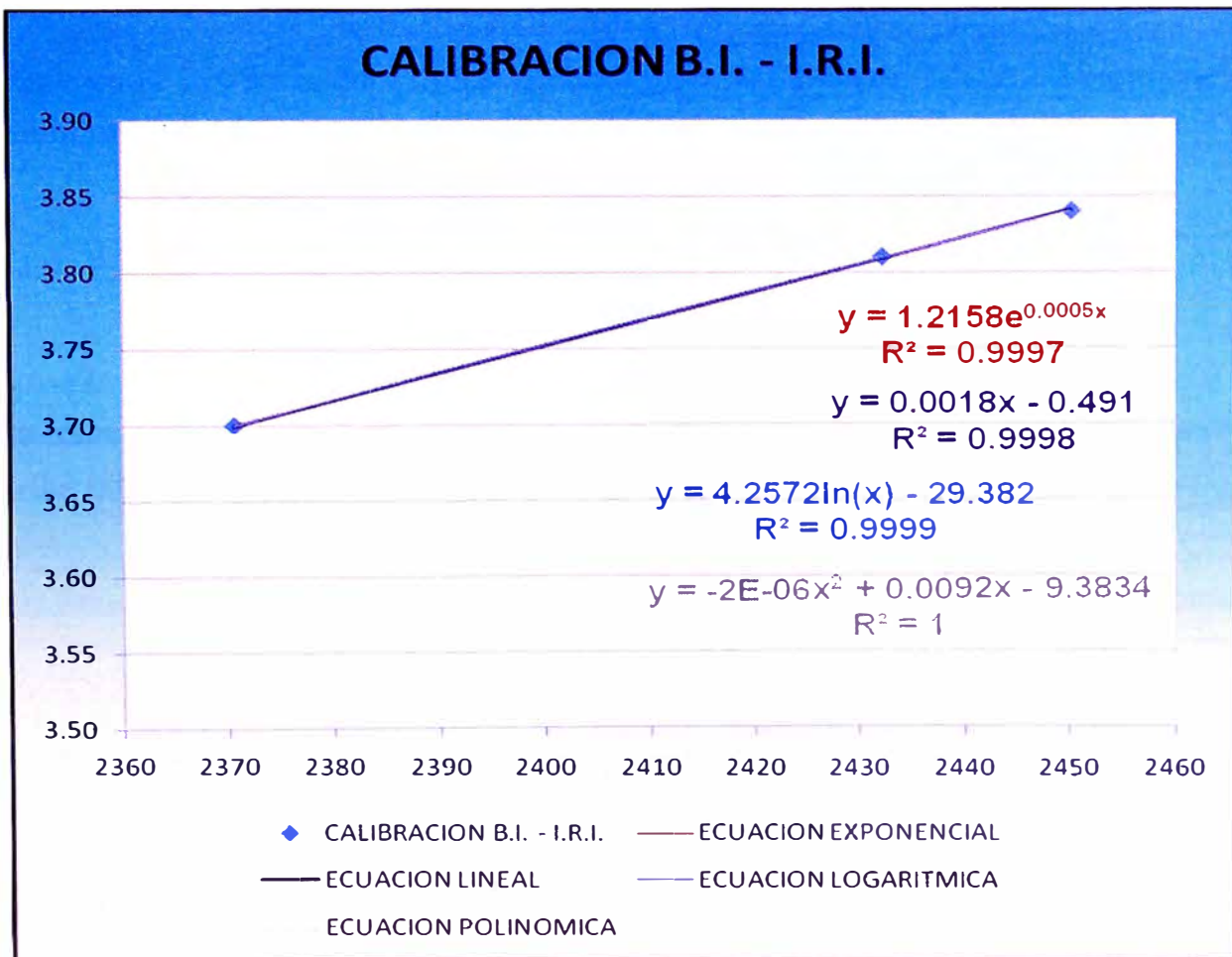
CALCULOS A TABULAR:

	TRAMOS REPRESENTATIVOS DE:			
Km.	59 - 64	64 - 69	69 - 74	74 - 79
B.I.	2432		2371	2450
I.R.I.	3.81		3.70	3.84

Fuente: Elaboración Propia

Grafico N° 4.03

Curva y Ecuación de Calibración



Fuente: Elaboración Propia

Se tienen las siguientes curvas de tendencia de calibración halladas:

Cuadro N° 4.14: Ecuaciones de Calibración

ECUACION	FORMULA MATEMATICA	R ²
EXPONENCIAL	$I.R.I. = 1.2158 * e^{0.0005*(B.I.)}$	0.9997
LINEAL	$I.R.I. = 0.0018 * (B.I.) - 0.491$	0.9998
LOGARITMICA	$I.R.I. = 4.2572 * \ln (B.I.) - 29.382$	0.9999
POLINOMICA	$I.R.I. = -2E-06(B.I.)^2 + 0.0092 * (B.I.) - 9.3834$	1

Fuente: Elaboración Propia

De estas ecuaciones obtenidas de la correlación entre valores B.I. e I.R.I. y verificando la que tenga un mayor “R” cuadrático y pendiente positiva, se toma la Lineal; con R² = 0.9998.

Entonces tenemos:

$$IRI = 0.0018 \times B.I. - 0.491$$

Que es la Ecuación de Calibración o Correlación entre B.I. e I.R.I. determinada para el tramo de carretera con tratamiento básico Slurry Seal.

4.3 PROCESAMIENTO DE DATOS

Con la ecuación de calibración determinada se procede a evaluar los valores B.I. (obtenidos con equipo Bump Integrator a 40 km/h) del sub - tramo en evaluación Km. 64 + 000 – Km. 69 + 000 en ella:

Cuadro N° 4.15: Valores de B.I. recolectados en sub-tramos

SUB-TRAMO Km.	SENTIDO DE MEDICION			
	IDA		RETORNO	
	1°	2°	1°	2°
64 - 65	1900	1890	2075	2161
65 - 66	1790	1900	1800	1933
66 - 67	2435	2621	2819	2773
67 - 68	2269	2354	2389	2369
68 - 69	2080	2068	2382	2404

Fuente: Elaboración Propia

Entonces los valores I.R.I. producto de reemplazar los B.I. obtenidos; en la ecuación de calibración:

Cuadro N° 4.16: Valores de I.R.I. obtenidos en cada sub-tramo

SUB-TRAMO Km.	SENTIDO DE MEDICION			
	IDA		RETORNO	
	1°	2°	1°	2°
64 - 65	2.93	2.91	3.24	3.40
65 - 66	2.73	2.93	2.75	2.99
66 - 67	3.89	4.23	4.58	4.50
67 - 68	3.59	3.75	3.81	3.77
68 - 69	3.25	3.23	3.80	3.84

Fuente: Elaboración Propia

Cabe señalar que la Ecuación de Calibración o Correlación determinada, es referencial para el tramo evaluado ya que con solo 3 puntos no se puede ajustar una curva de tendencia que sea representativa al 100 % en toda la longitud. Por tal motivo, y además por no tener en algunos casos tramos de medición con toma de datos continuos, podría el valor de I.R.I. obtenido en los sub-tramos no reflejar la realidad de la condición del pavimento.

CAPITULO V: ANALISIS Y RESULTADOS

Luego de procesar los datos en el capítulo anterior, se puede analizar lo obtenido en base a valores esperados. En primera instancia, se muestra los valores de I.R.I. obtenidos por el equipo Merlin en fechas de Junio y Julio, luego de haber transcurrido alrededor de 4 a 5 meses después de colocado el Slurry Seal en la carretera. Los valores son:

Cuadro N° 5.01: Valores de I.R.I. tomados en fecha anterior, base de datos

TRAMO TOTAL: KM. 59 + 000 - KM. 79 + 000.
CARRIL DE ENSAYO: DERECHO.
CARPETA DE RODADURA: SLURRY SEAL.
FECHA ENSAYO: 24-06-09 AL 03-07-09.


N° DATOS	CODIGO	TRAMO		FECHA ENSAYO	I.R.I. (m/Km)	TRAMO ESTUDIO
		P. INICIO	P. FINAL			
1	I - 09	58 + 900	59 + 300	24/06/2009	3.21	G - 1
2	I - 10	59 + 300	59 + 700	24/06/2009	3.75	
3	I - 11	59 + 700	60 + 100	25/06/2009	4.08	
4	I - 12	60 + 500	60 + 900	25/06/2009	3.19	
5	I - 13	61 + 500	61 + 900	25/06/2009	3.61	
6	I - 14	62 + 560	62 + 960	26/06/2009	2.91	
7	I - 15	63 + 000	63 + 400	26/06/2009	3.48	
8	I - 16	64 + 100	64 + 500	26/06/2009	2.54	G - 2
9	I - 17	65 + 600	66 + 000	02/07/2009	3.17	
10	I - 18	66 + 000	66 + 400	02/07/2009	3.22	
11	I - 19	67 + 600	68 + 000	02/07/2009	3.74	
12	I - 20	68 + 500	68 + 900	02/07/2009	2.85	
13	I - 21	69 + 045	69 + 445	02/07/2009	3.86	G - 3
14	I - 22	70 + 150	70 + 550	02/07/2009	3.08	
15	I - 23	71 + 500	71 + 900	02/07/2009	3.80	
16	I - 24	72 + 000	72 + 400	03/07/2009	3.55	
17	I - 25	73 + 100	73 + 500	03/07/2009	3.34	
18	I - 26	74 + 400	74 + 800	03/07/2009	3.51	G - 4
19	I - 27	75 + 000	75 + 400	03/07/2009	3.57	
20	I - 28	76 + 300	76 + 700	03/07/2009	3.51	
21	I - 29	77 + 200	77 + 600	03/07/2009	3.18	
22	I - 30	78 + 050	78 + 450	03/07/2009	2.84	
PROMEDIO ARITMETICO:					3.36	

Fuente: Escuela Profesional FIC – UNI

Se sectoriza según los tramos evaluados en la carretera, y determina luego el promedio aritmético de los valores en cada tramo de 5 Kms. Se hace una comparación con los valores actuales tomados por el equipo Merlin el 03 de Octubre:

Cuadro N° 5.02: Valores de I.R.I. comparables por tiempo de servicio de vía

TRAMO		FECHA	I.R.I.
P. INICIO	P. FINAL	PASADA	(m/Km)
59 + 000	64 + 000	JUNIO	3.46
64 + 000	69 + 000	JULIO	3.10
69 + 000	74 + 000	JULIO	3.53
74 + 000	79 + 000	JULIO	3.32

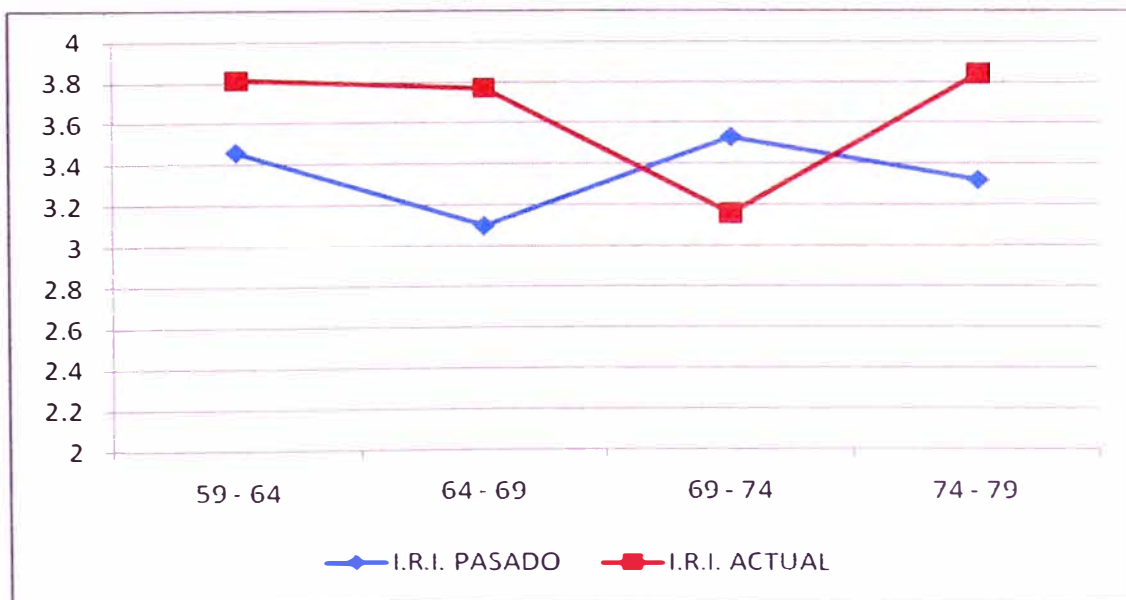


TRAMO		FECHA	I.R.I.
P. INICIO	P. FINAL	ACTUAL	(m/Km)
59 + 000	64 + 000	OCTUBRE	3.81
64 + 000	69 + 000	OCTUBRE	3.77
69 + 000	74 + 000	OCTUBRE	3.18
74 + 000	79 + 000	OCTUBRE	3.84

Fuente: Elaboración Propia

Presentándolo en un grafico:

Grafico N° 5.01
Comparación de I.R.I. vs. Tramo 5 km.



Fuente: Elaboración Propia

Se tiene en la medición actual (mes de Octubre), los valores de I.R.I. (para las secciones de 5 Km cada una con Slurry Seal) mayores a los obtenidos meses atrás (mes de Junio – Julio) y con una misma tendencia de aumento, lo cual

refleja el relativo deterioro de la carpeta tras su puesta en servicio. Solo un dato de I.R.I. en particular resulto menor al valor determinado anteriormente, lo que podría ser resultado de una mala muestra de datos ya que no refleja lo observado en campo; y el cual evidenciamos en el Cuadro N° 5.03.

Cuadro N° 5.03: Valor de diferencia entre I.R.I. anterior y actual

TRAMO		VARIACION I.R.I.
P. INICIO	P. FINAL	
59 + 000	64 + 000	0.35
64 + 000	69 + 000	0.67
69 + 000	74 + 000	-0.37
74 + 000	79 + 000	0.52

Fuente: Elaboración Propia

Particularidad: El valor del I.R.I. obtenido actual en el tercer tramo, es menor en 0.37 m/km con respecto al medido anteriormente; cuando debió aumentar debido al tiempo en servicio de la vía, y al deterioro propio de su uso.

Ahora analizamos los valores de I.R.I. obtenidos luego de reemplazar los B.I. en la ecuación de calibración escogida, para tener la evidencia de cómo cambio en el tiempo:

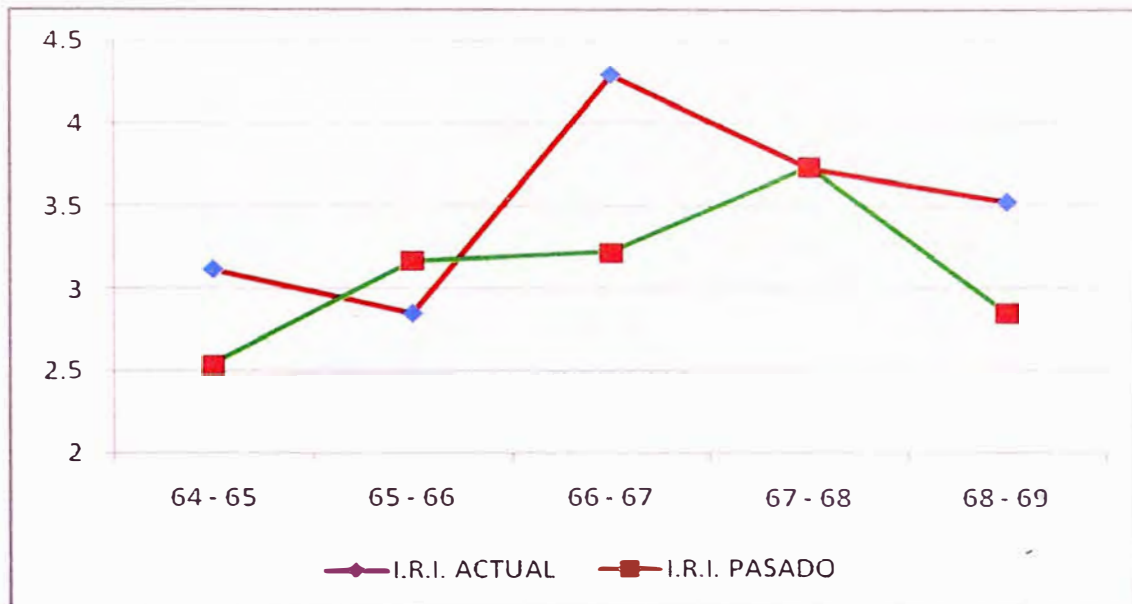
Cuadro N° 5.04: Valor de I.R.I. obtenido en cada sub - tramo

SUB-TRAMO Km.	SENTIDO DE MEDICION				PROMEDIO ARITMETICO		PROMEDIO I.R.I. m/km.
	IDA		RETORNO		IDA	RETORNO	
	1°	2°	1°	2°			
64 - 65	2.93	2.91	3.24	3.40	2.92	3.32	3.12
65 - 66	2.73	2.93	2.75	2.99	2.83	2.87	2.85
66 - 67	3.89	4.23	4.58	4.50	4.06	4.54	4.30
67 - 68	3.59	3.75	3.81	3.77	3.67	3.79	3.73
68 - 69	3.25	3.23	3.80	3.84	3.24	3.82	3.53

Fuente: Elaboración Propia

Tenemos los promedios para cada tramo de 1 km., actuales con los tomados en fecha pasada:

Grafico N° 5.02
Comparación de I.R.I. (Bump Integrator) vs. Tramos cada 1 km.



Fuente: Elaboración Propia

De este grafico de comparación se observa que los valores de I.R.I. obtenidos luego de transformar el valor B.I. en la ecuación de calibración por cada kilometro en el tramo de prueba tiene un comportamiento ascendente en promedio; debido al deterioro de la superficie por motivo de su puesta en servicio. Solo un valor en particular de I.R.I. obtenido en el segundo tramo (Km. 65 + 000 – Km. 66 + 000) disminuyo; teniendo que evaluar posteriormente los datos en ese tramo para verificar su consistencia.

Ahora, con los valores registrados de I.R.I. en distintas épocas desde la puesta en servicio de la carpeta de rodadura, se tiene el siguiente cuadro:

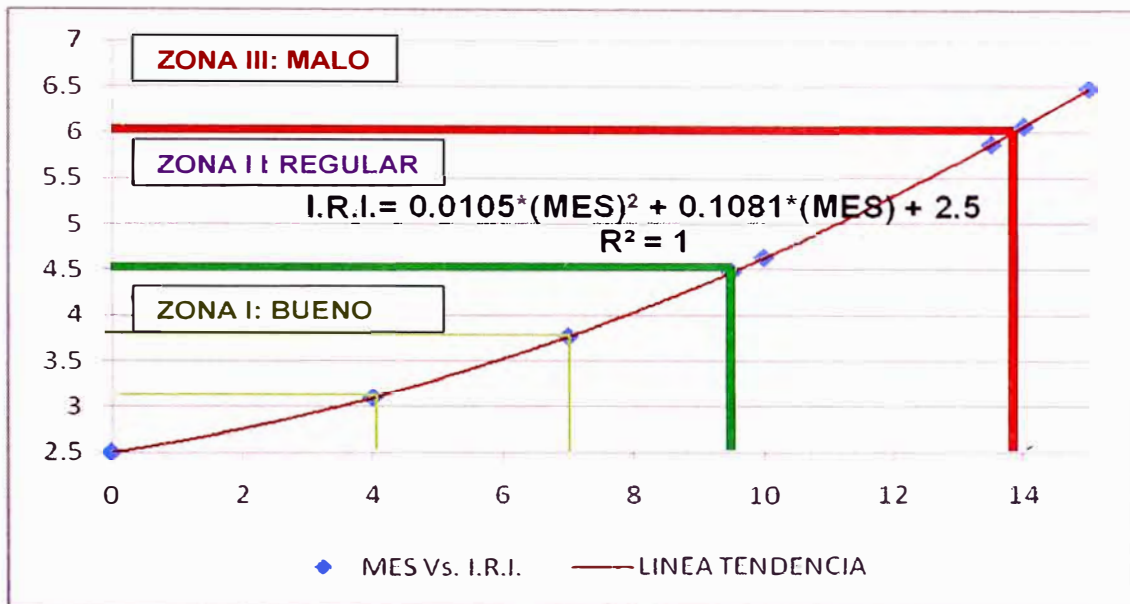
Cuadro N° 5.05: Valor de I.R.I. del Tramo en el Tiempo

DESCRIPCION	DETALLE DE DATOS		
	0	4	7
I.R.I.	2.5	3.1	3.77

Fuente: Elaboración Propia

Se grafica estos valores para tener una tendencia del I.R.I. en el tiempo:

Grafico N° 5.03
Tendencia del valor I.R.I. en el Tiempo



Fuente: Elaboración Propia

Entonces se puede deducir que la carpeta de rodadura de la carretera Cañete – Yauyos – Chupaca, en el tramo Km. 64 + 000 – Km. 69 + 000, tendrá un valor de I.R.I. de 4.5 m/km aproximadamente a los 10 meses (enero 2010), lo cual caería en una zona de clasificación Buena a Regular.

Ahora, tendrá un valor de I.R.I. de 6 m/km al promediar los 14 meses (mayo 2010), lo cual lo pondría en una zona de clasificación de regular a Malo. En este caso ya se requeriría de una rehabilitación de la carpeta, debido a su notable deterioro.

CONCLUSIONES

1. El rugosímetro electrónico tipo Bump Integrator tiene, como salida del equipo, unidades (BI), ya que dependiendo de las características del vehículo al momento de la medición, las lecturas pueden variar (las variaciones son originadas principalmente por el peso, tipo, presión de inflado y condición de las llantas, tipo y condición de la suspensión); así que no se puede correlacionar de manera real valores actuales contra una base de datos, ya que con el tiempo las características del mismo vehículo cambian. (Cap. III, 3.03; Pag. 54)
2. Se menciona que el equipo Bump Integrator, debe tomar mediciones en tramos continuos, y de preferencia tramos rectos o aproximados a tal; esto para evitar la variación de los resultados del traductor del equipo por motivos de mayor vibración del neumático con la superficie del pavimento debido al cambio de dirección del vehículo. Además tener presente en zonas con pendiente positiva que el valor de B.I. obtenido variara debido a la vibración entre neumático y superficie del pavimento por motivo de la tracción del vehículo en ascenso. (Cap. III, 3.03; Pag. 54)
3. Debido a lo anterior mencionado, y a la geometría del trazo existente (singularidades inevitables presentes en el camino, por factores netamente económicos y geográficos) que influyen en la velocidad directriz del vehículo y en la toma de datos, se debe evitar su medición para no alterar el global de la muestra. (Cap. III, 3.03; Pag. 54)
4. La ecuación de calibración en el presente informe se da en forma secuencial hasta determinar la más ajustada con valor de correlación próximo a la unidad ($R^2 \approx 1$). Esto debido a que en una primera tabulación entre valores I.R.I. y B.I. se obtuvieron ecuaciones con bajo valor de correlación R^2 ; en la segunda tabulación de datos se discrimino los valores del tramo Km. 64 + 000 – Km. 69 + 000 para obtener una pendiente positiva en la curva de calibración pero contando aun con un valor no lógico (I.R.I. del tramo 3, del Km. 69 + 000 – Km. 74 + 000), que

había disminuido en el tiempo. Por último la tercera tabulación de datos corresponde a un valor de I.R.I. ajustado a 3.70 m/km. (seleccionado según la tendencia de aumento interpolando los demás valores); y el cual arroja una ecuación de calibración con pendiente positiva y valor de correlación R^2 en todas las posibles tendencias próximos a 1 el cual justifica su operación. (Cap. IV, 4.02; Pag. 61, 63 y 65)

5. El rango recomendado para los valores I.R.I. en la publicación del Banco Mundial Número 46, para superficies con tratamiento superficial (en este caso Slurry Seal), está definido entre 3 y 4.5 n/km (Anexo referencial, cuadro 1.04), como estado bueno que se representa como una superficie sin baches y corrugaciones. En este caso se nota que la mayoría de los valores I.R.I. están cubriendo esa rango, lo que comprueba lo apreciado en campo, que el pavimento presenta poco, desgaste y corrugaciones.
6. 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 transito, igual cantidad de veces, y en la misma longitud de vía para así representar de manera real la relación de tendencia entre ambos y no presentar algún resultado ilógico. (Cap. III, 3.01; Pag. 55)
7. En relación a la ecuación de correlación entre los valores de B.I. obtenidos con el equipo Bump Integrator e I.R.I. obtenido del equipo Merlin, se aprecia que las ecuaciones cuadráticas (en este caso polinómicas) son la que logran una mejor correlación (R^2 más próximo a la unidad). (Cap. IV, 4.02; Pag. 66)

RECOMENDACIONES

1. Los datos escogidos para determinar la ecuación de correlación (calibración) entre el I.R.I. y B.I. deben ser idóneos, teniendo en cuenta que al transcurrir el tiempo y la puesta en servicio de la vía, esta se degrada superficial y estructuralmente. En base a los resultados obtenidos vemos en algunos tramos que el valor I.R.I. disminuye haciendo incongruente los cálculos; recomendando hacer la verificación de la consistencia de los datos previamente a realizar la calibración.
2. Los valores I.R.I. determinados están dentro del rango de superficie buena transcurrido un promedio de 7 meses desde su puesta en servicio (Marzo a Octubre); pero es recomendable hacer una medición periódica para evaluar cual es el desempeño del pavimento transcurridos más meses, y sobre todo en épocas agresivas como época de lluvia.

BIBLIOGRAFIA

- ARRIAGA PATIÑO, MARIO C. Y GARNICA ANGUAS, PAUL; Índice Internacional de Rugosidad en la Red Carretera de México, Instituto Mexicano del Transporte Secretaria de Comunicaciones y Transportes, México 1998.
- ARROYO OSORNO, JOSE A.; Estado Superficial y Costos de Operación en Carreteras – Instituto Mexicano del Transporte, México, 2002.
- CHANG ALBITRES, CARLOS M.; Pavimentos - Un Enfoque al Futuro; Fondo Editorial ICG, Lima, 2005.
- CONSORCIO GEOCONSULT – CPA; EVALUACION, Diseño del Refuerzo y de la Reparación del Pavimento; Estudio Definitivo para el Mantenimiento Periódico de la Carretera Panamericana Sur Tramo: Puente Montalvo – Puente Camiara.
- MCGHEE, KEVIN; Confort and Safety of Traveled Surfaces; Spring Technical Conference, Virginia USA, 2008.
- MELIS, JUAN J; El IRI y el Modelo de Coche Entero, Calculo por el Método de la Ecuación de Estado; Revista de Obras Publicas N° 3.324, Año 140, 1993.
- VENTURA ESPINAL, JOSE A.; Determinación del Índice de Regularidad Internacional (I.R.I.) -Ministerio de Obras Públicas, Transporte, Vivienda y Desarrollo Urbano; El Salvador, Mayo 2005.
- WIDAYAT A. J. ADHITYA AND T TOOL; Roughness calibration studies different measuring systems; Institute of Road Engineering Agency for Reserch and Development Ministry of Public Works, Jakarta, 1990.
- www.proviasnac.gob.pe
- www.mtc.gob.pe
- www.camineros.com
- www.transport-links

ANEXOS

ANEXO 01:

DATOS TÉCNICOS REFERENCIALES

ANEXO 02:

ESTUDIO DE SUELOS

ANEXO 03:

PANEL FOTOGRAFICO

ANEXO 01:

DATOS TÉCNICOS REFERENCIALES

1.01 FECHAS DE APLICACIÓN TRATAMIENTO SLURRY S. Y MONOCAPA

GRUPO	TRAMO (Km.)		TRAMOS DE PRUEBA		TRAT. SUP.	FECHA DE CONSTR.
1	59+000	64+000	59+300	60+300	SLURRY SEAL	MARZO '2009
2	64+000	69+000	66+000	67+000		MARZO '2009
3	69+000	74+000	71+500	72+500		JUNIO '2009
4	74+000	79+000	76+000	77+000		JUNIO '2009
5	79+000	84+000	79+500	80+500	MONOCAPA	MARZO '2009
6	84+000	89+000	84+000	85+000		FEB-MAR '2009
7	89+000	94+000	90+500	91+500		FEBRERO '2009
8	94+000	99+000	97+200	98+200		NOVIEMBRE '2008
9	99+000	104+000	100+000	101+000		NOV-DIC '2008

Fuente: Propia.

1.02 VALOR DE I.R.I. ESTABLECIDO A LA PUESTA DE SERVICIO

5.4.4 Conservación Periódica del Tramo después de la Intervención con capa granular estabilizada con emulsión y recubrimiento bituminoso (Slurry Seal) Unidad de Medida: Kilómetro

La conservación periódica se ejecutara aproximadamente al tercer año de la puesta en servicio y consistirá en la colocación de un Slurry Seal en toda la calzada. Al término de los trabajos de conservación periódica, el Tramo debe alcanzar un IRIp igual o menor a 2.5 metros/kilómetro.

El Valor Referencial ha sido calculado en base a los siguientes metrados referenciales:

Ítem	Descripción	Unidad	Metrado
1	Movilización y Desmovilización	GE	1
2	Riego de liga	M2	435,600
3	Tratamiento de fisuras	M1	36,300
4	Parchado	M3	150
5	Colocación de mortero asfáltico	M2	435,600
6	Reposición de señal informativa	unid	10
7	Reposición de señal preventiva	unid	10
8	Reposición de señal reglamentaria	unid	10
9	Reposición de hitos kilométricos	unid	10
10	Reposición de guardavías	unid	10
11	Marcas en el pavimento	M2	17,206

Sin embargo atendiendo a que el presente contrato será controlado por niveles de servicio (no por ejecución ni avance de metrados), el contratista tendrá que ejecutar todas las actividades necesarias con la finalidad de cumplir con el nivel de servicio exigido y al costo ofertado.

El pago se realizara por medio de mensualidades iguales durante el tiempo que se estime dure esta etapa, será reajustado según la fórmula de reajuste correspondiente.

5.5 TRAMO DV. YAUYOS - RONCHAS (135.13 Km.)

El tramo Dv. Yauyos - Ronchas se encuentra a nivel de afirmado, mediante el presente contrato se procederá a mejorar su nivel de transitabilidad colocando una capa de material granular estabilizado con emulsión y posteriormente protegerla con un recubrimiento bituminoso (Slurry Seal).

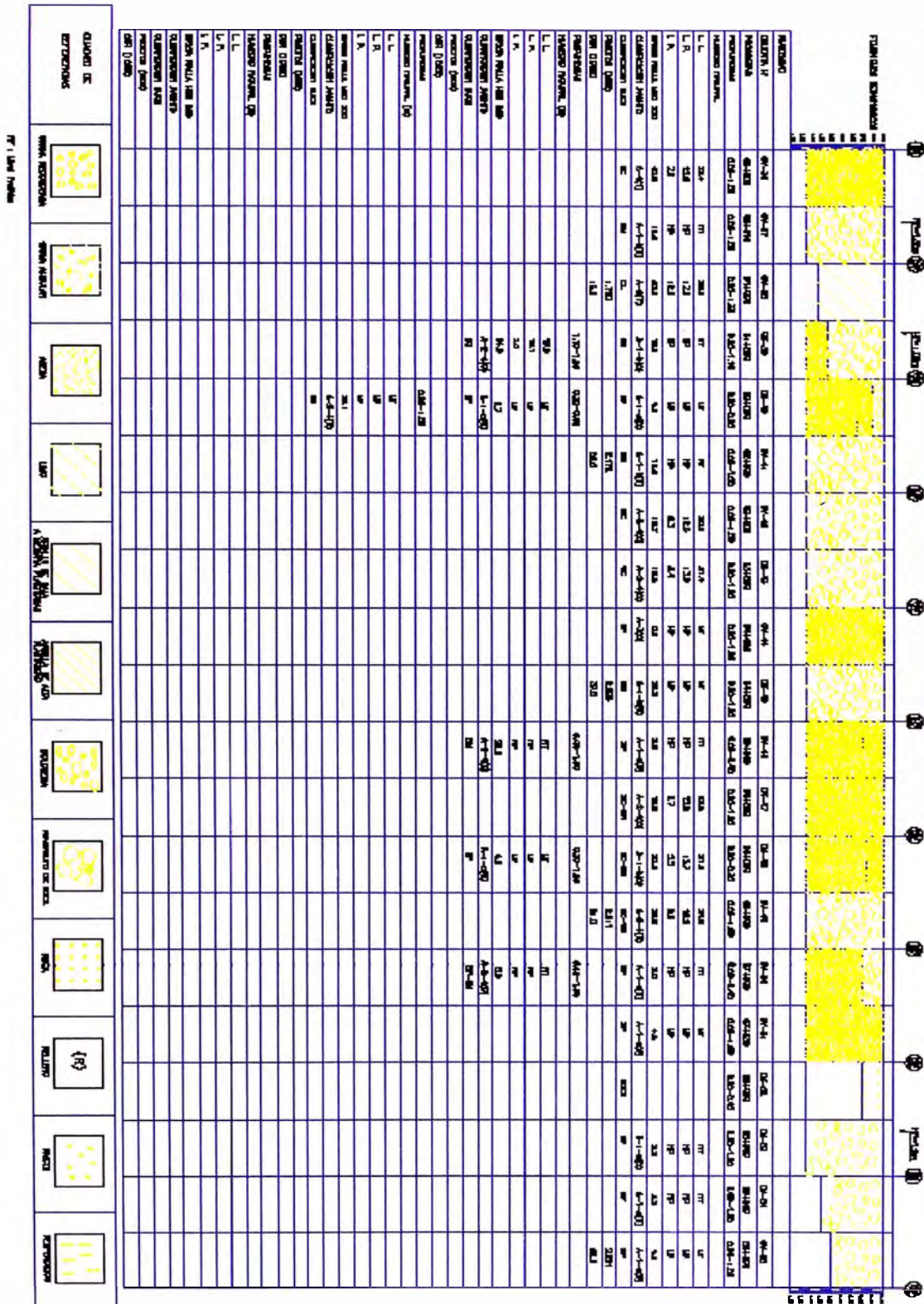
El contratista tiene la obligación de conservar la vía en buenas condiciones de transitabilidad desde el inicio del contrato, esto quiere decir que tendrá la obligación de cumplir con los niveles de servicio de transitabilidad exigidos, tanto en vía afirmada como en la vía después de la intervención a que se refiere el párrafo anterior.

CP-0034-2007-MTC/20

33

Fuente: Términos de Referencia, Servicio de Conservación Vial Carretera Cañete - Yauyos - Chupaca.

1.03 CALICATAS EN EL TRAMO KM. 64 + 000 – KM. 69 + 000



Fuente: MTC.

1.04 VALORES I.R.I. SEGÚN TIPO DE CARPETA DE RODADURA

En caso de que la unidad que formula el proyecto no disponga de mediciones de rugosidad para el tramo de análisis, se sugiere utilizar a nivel de perfil los siguientes valores de rugosidad (IRI) según tipo y estado de la carpeta de rodadura:

Tipo de carpeta	Bueno	Regular	Malo
Concreto Asfáltico	2.0	3.5	6.0
Trat. Superficial Doble	3.0	4.5	6.0
Carpetas de Hormigón	2.0	3.5	6.0
Carpetas Granulares	6.5	8.5	14.0
Carpetas de Tierra	6.5	9.5	15.5

Fuente: Manual de Carreteras Volumen 1, Tomo II Cuadro N° 1.302.403 (A)

Fuente: Guía para la Elaboración, Evaluación y Presentación de Proyectos de Vialidad Intermedia a Nivel de Perfil. – GOBIERNO DE CHILE.

ANEXO 02:
ESTUDIO DE SUELOS

2.01 RESULTADOS DE ENSAYOS DEL ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS


PROGRESIVA (Km)	LADO	CALICATA	MUESTRA	PROF. (m)	ANALISIS GRANULOMETRICO				LIMITES DE ATTERBERG			CLASIFICACION DE SUELOS		PROCTOR MODIFICADO		C.B.R. para 0.1"		EXPANSION Máx (%)
					% QUE PASA				%					M.D.S. (gr/cm3)	O.C.H. (%)	95% de la M.D.S.(%)	100% de la M.D.S. (%)	
					Nº 4	Nº 10	Nº 40	Nº 200	L.L.	L.P.	I.P.	SUCS	AASHTO					
64+700	IZQUIERDO	C-08	M-01	0.00 - 1.50	78.2	69.3	45.2	15.1	23.0	18.0	5.0	SC-SM	A-1b (0)					
65+700	DERECHO	C-09	M-01	0.00 - 1.50	78.9	71.0	52.1	17.5	23.0	18.0	5.3	SC-SM	A-2-4 (0)	2.132	6.6	19	34	0.0
66+600	IZQUIERDO	C-10	M-01	0.00 - 1.00	64.1	57.2	41.1	16.0	23.0	18.0	5.0	SC-SM	A-1b (0)					
67+700	IZQUIERDO	C-11	M-01	0.00 - 1.50	65.1	57.2	39.1	18.2	24.0	19.0	5.0	SC-SM	A-1b (0)					
68+650	DERECHO	C-12	M-01	0.00 - 1.50	82.3	78.3	54.9	17.8	24.0	19.0	5.0	SC-SM	A-2-4 (0)					

Fuente: Estudio de Ingeniería e Impacto Ambiental Carretera Lunahuana-Huancayo. ASOC. AYESA - ALPHA CONSULT S.A.

2.02 PERFIL ESTRATIGRAFICO REPRESENTATIVO DE LA CALICATA C-01

REGISTRO DE EXCAVACION

Proyecto	CAMBIO DE ESTANDAR DE LA CARRETERA CAÑETE-YAUUYOS-HUANCAYO	Calicata	C-01
Ubicación	MUESTRA DE TERRENO EXISTENTE	Fecha de excavación	05/09/2009
KM	67+375	Profundidad total (m)	1.30
LADO	IZQUIERDO	Prof. nivel freático (m)	-

PROF. (m)	GRAFICO	DESCRIPCION DEL SUELO	SUCS	ANALISIS GRANULOMETRICO				LIMITES DE ATTERBERG			No DE MUESTRA
			AASHTO	% QUE PASA				%			
				Nº 4	Nº 10	Nº 40	Nº 200	L.L.	L.P.	I.P.	
1.30		Arena limosa color marrón, humedad media, medianamente compresible, material fino con materia orgánica, con presencia de grava, 10% de bolonería tamaño máximo 8".	SM A-2-4(0)	68.1	59.1	36.6	20.9	18.5	NP	NP	M-1

ANEXO 03:
PANEL FOTOGRAFICO

3.01 INICIO TRAMO EVALUADO KM. 64 + 000 – KM. 69 + 000



Fuente: Propia, Zona Arqueológica Intangible El Cascajal Km. 64 + 000

3.02 HITO DE INICIO TRAMO EVALUADO KM. 64 + 000



Fuente: Propia, Zona Arqueológica Intangible El Cascajal Km. 64 + 000

3.03 CONTROL DE VELOCIDAD KM. 65 + 000



Fuente: Propia.

3.04 ACCESO A CANTERA DE AGREGADOS KM. 65 + 000



Fuente: Propia.

3.05 GIBAS DONDE SE OBVIO MEDICION KM. 66 + 000



Fuente: Propia.

3.06 ACCESO A CANTERA DE AGREGADOS KM. 66 + 000.



Fuente: Propia.

3.07 PASO DE PUENTE KM. 66 + 000



Fuente: Propia.

3.08 ACCESO A CANTERA DE AGREGADOS KM. 66 + 000



Fuente: Propia.

3.09 CURVA EN ASCENSO KM. 67 + 000



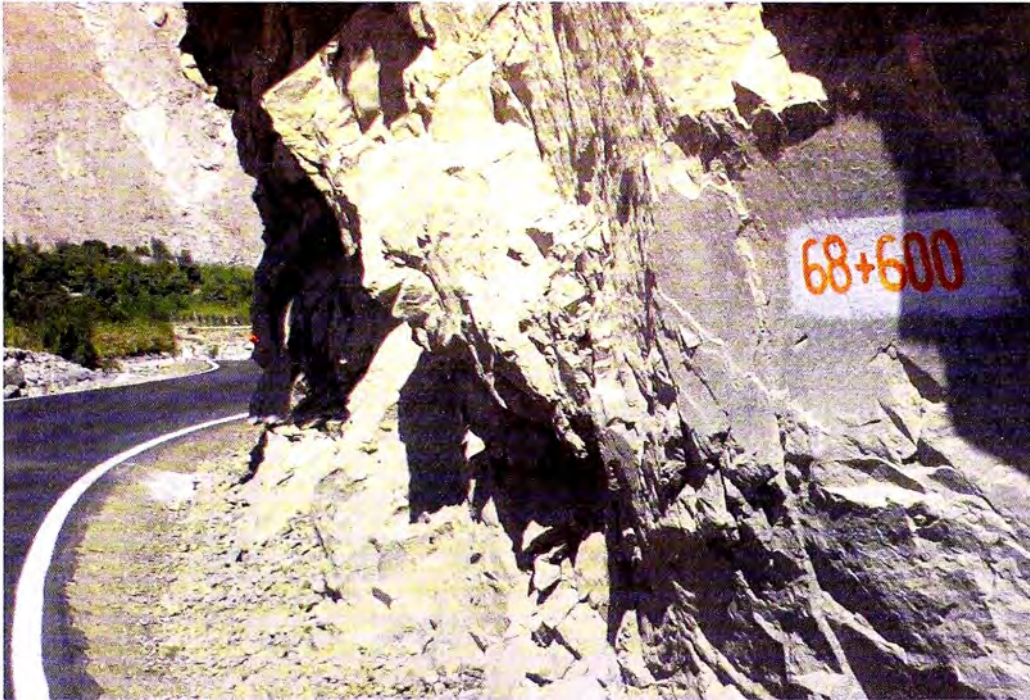
Fuente: Propia.

3.10 GIBAS DONDE SE OBVIO MEDICION KM. 67 + 500



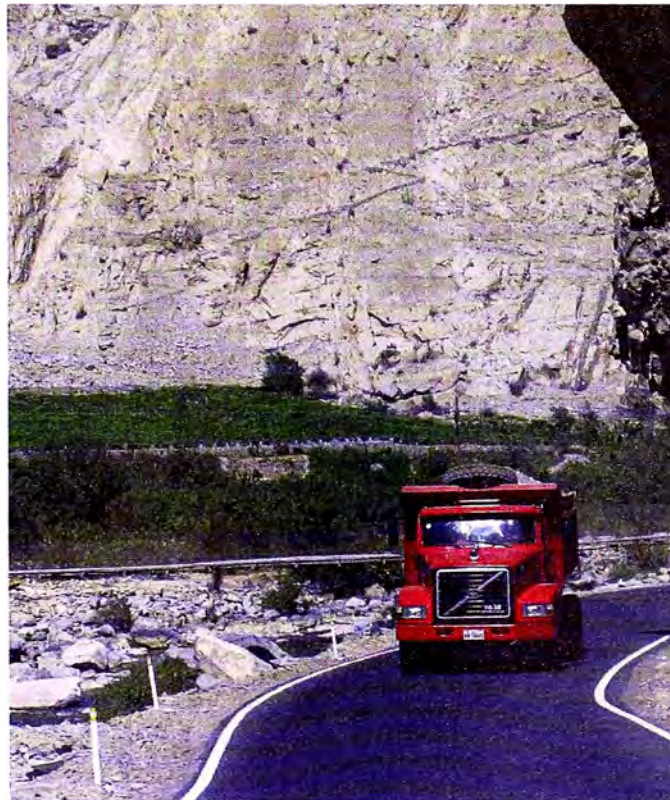
Fuente: Propia.

3.11 PROGRESIVAS EN ZONA VERTICAL KM. 68 + 600



Fuente: Propia.

3.12 TRANSITO VEHICULAR PESADO KM. 69 + 000



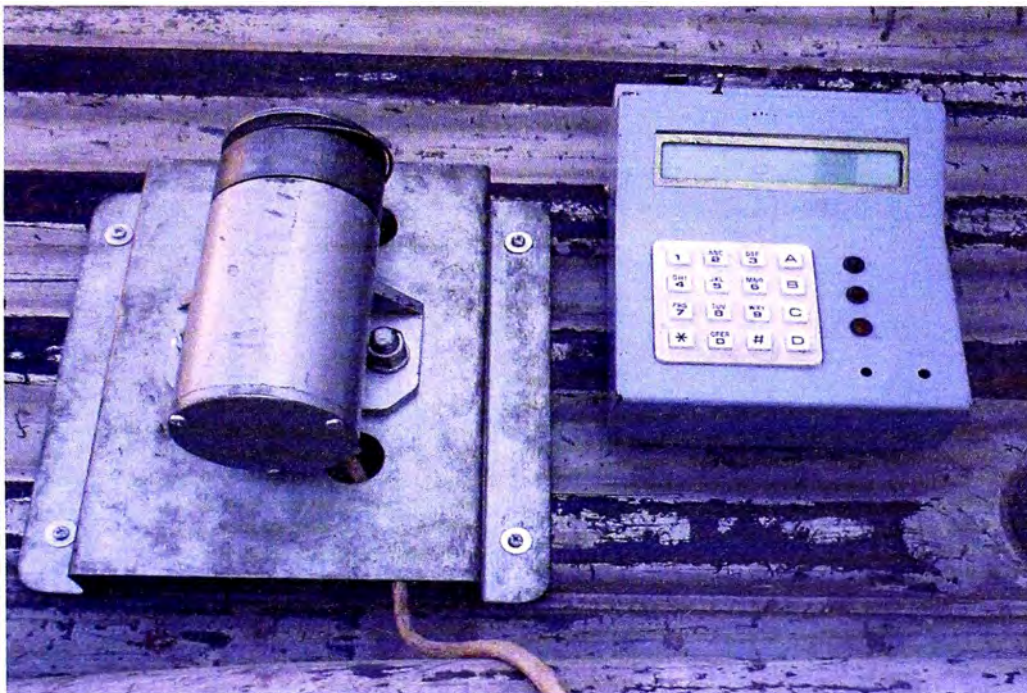
Fuente: Propia.

3.13 VEHICULO PARA MONTAR EQUIPO BUMP INTEGRATOR



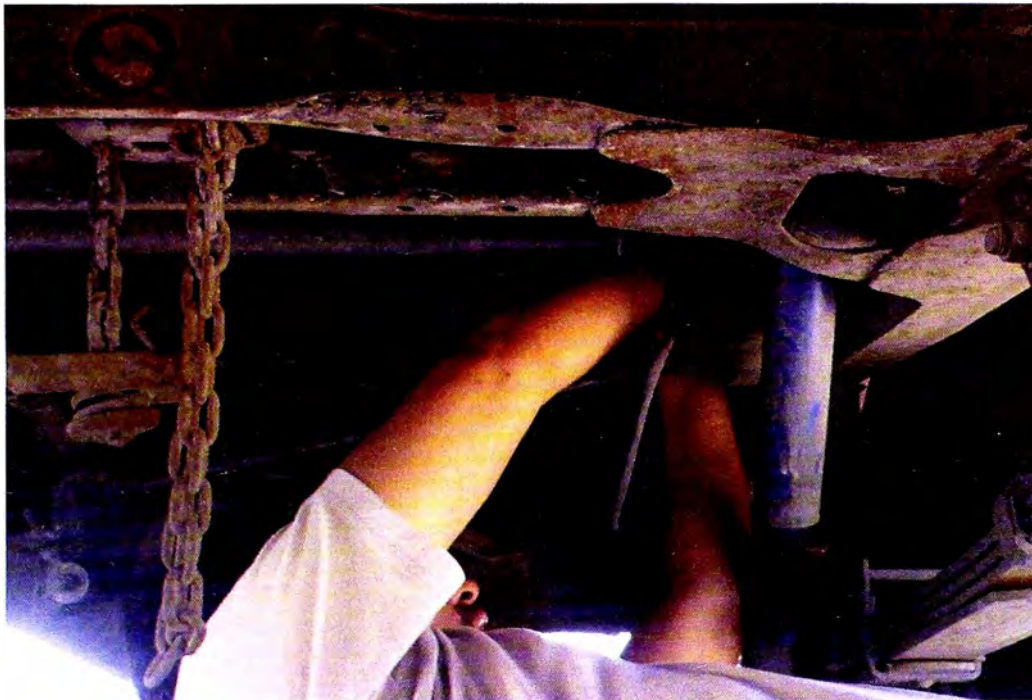
Fuente: Propia.

3.14 EQUIPO BUMP INTEGRATOR - REBITU



Fuente: Propia.

3.15 CALIBRACION DE EQUIPO EN VEHICULO



Fuente: Propia.

3.16 TRABAJO DE RECOLECCION DE DATOS EN CAMPO



Fuente: Propia.