

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL



**EVALUACIÓN DE LA RUGOSIDAD DE LA CARRETERA
CAÑETE - YAUYOS - CHUPACA CON EQUIPO MERLÍN
TRAMO KM. 59+000 - KM. 64+000**

INFORME DE SUFICIENCIA

Para optar el Título Profesional de:

INGENIERO CIVIL

JAIME CESAR ALEGRE MILLA

Lima – Perú

2009

RESUMEN	03
LISTA DE CUADROS	05
LISTA DE FIGURAS	06
LISTA DE SÍMBOLOS Y SIGLAS	07
LISTA DE FOTOGRAFÍAS	08
INTRODUCCIÓN	09
CAPÍTULO I: GENERALIDADES	11
1.1 ANTECEDENTES	11
1.2 UBICACIÓN	13
1.3 CLIMA y TOPOGRAFÍA	16
1.3.1 Clima	16
1.3.2 Topografía	16
1.4 ESTADO SITUACIONAL ACTUAL	18
1.5 DESCRIPCIÓN DEL TRAMO KM. 59+000 - KM. 64+000	20
CAPÍTULO II: ESTADO DEL ARTE	24
2.1 EL EQUIPO MERLÍN EN LATINOAMÉRICA	24
2.2 EL EQUIPO MERLÍN EN EL PERÚ	25
2.3 RUGOSIDAD Y ÍNDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL	27
2.4 DISEÑO DEL EQUIPO MERLÍN	29
2.5 MÉTODO DE USO DEL EQUIPO MERLÍN	32
2.6 MÉTODOS PARA LA MEDICIÓN DE RUGOSIDAD	34
2.7 SERVICIABILIDAD Y ÍNDICE DE SERVICIABILIDAD PRESENTE	35
CAPÍTULO III: MARCO TEÓRICO	37
3.1 METODOLOGÍA PARA LA DETERMINACIÓN DE LA RUGOSIDAD	37
3.1.1 Correlaciones D versus IRI	37
3.1.2 Cálculo del Rango "D"	38
3.1.3 Factor de corrección para el ajuste de "D"	40
3.1.4 Variación de la relación de brazos	42
3.1.5 Cálculo del Rango "D" corregido	43
3.1.6 Determinación de la Rugosidad en la Escala del IRI	43
3.2 LÍMITES DE RUGOSIDAD PARA EL CONTROL DE CALIDAD EN PAVIMENTOS	43

3.3 ÍNDICE DE SERVICIABILIDAD PRESENTE	44
CAPÍTULO IV: APLICACIÓN AL TRAMO KM. 59+000 - KM. 64+000	45
4.1 DETERMINACIÓN DE LA RUGOSIDAD DEL SUB-TRAMO KM. 59+900 – KM. 60+300 CON SUPERFICIE SELLO ASFÁLTICO TIPO SLURRY SEAL	46
4.1.1 Correlaciones D versus IRI	46
4.1.2 Cálculo del Rango "D"	47
4.1.3 Factor de corrección para el ajuste de "D"	48
4.1.4 Variación de relación de brazos	49
4.1.5 Cálculo del rango "D" corregido	49
4.1.6 Rugosidad en la escala IRI	50
4.2 DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE SERVICIABILIDAD PRESENTE	50
CAPÍTULO V: ANÁLISIS DE RESULTADOS	51
CONCLUSIONES	53
RECOMENDACIONES	54
BIBLIOGRAFÍA	55
ANEXOS	

RESUMEN

En carreteras de bajo volumen de tráfico, no se cuenta con información de parámetros que indiquen el comportamiento del deterioro de una superficie de rodadura con el tiempo, razón por la cual no se puede realizar pronósticos de mantenimiento y/o rehabilitación. En tanto la no ejecución de estas labores, conllevan a un acelerado deterioro de la superficie de rodadura, incidiendo directamente en la comodidad y seguridad de viaje de los usuarios.

La rugosidad es uno de los parámetros muy utilizados actualmente en el inventario del estado del pavimento. El valor de la rugosidad cuantifica el grado de irregularidad longitudinal de la superficie de rodadura, cuyo valor es expresado en unidades IRI (Índice de Rugosidad Internacional). La comodidad o "confort" es un factor que está relacionado con la rugosidad y está a la vez con la serviciabilidad, debido a que si una vía presenta mayor grado de irregularidad, es decir mayor rugosidad, entonces la comodidad de viaje será menor o en todo caso la calidad de servicio o "serviciabilidad" será menor. La serviciabilidad permite evaluar la capacidad de proporcionar transitabilidad, es decir la condición funcional actual del pavimento; cuya medida es el Índice de Serviciabilidad Presente (PSI).

Existe una gran diversidad de equipos que midan la rugosidad, pero debido al elevado costo por el servicio que estos brindan no permite estar al alcance de nuestra economía. El Equipo Merlin es un instrumento práctico, sencillo y económico desarrollado por el Transportation Road Research Laboratory (TRRL, Inglaterra) para medir rugosidades en superficies de rodadura, y fue creado para países en vía de desarrollo como es el Perú.

Es por estas razones expuestas que urge la necesidad de realizar estudios de evaluación de la Rugosidad en carreteras de Bajo Volumen de tráfico con superficie de rodadura de Sello asfáltico tipo Slurry Seal, utilizando equipos prácticos y de bajo costo como es el equipo Merlin.

El presente informe tiene por objetivo principal determinar la Rugosidad de la carretera Cañete-Yauyos-Chupaca con Equipo Merlín Tramo Km. 59+000 – Km. 64+000, cuya superficie es un Sello asfáltico tipo Slurry Seal. Otros objetivos son la selección de un tramo para la evaluación de rugosidad, la recolección y procesamiento de las lecturas obtenidas con el Equipo Merlín para el cálculo de la rugosidad, y la calificación del estado de la vía según el Índice de Serviciabilidad Presente (PSI).

Para dicha evaluación la Dirección de Escuela Profesional (DEP) designó un sub-tramo de evaluación de 400m de longitud, ubicado entre las progresivas Km. 59+900 al Km. 63+300. Luego utilizando el equipo Merlín se procedió a tomar 200 lecturas de irregularidades, las mismas que fueron anotadas en un formato de campo y posteriormente mediante el uso de las ecuaciones de correlación establecidas por el TRRL se obtuvo el valor de la rugosidad en unidades IRI igual a 3.81m/km., parámetro que fue determinante para el cálculo del PSI, cuyo valor resultó igual a 2.5 calificándolo como un pavimento en estado regular.

LISTA DE CUADROS

Cuadro N° 1.1: Localidades de la Región Yunga	17
Cuadro N° 1.2: Localidades de la Región Quechua	17
Cuadro N° 1.3: Localidades de la Región Suni o Jalca	18
Cuadro N° 1.4: Localidades de la Región Puna	18
Cuadro N° 1.5: Estado actual de la vía	19
Cuadro N° 2.1: Primeros Estudios de Rugosidad con Equipo Merlín en el Salvador	25
Cuadro N° 2.2: Primeros Estudios de Rugosidad con Equipo Merlín en Bolivia	25
Cuadro N° 2.3: Primeros Estudios de Rugosidad con Equipo Merlín en el Perú	26
Cuadro N° 2.4: Escala de calificación de la serviciabilidad	36
Cuadro N° 5.1: Valores IRI _{INFORME} V.S. IRI _{UNI}	51

LISTA DE FIGURAS

Figura N° 1.1:	Ubicación Carretera Cañete - Yauyos - Chupaca	13
Figura N° 1.2:	Plano Clave Carretera Cañete-Yauyos-Chupaca	14
Figura N° 1.3:	Perfil Longitudinal de la Carretera Cañete - Yauyos – Chupaca	15
Figura N° 1.4:	Sección típica de la vía y ancho variable de la vía	21
Figura N° 1.5:	Ubicación del Tramo Km. 59+000 – Km. 64+000	21
Figura N° 1.6:	Plano Clave del Tramo Km. 59+000 – Km. 64+000	22
Figura N° 1.7:	Perfil Estratigráfico del tramo Km. 59+000 – Km. 64+000	23
Figura N° 2.1:	Modelo Cuarto de Coche para calcular el IRI	29
Figura N° 2.2:	Desviación respecto a la cuerda promedio	30
Figura N° 2.3:	Esquema del Equipo Merlin	31
Figura N° 3.1:	Formato para recolección de datos de campo	38
Figura N° 3.2:	Histograma de distribución de Frecuencias	39
Figura N° 4.1:	Tramo evaluado con el Equipo Merlin	45
Figura N° 4.2:	Lecturas de campo y Histograma de distribución de frecuencias	47

LISTA DE SÍMBOLOS Y SIGLAS

AASHTO:	American Association of State Highway Officials
BID:	Banco Interamericano de Desarrollo
DEP:	Dirección de Escuela Profesional
F.E.:	Factor de Corrección de ajuste.
FIC:	Facultad de Ingeniería Civil
GC-GM:	Grava limo-arcillosa
Inc.:	Incluido
IRI:	Índice de Rugosidad Internacional
IRRE:	Internacional Road Roughness Experiment
MERLÍN:	Machine for Evaluating roughness using Low-cost Instrumentation
mm:	Milímetros
m.s.n.m.:	Metros sobre el nivel de mar
MTC:	Ministerio de Transportes y Comunicaciones
OPP:	Oficina General de Presupuesto y Planificación
PERT:	Programa Especial de Rehabilitación de Infraestructura de Transportes
PROMCEPRI:	Comisión de Promoción de Concesiones Privadas
PSI:	Índice de Serviciabilidad Presente
R.B.:	Factor de relación de brazos
RTRRMS:	Response-Type Road Roghness Measuring System
SC:	Arena arcillosa
SC-SM:	Arena limo-arcillosa con grava
SUCS:	Sistema Unificado de Clasificación de Suelos
TRRL:	Transportation Road Research Laboratory
UEP:	Unidad Ejecutora de Proyectos
UNI:	Universidad Nacional de Ingeniería
UTM:	Sistema de Coordenadas Universal Transversal de Mercator
°C:	Grados Celsius

LISTA DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía N° 1.1: Deterioro en bordes de la vía por filtración de agua	19
Fotografía N° 1.2: Inestabilidad de talud inferior	20
Fotografía N° 2.1: Primera versión del Merlín	24
Fotografía N° 2.2: Segunda versión del Merlín	24
Fotografía N° 2.3: Lectura y recolección de datos con equipo Merlín	33
Fotografía N° 3.1: Calibración del equipo Merlín	41

INTRODUCCIÓN

El grado de irregularidad longitudinal de una superficie de rodadura, es un factor que influye directamente en el nivel de comodidad y seguridad de los usuarios que transitan sobre una vía, así como también incide en el tiempo de transporte y en los costos de operación vehicular. La rugosidad es un parámetro que cuantifica dichas irregularidades, su valor indirectamente indica el estado de la superficie de rodadura. Por otro lado el equipo Merlín (creado por el TRRL) es un instrumento versátil, práctico y de bajo costo empleado para la medición de la rugosidad y creado para países en vías de desarrollo.

En el Perú, si bien es cierto se han realizado estudios de evaluación de rugosidad en diferentes tipos de superficies de rodaduras, estos solamente han sido en carreteras principales o de primer orden, razón por la cual no se conoce aun el comportamiento del parámetro de rugosidad en carreteras de bajo volumen o de tercer orden.

Por todas estas razones, urge la necesidad de realizar evaluaciones de rugosidad, mediante el uso de equipos prácticos y de bajo costo, para conocer el estado de la superficie de rodadura y posteriormente pronosticar estrategias en toma decisiones de mantenimiento y/o rehabilitación.

En ese sentido la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Ingeniería a través de la Titulación por Modalidad de Conocimientos ha puesto en marcha el proyecto: Evaluación de Pavimentos de Bajo Volumen con fines de Mantenimiento y Rehabilitación.

Es por ello que el presente informe tiene como principal objetivo obtener la rugosidad de una vía de bajo volumen como es la carretera Cañete-Yauyos-Chupaca en el tramo de Sello Asfáltico tipo Slurry Seal (Km. 59+000 – Km. 64+000) mediante la utilización del Equipo Merlín. Otros objetivos a alcanzar son la selección de un tramo de evaluación, la recolección y procesamiento de datos de irregularidades obtenidos con el Merlín para la determinación de la rugosidad, y conocer el estado actual de la vía.

La ejecución del ensayo de medición de la rugosidad, comenzó con la selección del tramo de evaluación, luego de esto se ubicó el equipo en el inicio de dicho tramo y se comenzó a tomar lecturas de las irregularidades de la superficie de rodadura, las mismas que fueron anotadas en un formato de campo que sirvió luego para la aplicación de las fórmulas correlativas del TRRL que llevaron finalmente a la obtención del valor de la rugosidad en unidades IRI. Este parámetro de rugosidad IRI sirvió para calificar la condición actual del pavimento.

El presente informe se desarrolla en 05 capítulos distribuidos de la siguiente forma:

El Capítulo I, es una revisión de las Generalidades el cual comprende los antecedentes, ubicación, clima y topografía, y estado situacional actual de la carretera Cañete-Yauyos Chupaca.

El Capítulo II, representa el Estado del Arte en donde se comenta la evolución del equipo Merlín, el diseño y el uso, así como la teoría de rugosidad, el Índice de Rugosidad Internacional (IRI), la Serviciabilidad y el Índice de Serviciabilidad Presente (PSI).

El Capítulo III, describe el Marco Teórico el mismo que contiene la metodología para la determinación de la rugosidad en unidades IRI, también se añade el concepto de serviciabilidad para calificar el estado del pavimento.

El Capítulo IV, muestra la Aplicación al Tramo Km. 59+000 – Km. 64+000 con Sello Asfáltico Tipo Slurry Seal, y contiene la aplicación numérica de las fórmulas de correlación del TRRL obteniendo como resultado la rugosidad en valores IRI para el sub-tramo Km. 59+900 – Km. 60+300.

El Capítulo V, comprende el análisis del resultado IRI obtenido teniendo como patrones parámetros de calificación y aceptación en el control de calidad.

Las conclusiones y recomendaciones son descritas en base a los resultados obtenidos luego de la aplicación y procesamiento de la data recolectada con el equipo Merlín.

CAPÍTULO I: GENERALIDADES

1.1 ANTECEDENTES

La carretera de penetración y enlace entre Huancayo – Yauyos - Cañete, según Mauro Lara Melo, fue proyectada y ejecutada por tramos, durante el gobierno del Sr. Augusto B. Leguía entre la década de 1920 a 1930, mediante la ley decretada de la Conscripción Vial Territorial del Perú; sin embargo, debido a hechos lamentables ocurridos durante la construcción, y coincidiendo con la caída del gobierno de turno, todos los trabajos de la carretera quedaron paralizados hasta los años 1954 y 1957.

Por el lado de la costa, durante el gobierno del Dr. Manuel Prado Ugarteche, entre los años 1940 y 1944 en conjunto con las autoridades de Yauyos, avanzan los trabajos de la carretera desde Cañete, llegando a Yauyos en abril de 1944, siendo inaugurada por el propio Presidente en junio del mismo año. Después de estos acontecimientos, quedó postergado todo trabajo de la carretera entre Yauyos - Huancayo.

Posteriormente, en los años 1956 y 1957, el esfuerzo de los pobladores de Alis y de las autoridades de los poblados vecinos logra enlazar la carretera con dicho poblado, incidiendo directamente para que el Gobierno Central prosiga los trabajos hasta concluir la carretera pero a cuenta del Estado.

A nivel de estudio definitivo se cuenta con el que elaboró el consorcio AYESA – ALPHA CONSULT en el año 1998 mediante contrato con PROMCEPRI (Comisión de Promoción de Concesiones Privadas).

Como antecedentes a nivel de pre-inversión se cuenta con el perfil elaborado por el Ing. Floriano Palacios León en el año 2003. Este perfil fue aprobado por la Oficina General de Presupuesto y Planificación (OPP) del Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones (MTC) autorizando la elaboración del Estudio de Factibilidad del proyecto.

Como parte de la política del estado de mantener la Red Vial del Perú en buenas condiciones de transitabilidad, el MTC mediante Resolución Ministerial N° 223-

2007-MTC-02, modificada por Resolución Ministerial N° 408-2007-MTC/02, crea el Programa “Proyecto Perú”, definiéndose como un programa de infraestructura vial diseñado para 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 un sistema de contratación de las actividades de 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 (03) años, que implican el concepto de “transferencia de riesgo” al Contratista - Conservador. Bajo este sistema se desarrolla una cultura preventiva, con la finalidad de evitar el deterioro prematuro de las vías mediante intervenciones rutinarias y periódicas de manera oportuna. Esto significa en la práctica actuar permanentemente para mantener la carretera en óptimas condiciones de transitabilidad.

Es así que el Ministerio de Transportes y Comunicaciones convoca a Concurso Público CP N° 0034-2007-MTC/20 para el Servicio de Conservación Vial de la Carretera Cañete - Lunahuaná – Pacarán - Chupaca y Rehabilitación de Tramo Zúñiga - Dv. Yauyos – Roncha; y luego, con fecha 27 de diciembre de 2007 se firma el contrato entre el Ministerio de Transportes y Comunicaciones y el Consorcio Gestión de Carreteras (ICCGSA, CORPORACIÓN MAYO S.A.C., Empresa de Mantenimiento Vial La Marginal S.R.L.) para la prestación del Servicios de Conservación Vial por Niveles de Servicio.

1.2 UBICACIÓN

La carretera Cañete – Yauyos – Chupaca se encuentra ubicada en la región central del país y forma parte de la Red Vial Nacional (Eje Vial N°13), con código de Ruta N°22 (Ver Figura N° 1.1).

Políticamente une las provincias de Cañete, Yauyos (Departamento de Lima) y Concepción, Chupaca (Departamento de Junín). La carretera tiene una longitud de 271.73 Km. cuyo origen es en San Vicente de Cañete (Km. 1+805) y termina en Chupaca (Km. 273+531), tal como se muestra en la Figura N° 1.1. Geográficamente tiene la siguiente ubicación:

Altitud : 71 m.s.n.m. – 4751 m.s.n.m. (Figura N° 1.2)
Coordenadas UTM : 349582E; 8553857N
477139E, 8665917N

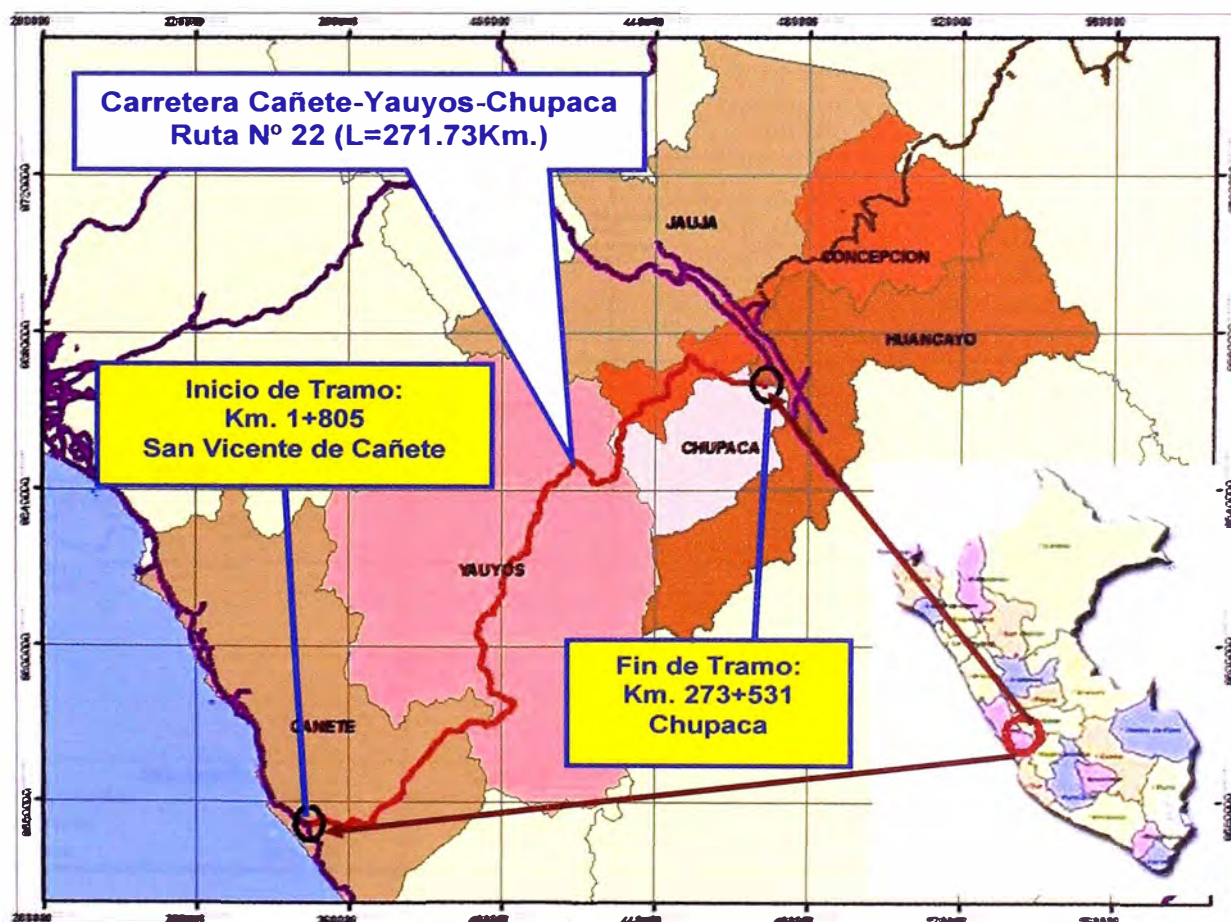


Figura N° 1.1: Ubicación Carretera Cañete – Yauyos – Chupaca.

Fuente: Elaboración Propia

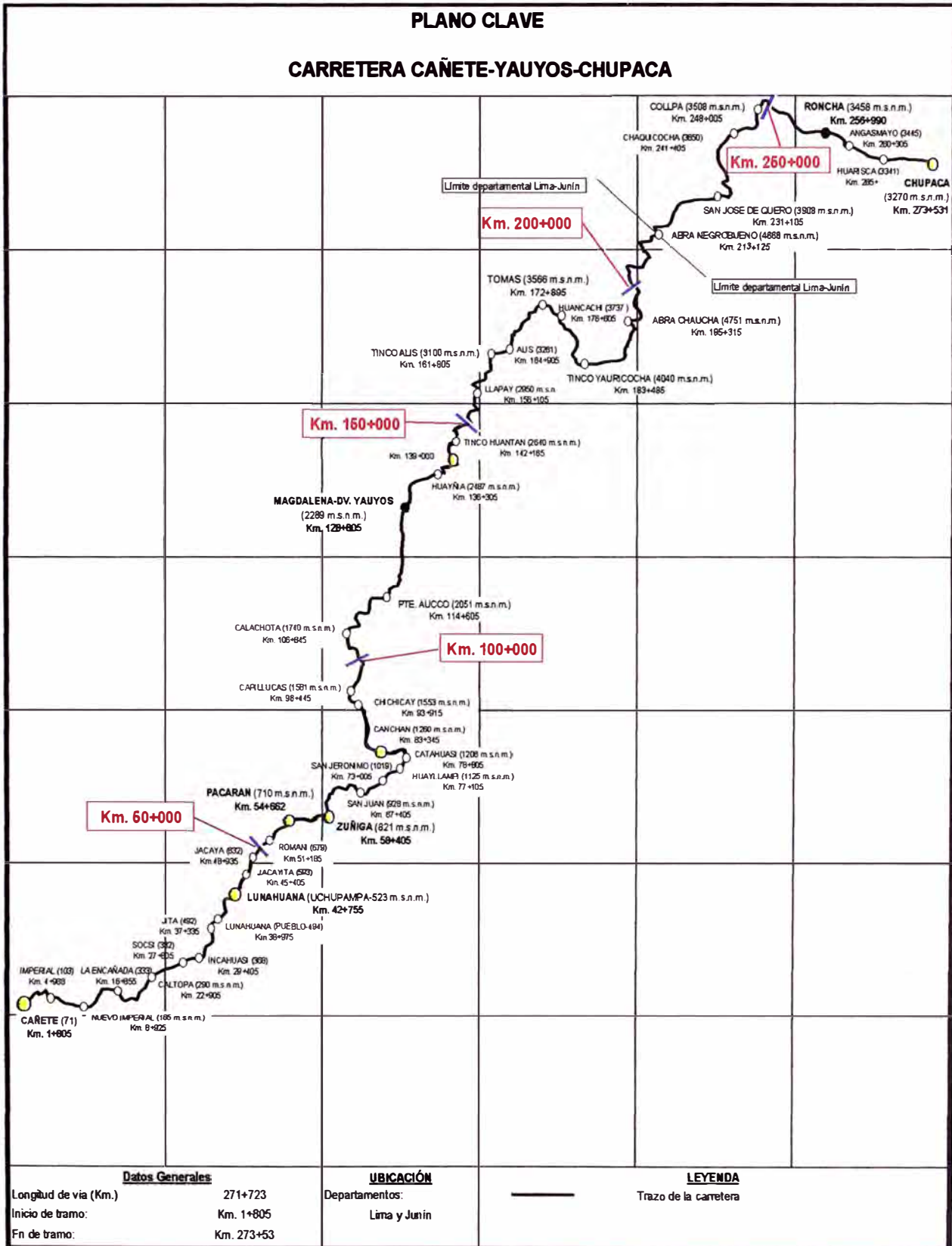


Figura N° 1.2: Plano Clave Carretera Cañete-Yauyos-Chupaca

Fuente: Adaptación propia a partir de Apolinario M.E-Titulación FIC-UNI,2009

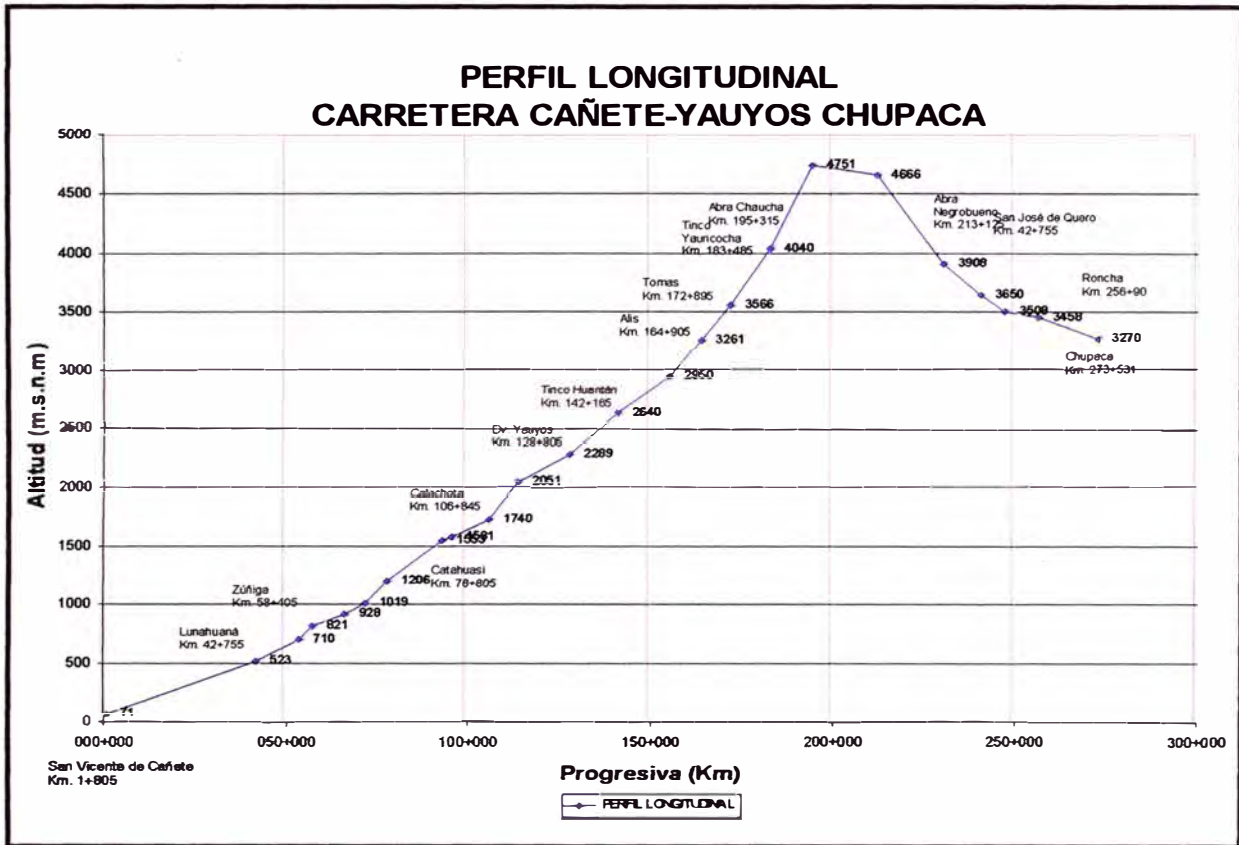


Figura N° 1.3: Perfil Longitudinal de la Carretera Cañete-Yauyos-Chupaca

Fuente: Elaboración Propia

La carretera 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 Tantara y Chinchá y por el Oeste con el cuadrángulo de Mala.

Hidrográficamente, la vía se emplaza sobre dos cuencas:

- Cuenca Hidrográfica del río Cañete: ubicada en las provincias de Cañete y Yauyos en el departamento de Lima, cuyas aguas son derivadas a la vertiente del Pacífico. Comprende aproximadamente 155 Km.; se halla integrada por los tributarios principales como son el río Alis, río Yauyos, río Huangascar
- Cuenca Hidrográfica del río Cunas: Ubicada en las provincias de Concepción y Chupaca en el departamento de Junín, cuyas aguas van derivadas a la vertiente del Atlántico. Comprende los últimos 52 Km. de trazo, siendo su divisoria de aguas respecto del río Cañete, son derivadas a la vertiente del Atlántico.

1.3 CLIMA y TOPOGRAFÍA

1.3.1 Clima

La carretera atraviesa distintos pisos altitudinales, a continuación se mencionan las temperaturas típicas que se dan en estas regiones:

Chala o Costa: Esta región se caracteriza por el sol en gran parte del año. La temperatura fluctúa entre 13 y 28°C.

Yunga Marítima: Esta región se caracteriza por ser de sol dominante durante casi todo el año. La temperatura fluctúa entre 20 y 27°C durante el día; las noches son frescas, a causa de los vientos que bajan de las regiones más altas.

Quechua: El clima es templado con notable diferencia entre el día y la noche, el sol y la sombra. La temperatura media anual fluctúa entre 11°C y 16°C; las máximas entre 22°C y 29°C; y las mínimas entre 7°C y -4°C. La humedad atmosférica es poco sensible, aún cuando el suelo es normalmente húmedo, como consecuencia de las lluvias que caen con regularidad en el verano (diciembre a marzo).

Suni o Jalca: El clima es frío debido a la elevación ya los vientos locales. La temperatura media anual fluctúa entre 7°C y 10°C, máximas superiores a 20°C y mínimas invernales de -1°C a -16°C.

Puna: La temperatura media anual es superior a 0°C e inferior a 7°C. La máxima entre setiembre y abril, es superior a 15°C llegando hasta 22°C. Las mínimas absolutas, entre mayo y agosto oscilan entre -9°C y -25°C.

1.3.2 Topografía

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 Cañete; en este sector se encuentran terrazas que son empleadas para el cultivo. Una especie de quebrada se forma a manera de una estrecha garganta cuanto más se aproxima a los contrafuertes andinos. Todas las superficies de los cerros son pétreas,

rocallosas, reseca y completamente desprovistas de condiciones naturales para la agricultura, por falta de agua.; estas características corresponden a la región **Yunga** (500 m.s.n.m. - 2300 m.s.n.m.). Las localidades que se encuentran con esta configuración se presentan en el Cuadro N° 1.1.

Localidad	Altitud (m.s.n.m.)	Progresiva (Km.)
Zúñiga	821	56+600
Catahuasi	1206	77+000
Capillucas	1581	94+640
Calachota	1740	105+040
Dv.Yauyos o Magdalena	2289	127+000

Cuadro N° 1.1: Localidades de la Región Yunga

Fuente: Elaboración propia

La vía continúa por la región **Quechua** (2300 m.s.n.m. – 3500 m.s.n.m.), 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. Entre loma y loma quedan pequeñas hondonadas, en cuyos fondos corren pequeños arroyos o nacen los puquiales. El Cuadro N° 1.2 presenta las configuraciones de las localidades comprendidas en la Región Quechua.

Localidad	Altitud (m.s.n.m.)	Progresiva (Km.)
Tinco Huantán	2640	140+360
Llapay	2950	154+300
Alis	3261	163+100
Ronchas	3358	255+185

Cuadro N° 1.2: Localidades de la Región Quechua

Fuente: Elaboración propia

Se continúa ascendiendo llegando a la región **Suni o Jalca** (3500 m.s.n.m. a 4000 m.s.n.m.), donde el escenario cambia a bruscas ascensiones de acantilados y cerros. En este sector normalmente no se encuentran valles, mas por el contrario se tienen quebradas estrechas que abren cañones muy profundos. El Cuadro N° 1.3 presenta las configuraciones de las localidades comprendidas en la Región Suni o Jalca.

Localidad	Altitud (m.s.n.m.)	Progresiva (Km.)
Tomas	3566	171+090
San José de Quero	3908	229+300
Chaquicocha	3650	239+600
Collpa	3508	246+200

Cuadro N° 1.3: Localidades de la región Suni o Jalca

Fuente: Elaboración propia

La carretera atraviesa también la región **Puna**, que comprende alturas entre los 4000 m.s.n.m. y 4800 m.s.n.m. Esta región aparece a ambos lados del declive andino, separando cumbres nevadas entre sí, reuniendo las cumbres, de menos de 4800 metros para formar nudos y mesetas, y agrietando las cordilleras para dar paso a las abras. Se considera a la Puna como una gran llanura elevada o altiplano; sin embargo esta región ofrece muy variados relieves en relación con su ubicación. El Cuadro N° 1.4 presenta las configuraciones de las localidades comprendidas en la Región Puna.

Localidad	Altitud (m.s.n.m.)	Progresiva (Km.)
Tinco Yauricocha	4040	181+680
Abra Chaucha	4751	193+510
Abra Negro Bueno	4666	211+320

Cuadro N° 1.4: Localidades de la Región Puna

Fuente: Elaboración propia

1.4 ESTADO SITUACIONAL ACTUAL

En la actualidad, la carretera Cañete-Yauyos-Chupaca presenta tres tipos de intervenciones de pavimentación (cambio estándar) mediante solución básica ejecutadas por el Contratista Conservador y están ubicados en el tramo Pacarán – Zúñiga – Dv. Yauyos –Tinco Huantan. Las soluciones básicas aplicadas son:

- Afirmado / Grava Estabilizada con Emulsión / Tratamiento Superficial Monocapa.
- Afirmado / Grava Estabilizada con Emulsión / Slurry Seal.
- Afirmado / Grava Estabilizada con Emulsión / Tratamiento Superficial Monocapa/ Slurry Seal (Cape Seal).

En el tramo Tinco Huantan – Chupaca se tiene una superficie de rodadura a nivel de afirmado, el mismo que es asistido por mantenimiento periódico.

Tramo	Progresiva		Altura m.s.n.m.	Tipo de Superficie de rodadura (Ahora)	Longitud (Km.)
	Inicio	Fin			
Cañete - Lunahuaná	001+805	042+755	71 - 523	Carpeta Asfáltica	40.95
Lunahuaná-Pacarán	042+755	054+662	523 - 710	Tratamiento superficial	11.907
Pacarán - Catahuasi	054+662	078+805	710 - 1,206	Slurry Seal	24.143
Catahuasi - Dv. Yauyos	078+805	128+805	1,206 - 2,289	Monocapa	50
Dv. Yauyos - Alis Roncha	128+805	256+990	2,289 - 3,458	Monocapa (33 Km.) Afirmado (95.185 Km.)	128.185
Roncha-Chupaca	256+990	273+531	3,458 - 3,270	Afirmado	16.541
Total					271.726

Cuadro N° 1.5: Estado actual de la vía

Fuente: Adaptación propia a partir de Apolinario M.E-Titulación FIC-UNI, 2009

Debido a la condición geomorfológica de la zona a lo largo de la cual se desarrolla el trazado de la carretera, presenta las siguientes características generales:

- En varios tramos de la carretera se puede apreciar signos de deterioro (fallas) en la superficie de rodadura, debido a diversos factores como por ejemplo: el deficiente drenaje a lo largo de la vía, que permite el deterioro en los bordes de la calzada (Ver Fotografía N° 1.1).



Fotografía N° 1.1: Deterioro en bordes de la vía por filtración de agua

Fuente: Elaboración propia

- En tramos angostos a media ladera no se tienen protección de talud inferior y representa un riesgo para los usuarios (Ver Fotografía N° 1.2)



Fotografía N° 1.2: Inestabilidad de talud inferior

Fuente: Elaboracion propia

- La geometría de la vía es variable, debido a que se presentan anchos de calzada que van desde los 3.0 a 8.5 m, con bombeos de 0 a 2%.
- La señalización en el tramo de Cañete a Lunahuaná es eficiente, de aquí en adelante es de regular a escaso, deficiente o nulo.

1.5 DESCRIPCIÓN DEL TRAMO KM. 59+000 - KM. 64+000

El tramo Km. 59+000 – Km. 64+000 se ubica en el distrito de Zúñiga - Provincia de Cañete – Departamento de Lima (Ver Figuras N° 1.5 y N° 1.6). La vía se desarrolla en gran parte a media ladera paralela al río Cañete, siendo la topografía ondulada y accidentada, encontrándose rodeada por áreas de cultivo, lo que ocasiona que en muchos casos las aguas de regadío inunden la plataforma con el consiguiente perjuicio para el pavimento. También ocasiona que esta agua, que filtra por debajo de la sub-rasante ascienda por capilaridad y debilite la plataforma vial. En varios sectores del tramo en donde la vía esta al pie del río, no se tiene protección de talud inferior constituyendo un riesgo permanente. El tramo evaluado presenta otras características que a continuación se describen:

- Corredor Vial N° : 13
- Ruta Nacional : Ruta 22
- Categoría de la Vía : 3ra. Categoría

- Altitud : 821 a 900 m.s.n.m.
- Época de Lluvias : Diciembre - Marzo
- Tipo de Pavimento : Sello Asfáltico tipo Slurry Seal (construido entre Abril y Mayo del 2009)
- Velocidad Directriz : 30 Km/Hora
- Ancho de calzada : 3.20 - 6.00 metros
- Diseño Geométrico : No tiene (Variable)
- Bombeo : 1%

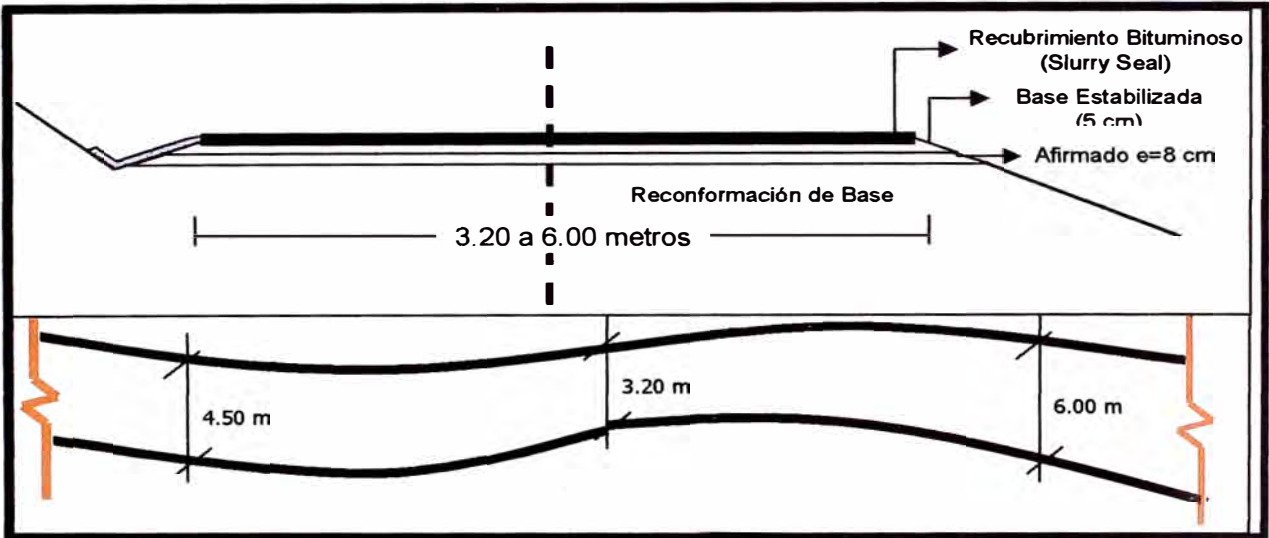


Figura N° 1.4: Sección típica de la vía y ancho variable de la vía

Fuente: Elaboración propia

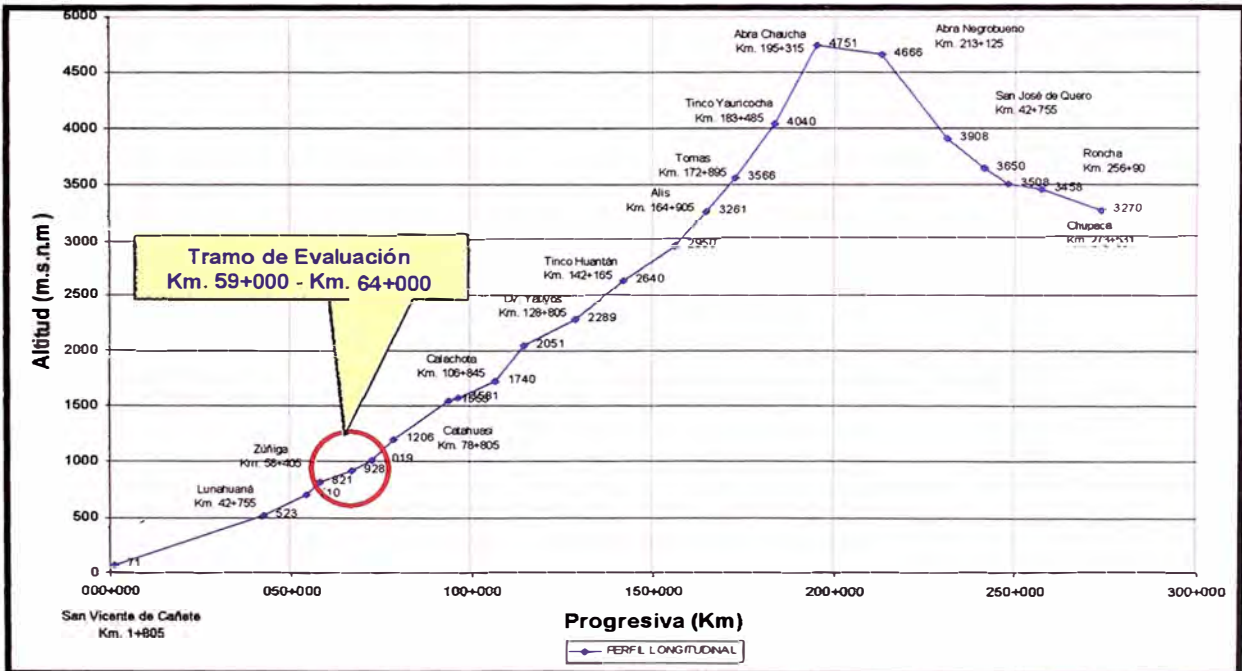


Figura N° 1.5: Ubicación del Tramo Km. 59+000 – Km. 64+000

Fuente: Elaboración propia

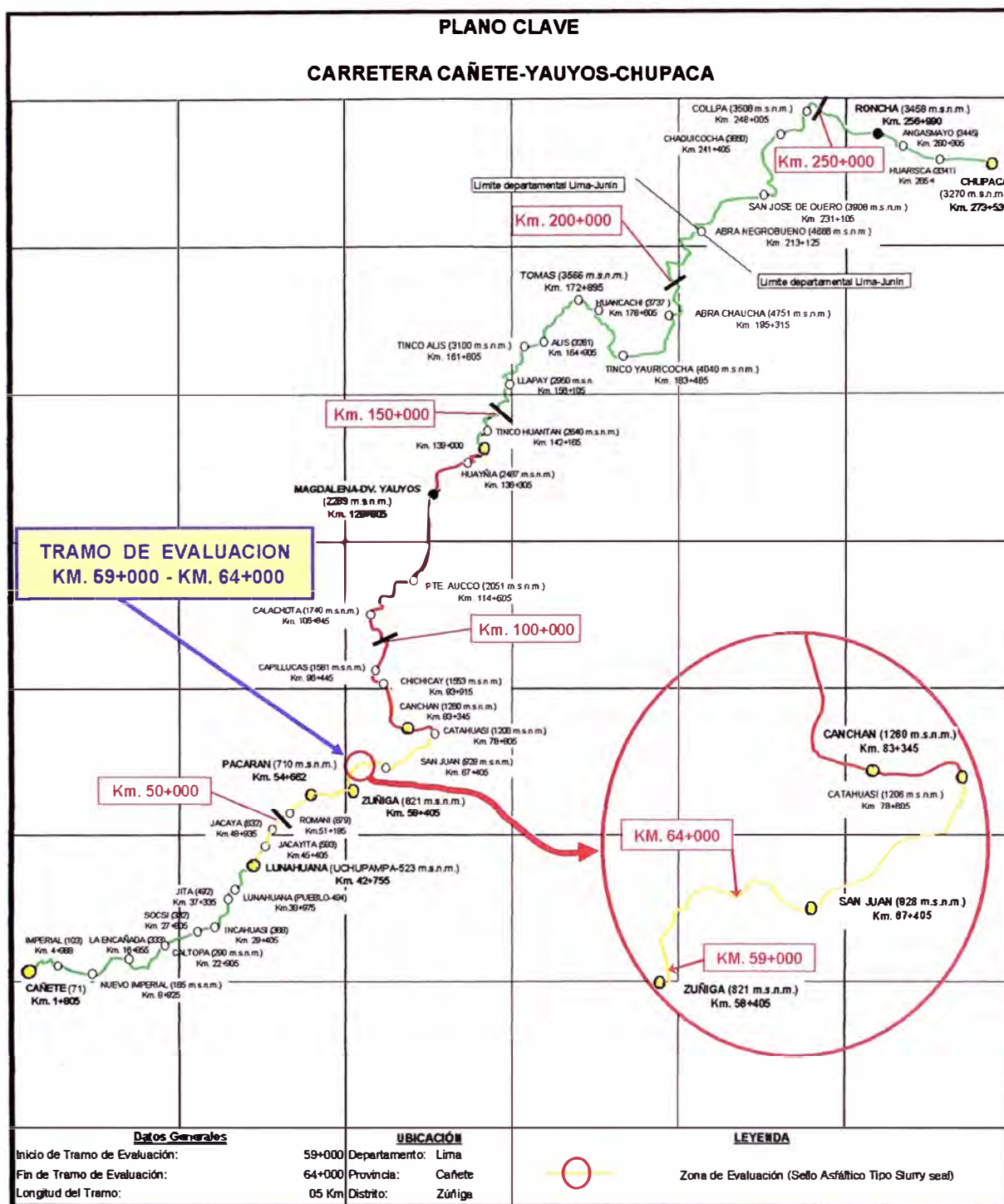


Figura N° 1.6: Plano Clave del Tramo Km. 59+000 – Km. 64+000

Fuente: Adaptación propia a partir de Apolinario M.E-Titulación FIC-UNI, 2009

Otra característica importante es el suelo de fundación sobre el cual yace la vía, según el estudio de suelos realizado por el MTC, 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 limo-arcillosas que clasifica en el Sistema SUCS como SC-SM y GC-GM, mientras que en el

sistema AASHTO como A-1-b(0); la forma de los agregados gruesos es sub-angular, 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-arcilloso, cuya clasificación SUCS es SC y AASHTO es A-2-4(0), siendo los agregados gruesos también de forma sub-angular; este estrato también contiene bolonerías entre 2% y 8% cuyo tamaño máximo es de 6". En la Figura N° 1.7 se puede apreciar el perfil estratigráfico que comprende el tramo Km. 59+000 Km. 64+000.

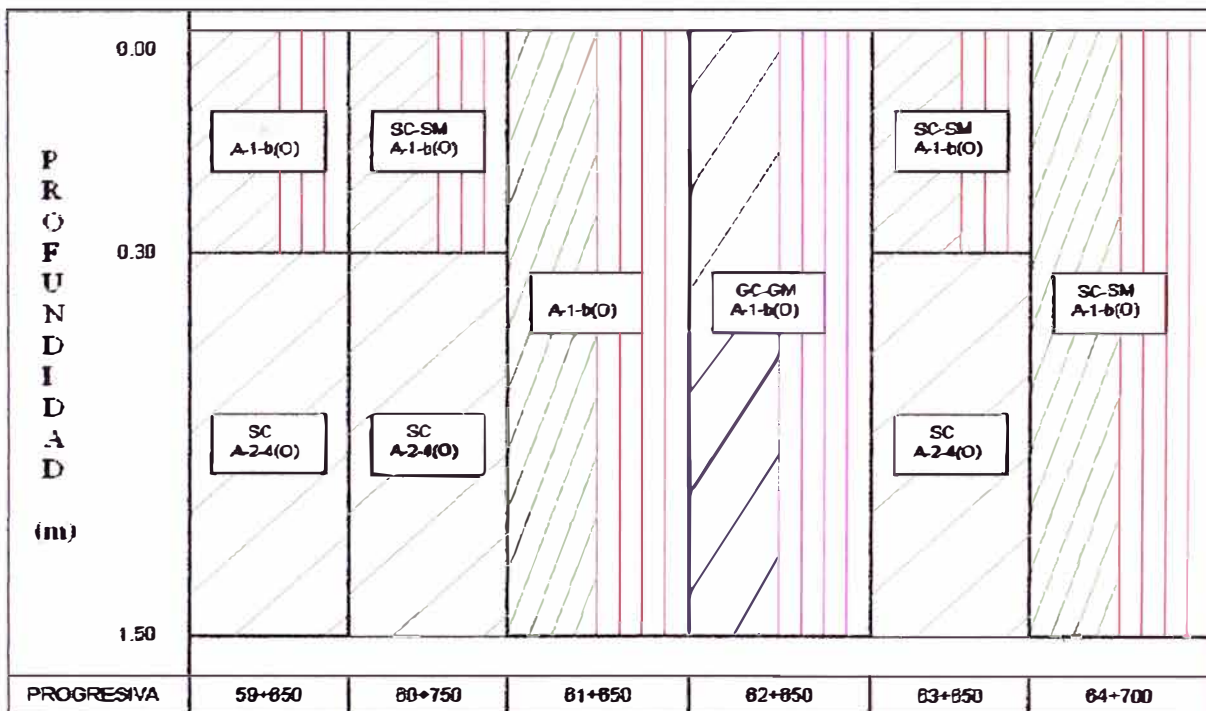


Figura N° 1.7: Perfil Estratigráfico del tramo Km. 59+000 – Km. 64+000

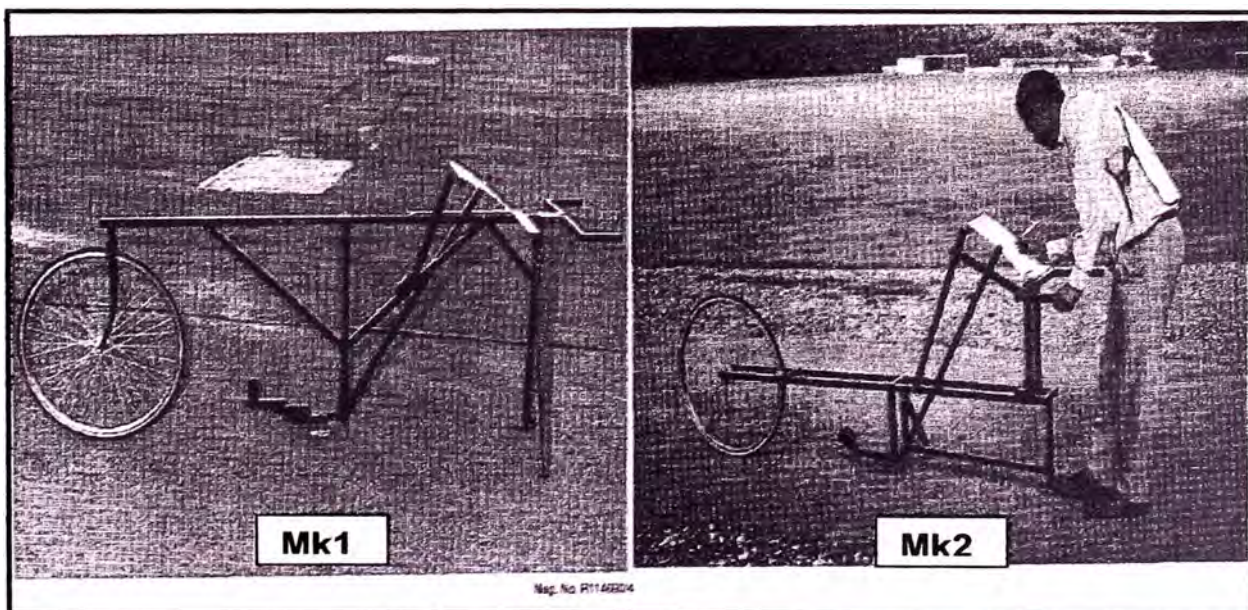
Fuente: Adaptación propia a partir del Proviás Nacional, 2008

CAPÍTULO II: ESTADO DEL ARTE

2.1 EL EQUIPO MERLÍN EN LATINOAMÉRICA

En la década de los 80, el TRANSPORTATION ROAD RESEARCH LABORATORY (TRRL, Inglaterra) desarrolló un instrumento de medición de rugosidad en pavimentos, al cual lo denominaron equipo MERLÍN (Machine for Evaluating roughness using Low-cost Instrumentation), cuyo principio de diseño y calibración fue en base a los datos de rugosidades obtenidos en el International Road Roughness Experiment (IRRE, Brasil 1982). Posteriormente se dió a conocer aun más en la década de los 90, con la finalidad de disponer de un equipo de tecnología intermedia diseñado para ser difundido en los países en vías de desarrollo, por las ventajas de su bajo costo de fabricación y por la gran exactitud de los resultados que proporciona. El empleo del equipo original MERLÍN es el que mayor difusión ha logrado en países de Latinoamérica.

El primer diseño del Merlín es la versión Mk1 tal como se aprecia en la Fotografía N° 2.1, posteriormente el TRRL presentó otro diseño del Merlín siendo esta la versión Mk2 como se muestra en la Fotografía N° 2.2



Fotografía N° 2.1: Primera versión del Merlín

Fuente: Ma. Cundill , 1996

Fotografía N° 2.2: Segunda versión del Merlín

Fuente: Ma. Cundill , 1996

En el Salvador, el primer estudio de rugosidad con Equipo Merlín se realizó en Julio de 1996 en la carretera San Rafael – Sensuntepeque (Ver cuadro N° 2.1), cuyo pavimento fue carpeta asfáltica nueva. El evento se efectuó como parte del proyecto CA1-Sensuntepeque, para estudios de control de calidad de pavimentos.

PROYECTO	SECTOR	TRAMO	SUBTRAMO	LONGITUD (Km)	PAIS	PAVIMENTO	FECHA
CA1-SENSUNTEPEQUE	SAN RAFAEL - SENSUNTEPEQUE	SAN RAFAEL-DV.ILOBASCO	KM 40+700-KM 52+000	11.3	EL SALVADOR	CARPETA ASFALTICA NUEVA	Jul-96
CA1-SENSUNTEPEQUE	SAN RAFAEL - SENSUNTEPEQUE	SAN RAFAEL-DV.ILOBASCO	KM 52+000-KM 54+600	2.6	EL SALVADOR	CARPETA ASFALTICA NUEVA	Jul-96
CA1-SENSUNTEPEQUE	SAN RAFAEL - SENSUNTEPEQUE	SAN RAFAEL-DV.ILOBASCO	KM 54+600-KM 60+000	5.4	EL SALVADOR	CARPETA ASFALTICA NUEVA	Jul-96
CA1-SENSUNTEPEQUE	SAN RAFAEL - SENSUNTEPEQUE	SAN RAFAEL-DV.ILOBASCO	KM 60+000-KM 69+800	9.8	EL SALVADOR	CARPETA ASFALTICA NUEVA	Jul-96
CA1-SENSUNTEPEQUE	SAN RAFAEL - SENSUNTEPEQUE	SAN RAFAEL-DV.ILOBASCO	KM 69+800-KM 83+200	13.4	EL SALVADOR	CARPETA ASFALTICA NUEVA	Jul-96

Cuadro N° 2.1: Primeros Estudios de Rugosidad con Equipo Merlín en el Salvador.

Fuente: Adaptación propia a partir de Del Águila P., 1999.

En Bolivia como parte del proyecto Río Seco – Desaguadero, en Febrero de 1998, se utilizó por primera vez el equipo Merlín, para evaluaciones de rugosidad en la carretera Río Seco – Guaqui (La Paz), En esta ocasión la evaluación se realizó sobre carpeta asfáltica nueva, para estudios de control de calidad de pavimentos (Ver cuadro N° 2.2).

PROYECTO	SECTOR	TRAMO	SUBTRAMO	LONGITUD (Km)	PAIS	PAVIMENTO	FECHA
RIO SECO-DESAGUADERO	RIO SECO-GUAQUI	KM 0+612-KM 72+750	KM 0+612-KM 72+750		LA PAZ-BOLIVIA	CARPETA ASFALTICA NUEVA	Feb-98
RIO SECO-DESAGUADERO	RIO SECO-GUAQUI	KM 0+612-KM 72+750	KM 0+612-KM 72+750	6.5	LA PAZ-BOLIVIA	CARPETA ASFALTICA NUEVA	Feb-98

Cuadro N° 2.2: Primeros Estudios de Rugosidad con Equipo Merlín en Bolivia.

Fuente: Adaptación propia a partir de Del Águila P., 1999.

2.2 EL EQUIPO MERLÍN EN EL PERÚ

En el Perú, el primer estudio de rugosidad con equipo MERLÍN, se efectuó durante el mes de Septiembre de 1993 (Del Águila P., 1999), en el marco del primer programa de rehabilitación de carreteras financiado por el Banco Interamericano de Desarrollo (BID), el cuál estuvo bajo la administración

inicial de la Unidad Ejecutora de Proyectos del Ministerio de Transportes, Comunicaciones, Vivienda y Construcción (UEP), que posteriormente se convirtió en el Programa Especial de Rehabilitación de Infraestructura de Transportes (PERT), como parte de los estudios para la rehabilitación de la carretera Huayre-Huánuco, parte de una vía de integración regional de gran importancia en el Perú. En esa oportunidad la evaluación se efectuó sobre un pavimento asfáltico en avanzado estado de deterioro, y sobre tramos con tratamiento superficial bi-capa tal como figura en el Cuadro N° 2.3. En este mismo año también se efectuaron otros estudios de rugosidad como es el caso de la carretera Sullana-Aguas Verdes, el cual también se encontraba en avanzado estado de deterioro.

PROYECTO	SECTOR	TRAMO	SUBTRAMO	LONGITUD (Km)	DEPARTAMENTO	PAVIMENTO	FECHA
CARRETERA CENTRAL	HUAYRE-HUANUCO	HUAYRE-CHICRIN	KM 247+000-KM 323+500	76.5	JUNIN-PASCO	CARPETA ASFALTICA ANTIGUA	Sep-93
CARRETERA CENTRAL	HUAYRE-HUANUCO	CHICRIN-HUANUCO	KM 2+400-KM 39+300	36.9	PASCO-HUANUCO	CARPETA ASFALTICA ANTIGUA	Sep-93
CARRETERA CENTRAL	HUAYRE-HUANUCO	CHICRIN-HUANUCO	KM 39+300-KM 46+500	7.2	HUANUCO	TRATAMIENTO SUPERF.BICAPA	Sep-93
CARRETERA CENTRAL	HUAYRE-HUANUCO	CHICRIN-HUANUCO	KM 46+500-KM 83+500	37	HUANUCO	CARPETA ASFALTICA ANTIGUA	Sep-93

Cuadro N° 2.3: Primeros Estudios de Rugosidad con Equipo Merlín en el Perú.

Fuente: Adaptacion propia a partir de Del Águila P., 1999.

La primera aplicación del MERLÍN para el control de la rugosidad de un pavimento asfáltico nuevo, se produjo en el mes de Febrero de 1995, en el tramo de la Carretera Panamericana Norte correspondiente a la vía de evitamiento de la ciudad de Trujillo, en el norte del Perú (Tramo Trujillo – Pacasmayo). En consecuencia, dichas carreteras fueron las primeras en ser evaluadas para la determinación de su rugosidad, primero durante los estudios para su rehabilitación y posteriormente al finalizar la etapa constructiva.

Posteriormente se inicia un segundo programa de rehabilitación que continúa hasta la fecha, el que incluye las principales vías de penetración hacia el interior del país, y en consecuencia, las mediciones se extienden a dicha red.

Como consecuencia de la investigación desarrollada en el Perú en la década de los años noventa, la que se basó en los fundamentos del trabajo original desarrollado por el TRRL, los conceptos establecidos en el International Road Roughness Experiment (IRRE, Brasil 1982), los resultados de la correlación de la rugosidad con el concepto de la "serviciabilidad" del método de diseño AASHTO, la metodología para la evaluación de pavimentos con el equipo MERLIN fue repotenciada con el diseño de un nuevo método de medición, el desarrollo de un software para la determinación del IRI y establecimiento de una ecuación de cálculo para el caso de pavimentos asfálticos nuevos, lo que propició su empleo masivo en estudios para rehabilitación y mantenimiento, y para los servicios de control de calidad en la construcción de carreteras.

2.3 RUGOSIDAD Y ÍNDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL

La rugosidad se define como las irregularidades en la superficie del pavimento que afectan adversamente la calidad de rodado, seguridad y costos de operación del vehículo.

En la década de los 70's, el Banco Mundial financió diferentes programas de investigación a gran escala, entre los cuales se encontraba un proyecto relacionado con la calidad de las vías y los costos a los usuarios, a través del cual se detectó que los datos de rugosidad superficial de diferentes partes del mundo no podían ser comparados. Aún datos de un mismo país no eran confiables, debido a que las mediciones fueron realizadas con equipos y métodos que no eran estables en el tiempo.

Con el objetivo de unificar los parámetros de medición de rugosidad, se planteó a nivel internacional el interés de desarrollar un índice único y común al que referirse, que fuera independiente del equipo o técnica de obtención de la geometría del perfil y que además representa significativamente el conjunto de las percepciones de los usuarios circulando en un vehículo medio a una velocidad media.

Estas necesidades dieron lugar a la realización del experimento internacional llamado IRRE (Internacional Road Roughness Experiment), dicho evento se

realizó en Brasilia (Brasil) entre Mayo y Junio de 1982 y fue conducido por Equipos de Investigación de Brasil, Inglaterra, Francia, Estados Unidos y Bélgica. En dicho evento se utilizaron diferentes equipos de medición de rugosidad, con distinta metodología de aplicación. Fueron 11 los equipos utilizados y fueron separados en 03 categorías:

- Equipos tipo respuesta RTRRMSS (03 Maysmeter, 02 Roadmeters, 01 Bump Integrator y 01 BPR Rougmeter).
- Perfilómetros dinámicos de alta velocidad (01 APL, 01 Perfilómetro dinámico superficial)
- Métodos estáticos de medición del perfil (01 Nivel y mira, 01 Viga desarrollado por el TRRL)

Los equipos utilizados fueron experimentados sobre cuarenta y nueve (49) sitios: trece superficies de hormigón, doce secciones con tratamiento superficial, doce caminos de grava y doce caminos de tierra. Como resultado de dicho evento fue el desarrollo del concepto y método de cálculo del *Índice Internacional de Rugosidad*, mejor conocido como **IRI** (International Roughness Index) el mismo que fue desarrollado por Laboratorio Británico de Investigación de Transporte y Caminos (TRRL).

Después de cuatro años de realizado el experimento el Banco Mundial (1986) propuso al Índice de rugosidad Internacional como un estándar estadístico de la rugosidad utilizado como parámetro de referencia en la medición de la calidad de rodadura de un camino. Es así que actualmente en muchos países, se realizan evaluaciones sobre la condición actual del pavimento basados en los principios del TRRL, el cual contribuye a la mejora de políticas relacionadas con la gestión de pavimentos.

El IRI se define como la sumatoria de desviaciones en mm, de los desniveles respecto a una cuerda promedio (de longitud igual a 1.80m) de la superficie de rodadura. El cálculo del IRI se realiza mediante un modelo que simula el paso de un cuarto de vehículo a 80 km/h sobre el pavimento. El modelo calcula la suma

de desplazamientos verticales de una masa en el interior del vehículo estándar a lo largo de un camino, y se expresa en mm/m, m/km.. El IRI indica la calidad de funcionamiento del pavimento en cuanto a suavidad, comodidad y seguridad.

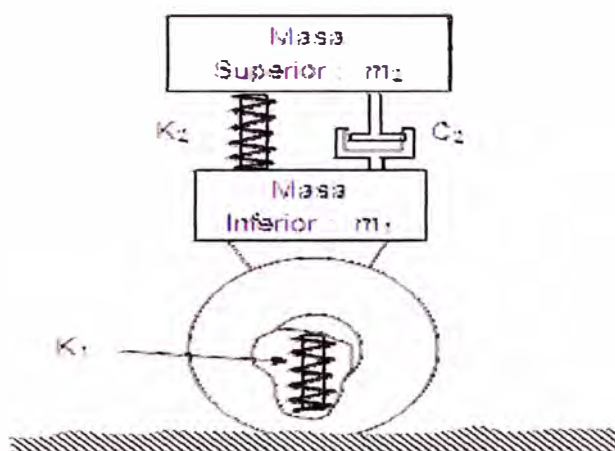


Figura N° 2.1: Modelo Cuarto de Coche para calcular el IRI.

Fuente: Del Águila P., 1999

2.4 DISEÑO DEL EQUIPO MERLÍN

El equipo MERLÍN, es un instrumento de diseño simple, versátil, y económico, pensado especialmente para uso en países en vías de desarrollo y que a continuación describiremos el principio de diseño:

- Consta de un marco formado por dos elementos verticales y uno horizontal. Para facilidad de desplazamiento y operación el elemento vertical delantero es una rueda, mientras que el trasero tiene adosados lateralmente dos soportes inclinados, uno en el lado derecho para fijar el equipo sobre el suelo durante los ensayos y otro en el lado izquierdo para descansar el equipo.
- El elemento horizontal se proyecta, hacia la parte trasera, con 2 manijas que permiten levantar y movilizar el equipo, haciéndolo rodar sobre la rueda en forma similar a una carretilla.
- Aproximadamente en la parte central del elemento horizontal, se proyecta hacia abajo una barra vertical que no llega al piso, en cuyo extremo inferior pivotea un brazo móvil.

- El extremo inferior del brazo móvil está en contacto directo con el piso, mediante un patín empernado y ajustable, el cuál se adecua a las imperfecciones del terreno, mientras que el extremo superior termina en un puntero o indicador que se desliza sobre el borde de un tablero, de acuerdo a la posición que adopta el extremo inferior del patín móvil al entrar en contacto con el pavimento.
- La relación de brazos entre los segmentos extremo inferior del patín móvil-pivote y pivote-puntero es 1 a 10, de manera tal que un movimiento vertical de 1 mm, en el extremo inferior del patín móvil, produce un desplazamiento de 1 cm del puntero.
- Para registrar los movimientos del puntero, se utiliza una escala gráfica con 50 divisiones, de 5 mm de espesor cada una, que va adherida en el borde del tablero sobre el cuál se desliza el puntero.

La Figura Nº 2.2 ilustra como el MERLÍN mide el desplazamiento vertical entre la superficie del camino y el punto medio de una línea imaginaria de longitud constante. El desplazamiento es conocido como “la desviación respecto a la cuerda promedio”.

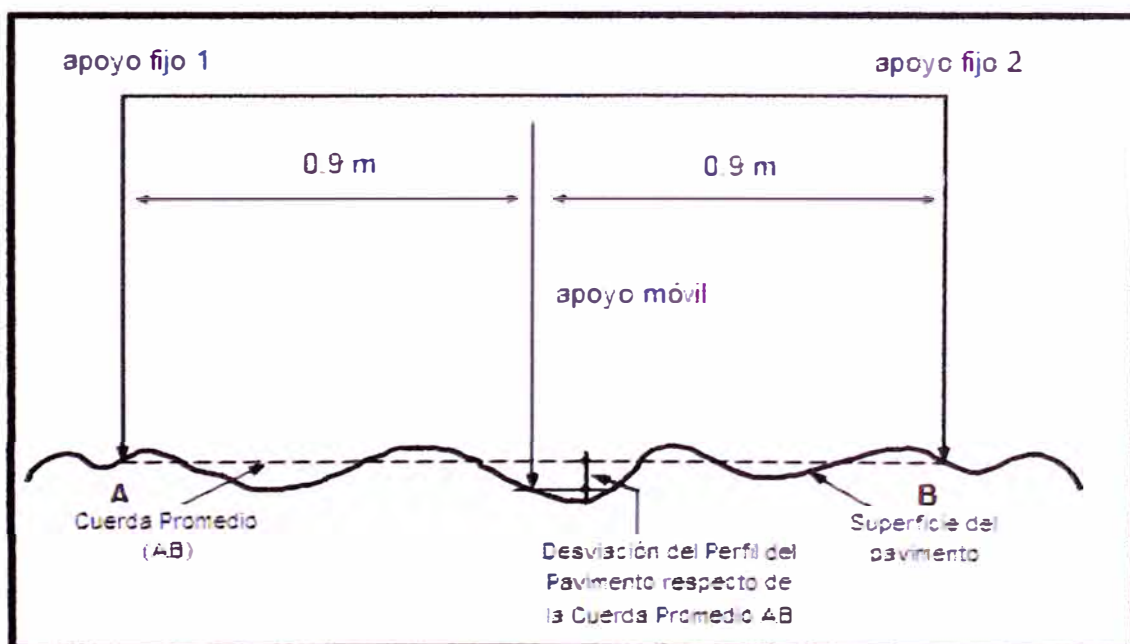


Figura Nº 2.2: Desviación respecto a la cuerda promedio.

Fuente: Ma Cundill, 1996.

La longitud de la cuerda promedio es 1.80m, por ser la distancia que proporciona los mejores resultados en las correlaciones. Asimismo, se ha definido que es necesario medir 200 desviaciones respecto de la cuerda promedio, en forma consecutiva a lo largo de la vía y considerar un intervalo constante entre cada medición. La Figura N° 2.3 representa un esquema ilustrativo del instrumento.

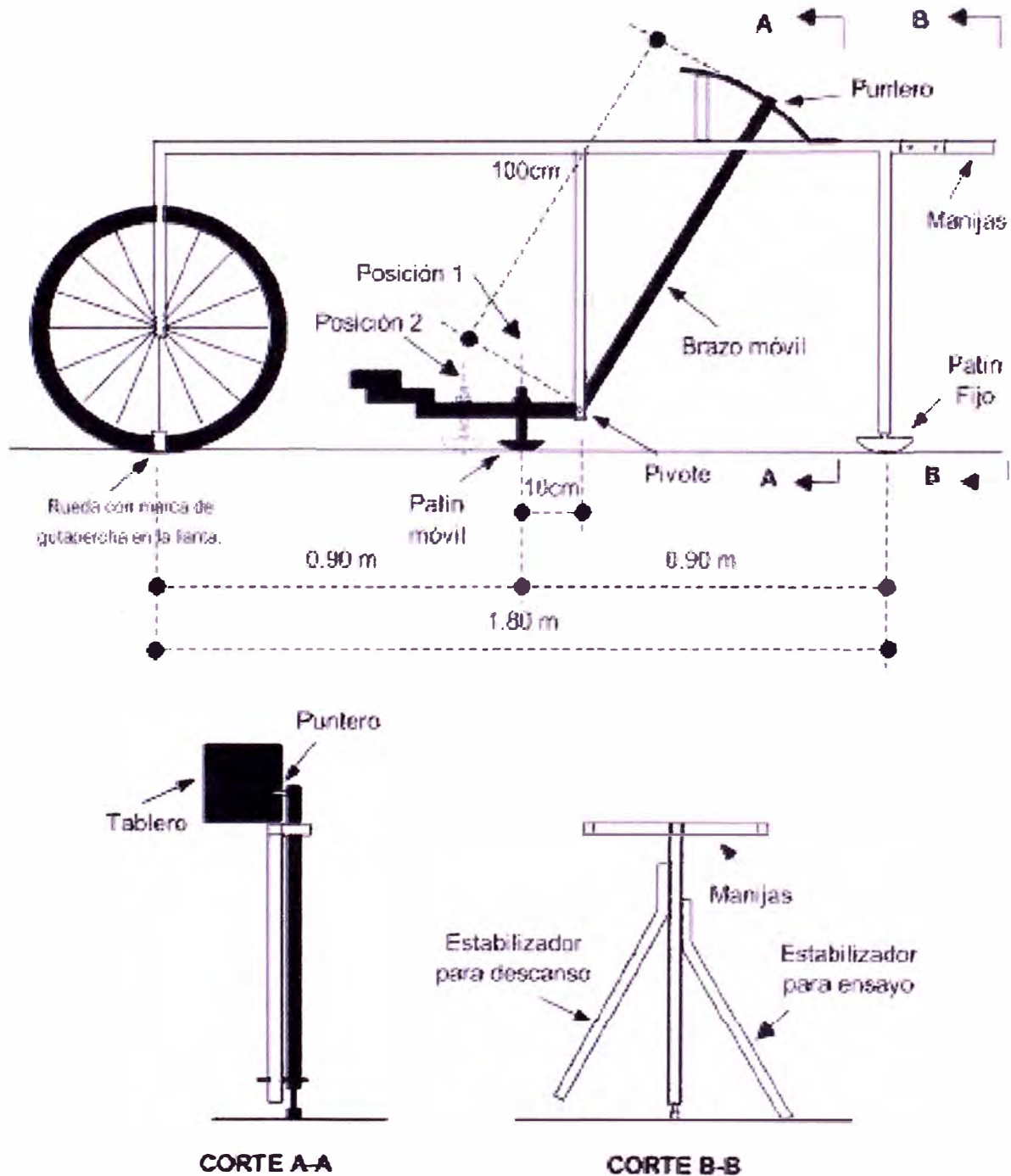


Figura N° 2.3: Esquema del Equipo Merlín.

Fuente: Ma Cundill, 1996.

2.5 MÉTODO DE USO DEL EQUIPO MERLÍN

Para la ejecución del ensayo se requiere del siguiente personal y equipo mínimo:

- Personal: 01 operador, 03 ayudantes (01 anotador de lecturas y 02 para seguridad)
- Equipos: 01 Equipo Merlín, 01 camioneta doble cabina 4x4 (Inc. Chofer), 01 Vernier, 01 wincha, cámara fotográfica, tablero de apuntes.
- Materiales: formato de campo, pintura

A continuación se describe el procedimiento de uso del Equipo Merlín para la evaluación de rugosidad:

- Se distribuye el personal asignado a cada tarea programada
- Seleccionar y marcar tramos de prueba de 400m de longitud. Las marcas se realizarán en un carril de la vía, sobre la huella externa del tráfico vehicular
- Se anota las progresivas de inicio y fin del tramo de evaluación, así como la fecha de evaluación, ubicación, tipo de superficie de rodadura, etc.
- Armar el equipo con cuidado, empezando por la parte delantera para poder acomodar la llanta.
- Una vez armado, se procede a ajustar los pernos que se encuentran en la parte inferior del equipo
- Se estaciona el equipo de tal forma que la rueda descansa sobre la huella externa del tráfico vehicular.

- Se procede a colocar el formato de lecturas sobre el tablero del equipo, teniendo en cuenta que debe estar centrada y sujeta con cinta adhesiva, y en casos extremos protegida con una mica para la lluvia.
- Se coloca una marca de referencia sobre la llanta, para que facilite la labor de parada del equipo y toma de lecturas por parte del operador.
- El operador toma el instrumento por las manijas, elevándolo y desplazándolo una vuelta completa (02 m), luego toma lectura de lo que indica el puntero y es anotado por el ayudante anotador de lecturas (Ver Fotografía N° 2.3).
- Repetir sucesivamente el paso anterior hasta completar 200 lecturas.

Para obtener un valor de rugosidad que represente el estado actual de la superficie de rodadura, económicamente como mínimo se debe de realizar dos (02) pasadas por carril (ida y retorno) y para obtener resultados más óptimos se debe realizar cuatro (04) pasadas por carril, es decir dos veces ida y retorno.



Fotografía N° 2.3: Lectura y recolección de datos con equipo Merlin.

Fuente: Elaboración Propia

2.6 MÉTODOS PARA LA MEDICIÓN DE RUGOSIDAD

De acuerdo con la clasificación establecida por el Banco Mundial los métodos para la medición de la rugosidad se agrupan en 4 clases:

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 GMR type 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.

En el Perú el Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones (MTC) considera al equipo Merlin dentro de la Clase 2.

Métodos Clase 3

En estos métodos se utilizan ecuaciones de correlación para convertir data de campo a las unidades internacionales de medición de rugosidad. Usualmente se emplean rugosímetros dinámicos: recolectan los datos instalados en un vehículo que recorre la vía a una velocidad uniforme. La precisión de los resultados obtenidos depende de la calibración dinámica del vehículo para proporcionar los valores de rugosidad, empleando ecuaciones de correlación para convertir las lecturas a la escala IRI. Estos métodos, también denominados “tipo respuesta” (Response-Type Road Roghness Measuring System, o simplemente, RTRRMS). En este grupo se encuentran el Mays Meter, Bump Integrator, NAASRA Meter, Cosmeter, PCA Meter, entre otros.

El equipo Merlín por ser de gran precisión, es usado para la calibración del equipo Bump Integrator.

Métodos Clase 4

Se basan en una evaluación subjetiva en la cual el IRI se estima con una inspección visual. Las observaciones se limitan a un equivalente aproximado a la escala del IRI, se usa cuando se desea conocer aproximadamente el estado de la uniformidad superficial.

2.7 SERVICIABILIDAD Y ÍNDICE DE SERVICIABILIDAD PRESENTE

La definición de serviciabilidad fue desarrollada por la AASHTO Road Test, y es orientada a evaluar su capacidad para proporcionar una transitabilidad suave y confortable. Por lo tanto el concepto de serviciabilidad esta relacionado con el concepto de rugosidad.

Para evaluar la serviciabilidad de un pavimento, se emplea el parámetro denominado Índice de Serviciabilidad Presente (PSI), el cual establece la condición funcional o capacidad de servicio actual del pavimento. Dichos conceptos fueron desarrollados por el cuerpo técnico del Ensayo Vial AASHO,

en 1957 (Ver Cuadro N° 2.4), hoy ASSHTO. Los valores del PSI se evalúan mediante una escala que va de 0 a 5, en donde la condición óptima corresponde al máximo valor y viceversa.

CALIFICACIÓN		DESCRIPCIÓN
NUMÉRICA	VERBAL	
5-4	Muy Buena	Sólo los pavimentos nuevos (o casi nuevos) son lo suficientemente suaves y sin deterioro para clasificar en esta categoría. La mayor parte de los pavimentos construidos o recapeados durante el año de inspección normalmente se clasificarían como muy buena.
4-3	Buena	Los pavimentos de esta categoría, si bien no son tan suaves como los "Muy Buenos", entregan un manejo de primera clase y muestran muy poco o ningún signo de deterioro superficial. Los pavimentos flexibles pueden estar comenzando a mostrar signos de ahuellamiento y figuración aleatorio. Los pavimentos rígidos pueden estar empezando a mostrar evidencias de un leve deterioro superficial, como desconches y fisuras menores.
3-2	Regular	En esta categoría la calidad de manejo es notablemente inferior a la de los pavimentos nuevos, y puede presentar problemas para altas velocidades de tránsito. Los defectos superficiales en pavimentos flexibles pueden incluir ahuellamiento, parches y agrietamiento. Los pavimentos rígidos en este grupo pueden presentar fallas en las juntas, agrietamientos, escalonamiento y <u>pumping</u> .
2-1	Mala	Los pavimentos de esta categoría se han deteriorado hasta un punto donde pueden afectar la velocidad de tránsito de flujo libre. Los pavimentos flexibles pueden tener grandes baches y grietas profundas; el deterioro en pavimentos rígidos incluye desconche de juntas, escalonamientos, parches, agrietamiento y <u>bombeo</u> .
1-0	Muy Mala	Los pavimentos de esta categoría se encuentran en una situación de extremo deterioro. Los caminos se pueden pasar a velocidades reducidas y con considerables problemas de manejo. Existen grandes baches y grietas profundas. El deterioro ocurre en un 75% o más de la superficie.

Cuadro N° 2.4: Escala de Calificación de la Serviciabilidad.

Fuente: AASHTO, 1962

CAPÍTULO III: MARCO TEÓRICO

3.1 METODOLOGÍA PARA LA DETERMINACIÓN DE LA RUGOSIDAD

3.1.1 Correlaciones D versus IRI

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

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

b). Cuando $IRI < 2.4$, entonces $IRI = 0.0485 D$ (2)

La expresión (1) es la ecuación original establecida por el TRRL mediante simulaciones computarizadas, utilizando una base de datos proveniente del Ensayo Internacional sobre Rugosidad realizado en Brasil en 1982. La ecuación de correlación establecida es empleada para la evaluación de pavimentos en servicio, con superficie de rodadura asfáltica, granular o de tierra, siempre y cuando su rugosidad se encuentre comprendida en el intervalo indicado.

La expresión (2) es la ecuación de correlación establecida por el Ing. Pablo del Águila de acuerdo a su experiencia en evaluaciones de rugosidad en más de 3,000 Km. de pavimentos, comprobándose que la ecuación original del TRRL no era aplicable para el caso de pavimentos asfálticos nuevos o poco deformados. Se desarrolló entonces, siguiendo la misma metodología que la utilizada por el laboratorio británico, una ecuación que se emplea para el control de calidad de pavimentos recién construidos.

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

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

3.1.2 Cálculo del Rango "D"

Para la generación de los 200 datos que se requieren para determinar un valor de rugosidad, se emplea el formato indicado en la Figura N° 3.1, el cual presenta una escala arbitraria de 50 unidades, el mismo que es colocada sobre el tablero del equipo Merlín, la que sirve para registrar las doscientas posiciones que adopta el puntero del brazo móvil.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN

FORMATO PARA MEDICIONES DE RUGOSIDAD CON EQUIPO MERLÍN

1	51	101	151
2	52	102	152
3	53	103	153
4	54	104	154
5	55	105	155
6	56	106	156
7	57	107	157
8	58	108	158
9	59	109	159
10	60	110	160
11	61	111	161
12	62	112	162
13	63	113	163
14	64	114	164
15	65	115	165
16	66	116	166
17	67	117	167
18	68	118	168
19	69	119	169
20	70	120	170
21	71	121	171
22	72	122	172
23	73	123	173
24	74	124	174
25	75	125	175
26	76	126	176
27	77	127	177
28	78	128	178
29	79	129	179
30	80	130	180
31	81	131	181
32	82	132	182
33	83	133	183
34	84	134	184
35	85	135	185
36	86	136	186
37	87	137	187
38	88	138	188
39	89	139	189
40	90	140	190
41	91	141	191
42	92	142	192
43	93	143	193
44	94	144	194
45	95	145	195
46	96	146	196
47	97	147	197
48	98	148	198
49	99	149	199
50	100	150	200

200 LECTURAS

DEPRESIONES

1 DIVISIÓN = 5 mm

ELEVACIONES

Valor "D" (escala Rugoso) (mm) =
Rugosidad (mm) (Iri/1km) =

FECHA: / /

RESPONSABLE:

Figura N° 3.1: Formato para Recolección de datos de campo

Fuente: Facultad de Ingeniería Civil - UNI, 1999.

La división N° 25 debe ser tal que corresponda a la posición central del puntero sobre el tablero cuando el perfil del terreno coincide con la línea o cuerda promedio. En la medida que las diversas posiciones que adopte el puntero coincidan con la división 25 o con alguna cercana (dispersión baja), el ensayo demostrará que el pavimento tiene un perfil igual o cercano a una línea recta (baja rugosidad). Por el contrario, si el puntero adopta repetitivamente posiciones alejadas a la división N°25 (dispersión alta), se demostrará que el pavimento tiene un perfil con múltiples inflexiones (rugosidad elevada).

La dispersión de los datos obtenidos con el MERLÍN se analiza calculando la distribución de frecuencias de las lecturas o posiciones adoptadas por el puntero, la cuál puede expresarse, para fines didácticos, en forma de histograma como se aprecia en la Figura N° 3.2.

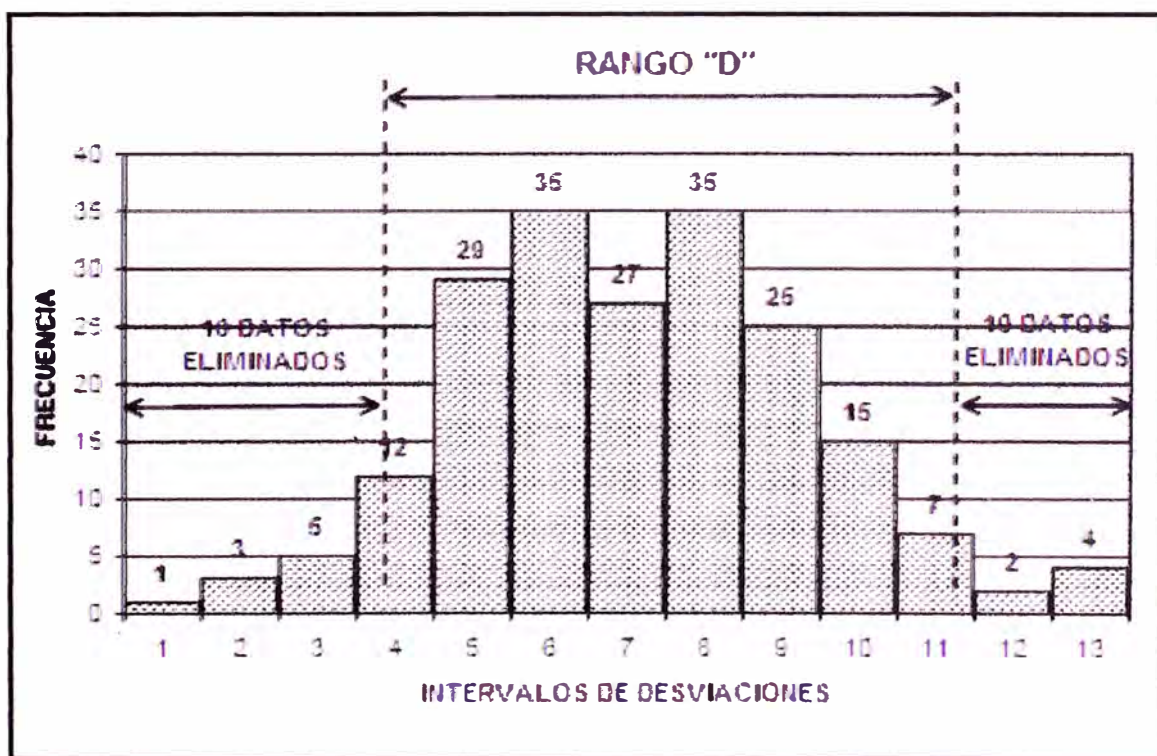


Figura N° 3.2: Histograma de distribución de Frecuencias

Fuente: Del Águila P.M., 1999.

Posteriormente se establece el Rango de los valores agrupados en intervalos de frecuencia (D), luego de descartarse el 10% de datos que correspondan a posiciones del puntero poco representativas o erráticas. En la práctica se elimina

5% (10 datos) del extremo inferior del histograma y 5% (10 datos) del extremo superior.

Efectuado el descarte de datos, se calcula el “ancho del histograma” en unidades de la escala, considerando las fracciones que pudiesen resultar como consecuencia de la eliminación de los datos. En la Figura N° 3.2 por ejemplo, en el extremo inferior del histograma, se tiene que por efecto del descarte de los 10 datos se eliminan los intervalos 1, 2 y 3, y un dato de los doce que pertenecen al intervalo 4, en consecuencia resulta una unidad fraccionada igual a $11/12=0.92$.

Caso similar sucede en el extremo superior del histograma, en donde resulta una unidad fraccionada igual a $3/7=0.43$. Se tiene en consecuencia un Rango igual a $0.92+6+0.43=7.35$ unidades.

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

3.1.3 Factor de corrección para el ajuste de “D”

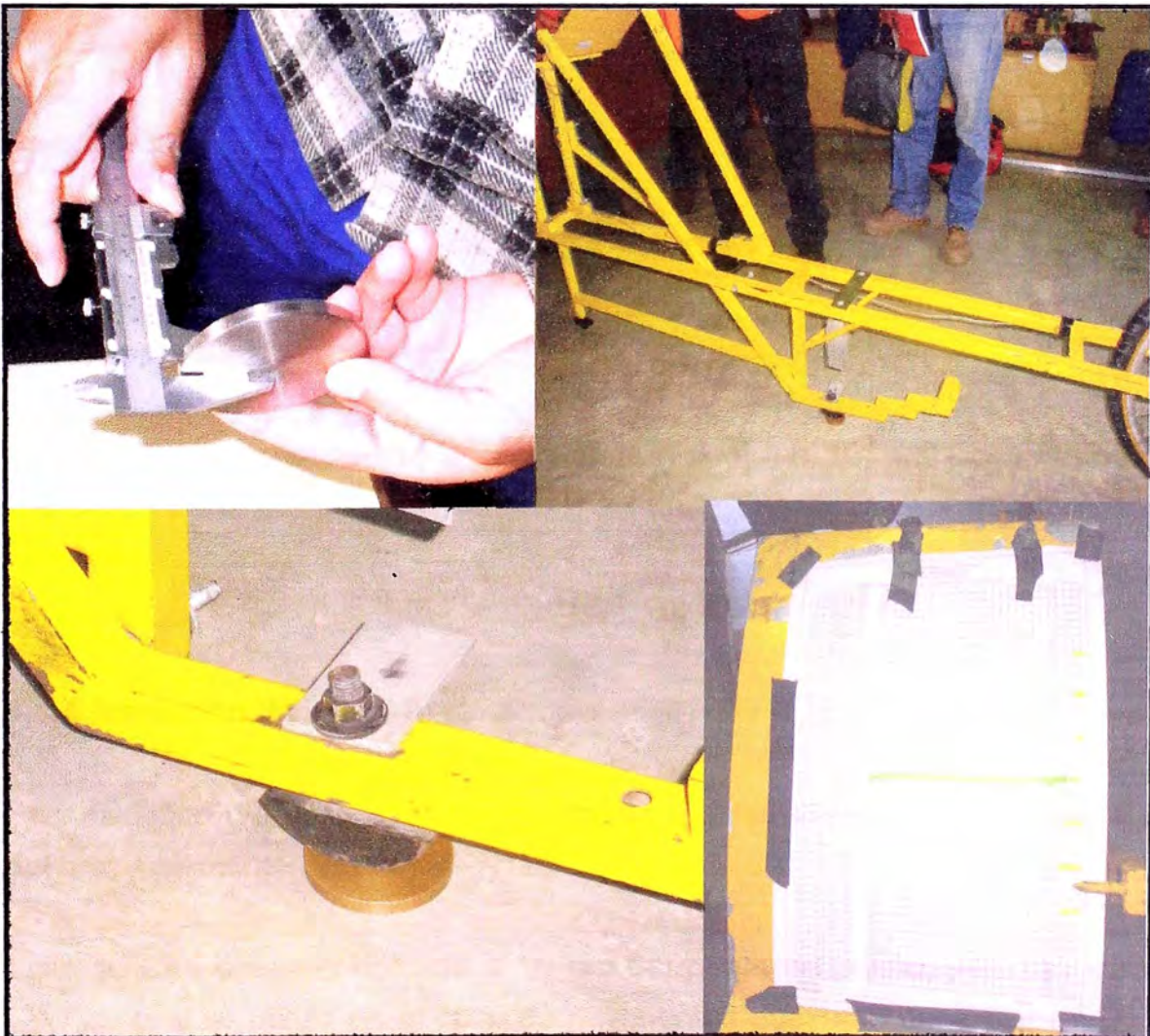
Las ecuaciones 1 y 2 representan correlaciones entre el valor D y la rugosidad en unidades IRI, las cuales han sido desarrolladas para una condición de relación de brazos del rugosímetro de 1 a 10. Esta relación en la práctica suele variar, y depende del desgaste que experimenta el patín del brazo móvil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

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

- Se determina el espesor de la pastilla, en milímetros (Ver Fotografía N° 3.1), utilizando un calibrador que permita una aproximación al décimo de

mm. Para tener una buena medida del espesor se considerara el valor promedio de 4 medidas diametralmente opuestas. Por ejemplo: el espesor medido es 6.2mm.

- Se coloca el rugosímetro sobre una superficie plana (un piso de terrazo, por ejemplo) y se efectúa la lectura que corresponde a la posición que adopta el puntero cuando el patín móvil se encuentra sobre el piso (por ejemplo, lectura=25). Se levanta el patín y se coloca la pastilla de calibración debajo de él, apoyándola sobre el piso (Ver Fotografía N° 3.1).



Fotografía N° 3.1: Calibración del equipo Merlin

Fuente: Elaboración propia

Esta acción hará que el puntero sobre el tablero se desplace, asumiendo una relación de brazos estándar de 1 a 10, una distancia igual al espesor de la pastilla multiplicado por 10 (es decir: $6.2 \times 10 = 62$ mm), lo que significa, considerando que cada casillero mide 5 mm, que el puntero se ubicará aproximadamente en el casillero 12, siempre y cuando la relación de brazos actual del equipo sea igual a la asumida. Si no sucede eso, se deberá encontrar un factor de corrección (F.E.) usando la siguiente expresión:

$$\text{Factor de corrección} = 10 T / S \quad (4)$$

Donde,

T : Espesor de la pastilla (mm).

S : Variación de lectura

Se procede de la siguiente manera:

$$\text{F.E.} = (10 \times T) / [(S) \times 5]$$

Por ejemplo:

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

$$\text{F.E.} = (6.2 \times 10) / [(25-10) \times 5] = 0.82666$$

3.1.4 Variación de relación de brazos

Para facilidad del trabajo, el equipo Merlín admite dos posiciones para el patín del brazo pivotante (Ver Figura N° 2.3):

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

- b. Una posición ubicada a 20 cm del punto de pivote, posición alterna que se utiliza en el caso de pavimentos afirmados muy deformados o pavimentos muy deteriorados. En este caso el factor de relación de brazos será $R.B.=2$.

En ese caso la relación de brazos será 1 a 5. De usar esta posición, el valor D determinado deberá multiplicarse por un factor de 2.

3.1.5 Cálculo del Rango “D” corregido

El valor D calculado en la sección 3.1.2 deberá modificarse considerando el Factor de corrección ($F.E.=0.82666$) y la Relación de Brazos ($RB=1$). El valor D corregido será $36.75\text{mm} \times 0.82666 \times 1 = 30.38\text{mm}$. Este valor llevado a condiciones estándar es la rugosidad en “unidades MERLIN”.

3.1.6 Determinación de la rugosidad en la escala del IRI

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

3.2 LÍMITES DE RUGOSIDAD PARA EL CONTROL DE CALIDAD EN PAVIMENTOS

Según experiencias realizadas y publicadas por Ing. Pablo Del Águila P. (Sevilla, 1999), indica que para el caso de pavimentos asfálticos nuevos o rehabilitados, la rugosidad se deberá controlar calculando el parámetro denominado IRI Característico, el cuál es definido por la siguiente expresión:

$$IRI_{CAR} = IRI_{PROM} + 1.645 \cdot S \quad (5)$$

Donde,

IRI_{CAR} : IRI característico

IRI_{PROM} : IRI promedio

S : Desviación estándar

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

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

- Para pavimentos asfálticos nuevos, el IRI_{CAR} deberá ser menor o igual a 2.0 m/Km.
- Para pavimentos con recapado asfáltico, el IRI_{CAR} deberá ser menor o igual a 2.5 m/Km.
- Para pavimentos con sellado asfáltico, el IRI_{CAR} deberá ser menor o igual a 3.0 m/Km.

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

3.3 ÍNDICE DE SERVICIABILIDAD PRESENTE

El Índice de Serviabilidad Presente se calcula según la expresión desarrollada por SAYERS M.W., 1986 y tiene la siguiente forma:

$$R = 5.5 \text{ LN} \left(\frac{5.0}{\text{PSI}} \right) \pm 25\% , \text{ para } R < 12 \quad (6)$$

Donde:

R= Rugosidad en IRI

PSI= Índice de Serviabilidad Presente

El valor del PSI resultante se lleva se a la tabla del ASSHTO (Ver cuadro N° 2.4) y finalmente se estima el estado actual del pavimento.

CAPÍTULO IV: APLICACIÓN AL TRAMO KM. 59+000 – KM. 64+000

La evaluación de la rugosidad del tramo Km. 59+000 - Km. 64+000 con equipo Merlín, no se efectuó en su totalidad (05 Km.), esto por disposición de la Dirección de Escuela Profesional (DEP-FIC), razón por la cual sólo asignaron dentro de los 05 kilómetros un sub-tramo de evaluación de 400m de longitud ubicado entre las progresivas Km. 59+900 y Km. 60+300, cuya superficie fue un Sello Asfáltico Tipo Slurry Seal. Partiendo de esta modificación del tramo de evaluación, se realizó el ensayo con el Equipo Merlín en el sub-tramo Km. 59+900 - Km. 60+300 (ver Figura N° 4.1), en una sola pasada, sobre la huella externa del tráfico existente en sentido regresivo.

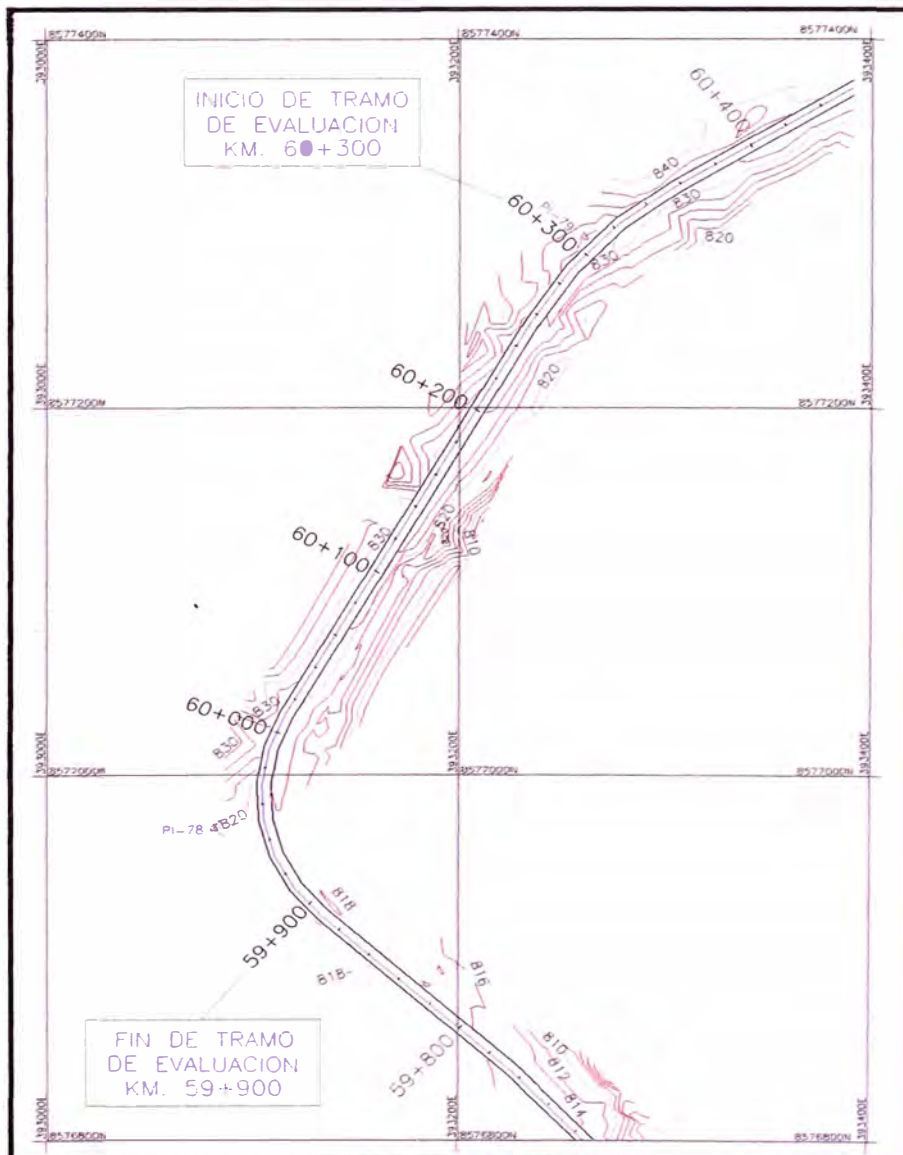


Figura N° 4.1: Tramo evaluado con el Equipo Merlín

Fuente: Elaboración Propia

Antes y después de la ejecución del ensayo con el equipo Merlín se anotaron los siguientes datos:

- Nombre de la zona o lugar : Distrito de Zúñiga
- Fecha : 03/10/09
- Tipo de superficie : Sello Asfáltico Tipo
Slurry Seal
- Punto de partida : Km. 60+300
- Punto de término : Km. 59+900
- Distancia de huella al borde de calzada : 1.00 m
- Ancho de Calzada : 5.30 m
- Altitud : 850 m.n.m.
- Temperatura : 25°C
- Hora de Inicio del ensayo : 4:25 pm
- Hora de término del ensayo : 4:55 pm
- Rendimiento(1 pasada) : 400m/30min= 0.80 Km/hora.
- Temperatura : 25°C

4.1 DETERMINACIÓN DE LA RUGOSIDAD DEL SUB-TRAMO KM. 59+900 – KM. 60+300 CON SUPERFICIE SELLO ASFÁLTICO TIPO SLURRY SEAL

4.1.1 Correlaciones D versus IRI

La ecuación de correlación a usar para el cálculo del IRI será la siguiente:

$$\boxed{\text{IRI} = 0.593 + 0.0471 \times D} \quad \dots\dots\dots(1)$$

Donde:

IRI : Índice de Rugosidad Internacional

D : Rugosidad en mm, obtenida con el Merlín.

En la Figura N° 4.2, en el extremo inferior del histograma, se tiene que por efecto del descarte de los 10 datos se eliminan los intervalos 9 y 10, y cuatro datos de los siete que pertenecen al intervalo 11, en consecuencia resulta una unidad fraccionada igual a $3/7=0.43$.

Caso similar sucede en el extremo superior del histograma, en donde resulta una unidad fraccionada igual a $1/4=0.25$. Se tiene en consecuencia un Rango igual a $R=0.43+13+0.25=13.68$ unidades.

$$\boxed{D = R \times 5\text{mm}} \quad \dots\dots\dots (2)$$

Donde:

R : Rango en unidades de escala

Valores:

R : 13.68

Por lo tanto: $D = 13.68 \times 5\text{mm} = 68.39\text{mm} \quad \dots\dots\dots (3)$

4.1.3 Factor de corrección para el ajuste de “D”

$$\boxed{F.E. = (T \times 10) / ((LI - LF) \times 5)} \quad \dots\dots\dots (4)$$

Donde:

T : Espesor de la pastilla

LI : Posición inicial del puntero

LF : Posición final del puntero

Valores:

T : 6.0 mm

LI : 25

LF : 37

Entonces el Factor de Corrección (F.E.) será:

$$F.E. = (6.0 \times 10) / [(37-25) \times 5] = 1.0000 \quad \dots\dots(5)$$

Datos adicionales anotados:

- Lugar de Calibración : Pueblo de Catahuasi
- Fecha de Calibración : 03/10/09
- Altura : 1,206 m.s.n.m.
- Hora de calibración : 5:35 p.m

4.1.4 Variación de relación de brazos

El equipo Merlín utilizado para la toma de datos tiene una relación de brazos de 1 a 10. Por lo tanto:

$$\boxed{R.B. = 1} \quad \dots\dots(6)$$

4.1.5 Cálculo del Rango “D” corregido

$$\boxed{D_{\text{corregido}} = D \times FE \times RB} \quad \dots\dots(7)$$

Donde:

- D : Rango D en mm
- FE : Factor de Escala o corrección de ajuste.
- RB : Variación de relación de brazos

Reemplazando (3), (5) y (6) en (7):

- D : 68.39 mm
- FE : 1.0
- RB : 1.0

Entonces el Rango “D” corregido será:

$$D_{\text{corregido}} = 68.39\text{mm} \times 1.0 \times 1.0 = 68.39\text{mm} \dots\dots\dots (8)$$

4.1.6 Rugosidad en la escala IRI

Finalmente reemplazando (8) en (1) se tiene:

$$IRI = 0.593 + 0.0471 \times 68.39$$

$IRI = 3.81 \text{ m/Km.}$

Por lo tanto en el sub-tramo designado (Km. 59+900 – Km. 60+300) en sentido regresivo, la rugosidad resultó tener un valor IRI=3.81m/km.

4.2 DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE SERVICIABILIDAD PRESENTE

Para calcular el valor del PSI se aplica la ecuación de la sección 3.3:

$R = 5.5 \text{ LN} \left(\frac{5.0}{\text{PSI}} \right) \pm 25\% , \text{ para } R < 12$
--

Donde:

R= Rugosidad en IRI

PSI= Índice de Serviabilidad Presente

El valor de rugosidad calculado en el tramo fue de **IRI=3.81 m/km.**, entonces reemplazando dicho valor en la ecuación, se tiene lo siguiente:

$$3.81 = 5.5 * \text{Ln} (5 / \text{PSI})$$

Por lo tanto el valor del Índice de Serviabilidad Presente es igual a:

$PSI = 2.50$

CAPÍTULO V: ANÁLISIS DE RESULTADOS

- Para conocer el valor de la variación de la rugosidad con el tiempo, en este caso para el sub-tramo Km. 59+900 al Km. 60+300 con superficie de rodadura tipo Slurry Seal, se realizó una comparación entre el valor IRI obtenido en el presente informe (Octubre 2009), con el efectuado por la Universidad Nacional de Ingeniería-UNI (Junio 2009).

Del registro de rugosidades de la UNI (Anexo D) no se tiene un valor IRI para el sub-tramo Km. 59+900 – Km. 60+300, por lo que para tener un valor de rugosidad en dicho tramo evaluado se promedió el IRI=4.08m/km (tramo km. 59+700 – km. 60+100) con el IRI=3.19 m/km (tramo 60+500 – km. 60+900), teniendo como resultado un **IRI promedio = 3.64 m/km (1)** tal como se indica en el Cuadro N° 5.1. Por otro lado la rugosidad obtenida del presente informe para el sub-tramo Km. 59+900 – Km. 60+300 es de un valor **IRI=3.81 m/km (2)**. Teniendo los valores (1) y (2) se realizó la comparación, obteniendo un incremento de rugosidad igual a:

$$\text{Incremento de rugosidad} = \text{IRI}_{(\text{octubre 2009})} - \text{IRI}_{(\text{junio 2009})}$$

$$\text{Incremento de rugosidad} = 3.81 - 3.64 = 0.17 \text{ m/km.}$$

Por lo que se confirma que la superficie de rodadura esta en proceso de deterioro.

EVALUACIÓN INFORME				EVALUACIÓN DE LA UNI			
Progresiva		Rugosidad	Fecha	Progresiva		Rugosidad	Fecha
Inicial (Km)	Final (Km)	IRI (m/km)	de Evaluación	Inicial (Km)	Final (Km)	IRI (m/km)	de Evaluación
60+300	59+900	3.81	03/10/2009	59+700	60+100	4.08	25/06/2009
-	-	-		60+500	60+900	3.19	
IRI Promedio		3.81		IRI Promedio		3.64	

Cuadro N° 5.1: Valores IRI INFORME v.s. IRI UNI

Fuente: Elaboración propia.

- Para conocer y estimar el estado actual de la superficie de rodadura, se utilizó la expresión que relaciona el Índice de Rugosidad (IRI) con el Índice de Serviciabilidad Presente indicado en la sección 4.2. En este caso según lo

calculado en la sección 4.2, resultó un valor $PSI=2.5$, por lo que según la escala de calificación establecida por la AASHTO, la superficie de rodadura presentó un estado regular ($2.0 < PSI < 3.0$).

- Para estimar la aceptación de la calidad del pavimento existente se empleó la fórmula $IRI_{CAR} = IRI_{PROM} + 1.645 \cdot S$, y un índice de rugosidad característico patrón (IRI_{CAR}), estimado de evaluaciones realizadas en pavimentos de tratamiento Superficial Bi-capa y Sello Asfáltico (Ing. Pablo Águila), debido a que ambas superficies tienen un similar comportamiento de deformación.

Tratándose de un sólo tramo de evaluación tenemos que el $IRI = IRI_{PROM}$ por lo que la desviación estándar $S=0$, entonces $IRI_{CAR} = IRI_{PROM} = 3.81 \text{m/km}$.

Al no tener índices de rugosidad para la aceptabilidad de la calidad de pavimentos con Sello asfáltico tipo Slurry Seal, se tomó de referencia los valores IRI obtenidos para pavimentos de Tratamiento Superficial Bicapa y Sello Asfáltico (en estado deteriorado) según las experiencias del Ing. Pablo del Águila (Ver Anexo C) en donde se tiene que el $IRI_{CAR \text{ promedio}} = 4.81 \text{m/km}$ (1). Al tomar este índice como referencia para la aceptación de la calidad, entonces el pavimento evaluado (Km. 59+900 – Km. 60+300) cumplió con el control de calidad, puesto que el $IRI=3.81 \text{m/km} \leq 4.81 \text{m/km}$. Por otro lado el Ing. Pablo del Águila propone para pavimentos nuevos de sello asfáltico un valor $IRI_{CAR} \leq 3.00 \text{m/km}$ (2), en este caso el pavimento evaluado no cumple con el control de calidad por lo que $IRI=3.81 \geq 3.00 \text{m/km}$.

Adoptando como índices de rugosidad los valores (1) y (2) se obtiene distintos resultados, por lo que para efectos del presente análisis se consideró un valor intermedio o promedio entre (1) y (2), debido a que el pavimento evaluado no estuvo nuevo ni en avanzado deterioro. Entonces el promedio de (1) y (2) es igual a $IRI_{CAR \text{ prom}} = (4.81 + 3.00) / 2 = 3.91 \text{m/km}$.

Por lo tanto considerando el índice de rugosidad $IRI_{CAR \text{ prom}} = 3.91 \text{m/km}$ (estimado calculado), para el control de calidad, se tiene que el $IRI=3.81 \text{m/km} \leq 3.91 \text{m/km}$., entonces para fines experimentales el pavimento cumplió con el control de calidad.

CONCLUSIONES

1. En la evaluación de rugosidad del tramo Km. 59+900 – Km. 60+300 con sello Asfáltico tipo Slurry Seal, resultó una rugosidad de valor $IRI=3.81\text{m/km}$. y un $PSI=2.5$ calificando como una superficie de rodadura en estado regular.
2. Comparando el IRI obtenido del presente informe ($IRI_{\text{OCTUBRE } 2009} = 3.81\text{m/km}$) con lo obtenido por la UNI ($IRI_{\text{JUNIO } 2009} = 3.64\text{m/km}$) resultó un incremento de rugosidad igual a $\Delta IRI = +0.17 \text{ m/km}$ luego de aproximadamente 03 meses de haber sido evaluado por la UNI; lo cual es un indicativo que la vía esta perdiendo transitabilidad.
3. El incremento de rugosidad puede deberse al tráfico que hubo en el mes de Mayo del 2009 (Ver Estudio de tráfico 2009-Anexo F), en donde se vió afectada la capacidad de soporte del suelo de fundación.
4. Otro factor influyente en el incremento de la rugosidad, es debido a las filtraciones de agua de las cunetas de tierra que se encuentran a lo largo de la vía, las cuales provocaron y provocan daños en la estructura y superficie del pavimento.
5. La evaluación de rugosidad con equipo Merlin se realizó en un sólo tramo de 400m.(Km.59+900 – Km.60+300), por lo que el resultado obtenido no es el representativo de los 05 Km (Km.59+000 – Km. 64+000), más si lo es en los 400m evaluados. Para tener el valor de rugosidad del tramo Km. 59+000 – Km. 64+00, se debió evaluar toda la longitud (05km.).
6. De la evaluación de rugosidad con equipo Merlin, realizada en el tramo Km. 59+900 – Km. 60+300 se obtuvo un rendimiento de 0.80 Km/hora .
7. Estimando un valor de rugosidad $IRI \leq 3.91\text{m/km}$, como medida patrón de control de calidad, el tramo Km. 59+900 – Km. 60+300 cumplió con el control de calidad.

RECOMENDACIONES

1. Para tener un buen estado o transitabilidad en la vía ($PSI > 3.0$), se debe realizar un monitoreo permanente en el tramo y así poder programar labores de mantenimiento.
2. Para obtener buenos resultados de rugosidad con equipo Merlin, no se tomarán datos en singularidades como: badenes y givas, debido a que estos no representan deformaciones o deterioros en el pavimento.
3. La evaluación de rugosidad con equipo Merlin es recomendable en distancias cortas, mientras que en distancias largas se recomienda el equipo "Bump Integrator" (Método tipo respuesta) por tener mayor rendimiento en toma de datos.
4. Se recomienda el equipo Merlin para calibrar el equipo "Bump Integrator", debido a que el Merlin arroja buenos resultados.
5. En el transcurso de la medición asegurar bien los pesos del equipo Merlin para obtener buenas lecturas y así obtener buenos resultados de rugosidad.
6. Se recomienda realizar un estudio de evaluación luego de una temporada de lluvia para conocer como varía el valor de la rugosidad.

RECOMENDACIONES

1. Para tener un buen estado o transitabilidad en la vía ($PSI > 3.0$), se debe realizar un monitoreo permanente en el tramo y así poder programar labores de mantenimiento.
2. Para obtener buenos resultados de rugosidad con equipo Merlín, no se tomarán datos en singularidades como: badenes y givas, debido a que estos no representan deformaciones o deterioros en el pavimento.
3. La evaluación de rugosidad con equipo Merlín es recomendable en distancias cortas, mientras que en distancias largas se recomienda el equipo "Bump Integrator" (Método tipo respuesta) por tener mayor rendimiento en toma de datos.
4. Se recomienda el equipo Merlín para calibrar el equipo "Bump Integrator", debido a que el Merlín arroja buenos resultados.
5. En el transcurso de cada medición de rugosidad con el Merlín, asegurar bien los pernos del equipo Merlín para obtener buenas lecturas y así obtener buenos resultados de rugosidad.
6. Se recomienda mejorar el drenaje a lo largo de la vía para que no se vea afectado la estructura y la superficie de la vía.
7. Se recomienda realizar un estudio de evaluación luego de una temporada de lluvia para conocer como varía el valor de la rugosidad.

BIBLIOGRAFÍA

- ASOCIACION PERUANA DE CAMINOS (1994): “Primer Congreso Nacional del Asfalto”
- ASOCIACION PERUANA DE CAMINOS (2000): “IV Congreso Nacional del Asfalto”
- ASOCIACION PERUANA DE CAMINOS (2002): “V Congreso Nacional del Asfalto”
- CUNDILL, M.A. “The MERLIN Low-cost Road Roughness Measuring Machine”. Transport and Road Research Laboratory, Department of Transport. TRRL Research Report 301. Crowthome, 1991.
- DEL AGUILA, P.M. “Metodología para la Determinación De La Rugosidad De Los Pavimentos Con Equipo De Bajo Costo Y Gran Precisión”. Trabajo presentado al X Congreso Ibero-Latinoamericano. Sevilla, 1999.
- DEL AGUILA, P.M. “Desarrollo de la Ecuación de Correlación para la determinación del IRI en pavimentos asfálticos nuevos, utilizando el rugosímetro MERLIN”. Trabajo presentado al X Congreso Ibero-Latinoamericano. Sevilla, 1999.
- ICCGSA (2009): “Estudios Técnicos para el Cambio de Estándar de afirmado a Solución Básica Carretera: Cañete – Lunahuaná – Pacarán – Dv. Yauyos – Ronchas – Chupaca, Tramo: Zúñiga – Dv. Yauyos – Ronchas”.
- ICCGSA (2009): “Estudio de Tráfico de la Carretera Cañete-Lunahuaná-Dv. Yauyos-Ronchas-Chupaca”.
- LARA M.P. (2006). “Alis Precursor del enlace de la Carretera Huancayo-Yauyos-Cañete”. [en línea], <http://www.scribd.com/doc/20278986/historia-via-Chupaca-Yauyos-Canete>, [consulta: 14 Noviembre 2009].

- PROVÍAS NACIONAL (2008): “Estudio de Suelos Sector Km. 57+450 al Km. 130+00: Carretera Cañete-Lunahuaná-Pacarán-Chupaca”.
- SAYERS, M.W. “Guidelines for Conducting and Calibrating Road Roughness Measurements”. World Bank Technical Paper N° 46. Washington D.C., 1986.
- UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA (2009): “Informe Técnico Primer Trimestre (Enero, Febrero y Marzo 2009)”.
- UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA (2009): “Informe Técnico Segundo Trimestre (Abril, Mayo y Junio 2009)”.

ANEXOS

LISTA DE ANEXOS:

- **ANEXO A: PANEL FOTOGRÁFICO**
- **ANEXO B: DATOS OBTENIDOS DE CAMPO USANDO EQUIPO MERLÍN**
- **ANEXO C: ESTUDIOS DE RUGOSIDAD EN PAVIMENTOS DE TRATAMIENTO SUPERFICIAL BICAPA Y SELLO ASFÁLTICO**
- **ANEXO D: INFORMES TÉCNICOS (UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA)**
- **ANEXO E: ESTUDIO DE SUELOS (PROVÍAS NACIONAL)**
- **ANEXO F: ESTUDIO DE TRÁFICO 2009 (EMPRESA ICCGSA)**

ANEXO A
PANEL FOTOGRAFÍCO

Foto N° 01: Punto de inicio de toma de datos



Foto N° 02: Manejo del equipo Merlín y toma de datos



Foto N° 03: Manejo del equipo Merlin y toma de datos



Foto N° 04: Cuadrilla de seguridad



Foto N° 05: Filtraciones de agua en bordes de calzada



Foto N° 06: superficie de rodadura parchada o reparada



Foto N° 07: Deterioro de bordes del pavimento



Foto N° 08: Deterioro del pavimento (bache)



Foto N° 09: Ahuellamiento en el pavimento



Foto N° 10: Superficie de rodadura en buen estado



ANEXO B

DATOS OBTENIDOS DE CAMPO USANDO EQUIPO MERLÍN

ANEXO C:

ESTUDIO DE RUGOSIDAD EN PAVIMENTOS DE TRATAMIENTO SUPERFICIAL BICAPA Y SELLO ASFALTICO

**Rugosidad Característica y Serviciabilidad determinada para pavimentos
de Tratamiento Superficial Bicapa y Sello Asfáltico**

N°	Proyecto	Sector	Tramo	Subtramo	Long. (Km)	Departamento	Pavimento	Fecha	R prom. (IRI)	Desv. Estándar	Coef. Variación	R caract. (IRI)	Serviciabilidad (PSI)
6	CARRETERA CENTRAL	HUAYRE-HUANUCO	CHICRIN-HUANUCO	KM 39+300-KM 46+500	7.2	HUANUCO	TRATAMIENTO SUPERF. BICAPA	Sep-93	5.13	0.91	17.74	6.63	1.5
13	PATIVILCA-HUARAZ-CARAZ	CONOCOCHA-CATAC	CONOCOCHA-PTE. SAHUAY	KM 127+000 - KM 135+400	8.4	ANCASH	TRATAMIENTO SUPERF. BICAPA	Apr-94	3.8	0.29	7.63	4.28	2.3
16	PATIVILCA-HUARAZ-CARAZ	CONOCOCHA-CATAC	PUENTE SAHUAY-CATAC	KM 143+200 - KM 165+400		ANCASH	TRATAMIENTO SUPERF. BICAPA	Apr-94	4.4	0.72	16.36	5.58	1.81
24	ILO-DESAGUADERO-LA PAZ	ILO-DESAGUADERO	SAMEGUA-TORATA	KM 99+700-KM 120+000	20.3	MOQUEGUA	TRATAMIENTO SUPERF. BICAPA	Jan-95	5.41	1.64	30.31	8.11	1.14
37	PANAMERICANA NORTE	SULLANA-AGUAS VERDES	CANCAS-AGUAS VERDES	KM 1196+000-KM 1224+000	28	TUMBES	CARPETA SELLO ASFALTICO	Aug-95	1.84	0.35	19.02	2.42	3.22
48	PATIVILCA-HUARAZ-CARAZ	CATAC-ANTA	CATAC-HUARAZ	KM 0+000 - KM 35+000	35	ANCASH	TRATAMIENTO SUPERF. BICAPA	Sep-95	3.8	0.82	21.58	5.15	1.96
49	PATIVILCA-HUARAZ-CARAZ	CATAC-ANTA	HUARAZ-ANTA	KM 0+000-KM 20+500	20.5	ANCASH	TRATAMIENTO SUPERF. BICAPA	Sep-95	3.99	1.16	29.07	5.9	1.71
50	PANAMERICANA NORTE	LAMBAYEQUE-PIURA	LAMBAYEQUE-OLMOS	KM 0+000-KM 6+500	6.5	LAMBAYEQUE	CARPETA SELLO ASFALTICO	Oct-95	2.91	0.6	20.62	3.9	2.46
62	PANAMERICANA NORTE	LAMBAYEQUE-PIURA	LAMBAYEQUE-OLMOS	KM 0+000-KM 6+500	6.5	LAMBAYEQUE	CARPETA SELLO ASFALTICO	Apr-96	2.64	0.28	10.61	3.1	2.85
82	PATIVILCA-HUARAZ-CARAZ	CONOCOCHA-CATAC	CONOCOCHA-PUENTE SAHUAY	KM 127+100-KM 135+410	8.3	ANCASH	TRATAMIENTO SUPERF. BICAPA	Oct-95	3.16	0.55	17.41	4.06	2.39
94	AREQUIPA-JULIACA	AREQUIPA-PATAHUASI (CD)	AREQUIPA-YURA	KM 0+000 - KM 19+000	19	AREQUIPA	TRATAMIENTO SUPERF. BICAPA	Jun-97	3.12	0.55	17.63	4.02	2.41
95	AREQUIPA-JULIACA	AREQUIPA-PATAHUASI (CI)	AREQUIPA-YURA	KM 0+000 - KM 19+000		AREQUIPA	TRATAMIENTO SUP. BICAPA	Jun-97	3.29	0.78	23.71	4.57	2.18
PROMEDIO									3.62			4.81	2.16

Fuente: Adaptación propia a partir de Del Águila P.M. (1999)

ANEXO D
INFORMES TÉCNICOS
(UNIVERSIDAD NACIONAL DE
INGENIERÍA)



UNI

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



RESUMEN DE LOS VALORES DEL INDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL - IRI

TRAMO TOTAL : DEL 55+050 AL 78+450
CARRIL DE ENSAYO : DERECHO
CARPETA DE RODADURA : SLURRY SEAL

CODIGO DEL	TRAMO		DISTANCIA	IRI	FECHA DE ENSAYO
	PROG.	PROG-FINAL			
I - 01	55+050	55+450	A 1m del borde	3.08	23/06/2009
I - 02	55+450	55+850	A 1m del borde	2.80	23/06/2009
I - 03	56+350	56+250	A 1m del borde	3.23	23/06/2009
I - 04	56+250	56+650	A 1m del borde	2.87	23/06/2009
I - 05	57+000	57+400	A 1m del borde	3.28	24/06/2009
I - 06	57+400	57+800	A 1m del borde	3.74	24/06/2009
I - 07	57+800	58+200	A 1m del borde	3.78	24/06/2009
I - 08	58+200	58+600	A 1m del borde	4.00	24/06/2009
I - 09	58+600	59+000	A 1m del borde	3.21	24/06/2009
I - 10	59+000	59+700	A 1m del borde	3.75	24/06/2009
I - 11	59+700	60+100	A 1m del borde	4.08	25/06/2009
I - 12	60+500	60+900	A 1m del borde	3.19	25/06/2009
I - 13	61+500	61+900	A 0.70m del borde	3.61	25/06/2009
I - 14	62+560	62+960	A 1.00m del borde	2.91	26/06/2009
I - 15	63+000	63+400	A 1.00m del borde	3.48	26/06/2009
I - 16	64+100	64+500	A 1.00m del borde	2.54	26/06/2009
I - 17	65+600	66+000	A 1.00m del borde	3.17	02/07/2009
I - 18	66+000	66+400	A 1.00m del borde	3.22	02/07/2009
I - 19	67+600	68+000	A 1.00m del borde	3.74	02/07/2009
I - 20	68+500	68+900	A 1.00m del borde	2.85	02/07/2009
I - 21	69+045	69+445	A 1.00m del borde	3.86	02/07/2009
I - 22	70+150	70+550	A 1.00m del borde	3.08	02/07/2009
I - 23	71+500	71+900	A 1.00m del borde	3.80	02/07/2009
I - 24	72+000	72+400	A 1.00m del borde	3.55	03/07/2009
I - 25	73+100	73+500	A 1.00m del borde	3.34	03/07/2009
I - 26	74+400	74+800	A 1.00m del borde	3.51	03/07/2009
I - 27	75+000	75+400	A 1.00m del borde	3.57	03/07/2009
I - 28	76+300	76+700	A 1.00m del borde	3.51	03/07/2009
I - 29	77+200	77+600	A 1.00m del borde	3.18	03/07/2009
I - 30	78+050	78+450	A 1.00m del borde	2.84	03/07/2009

PROMEDIO ARITMETICO

3.36

Rango IRI	Longitud (Km.)	%
0 - 2.800	0.80	0.07
2.801 - 4.000	10.80	0.90
4.001 - 5.000	0.40	0.03
>= 5.001	0.00	0.00
Total	12.00	1.00

Fuente: Universidad Nacional de Ingeniería (2008)

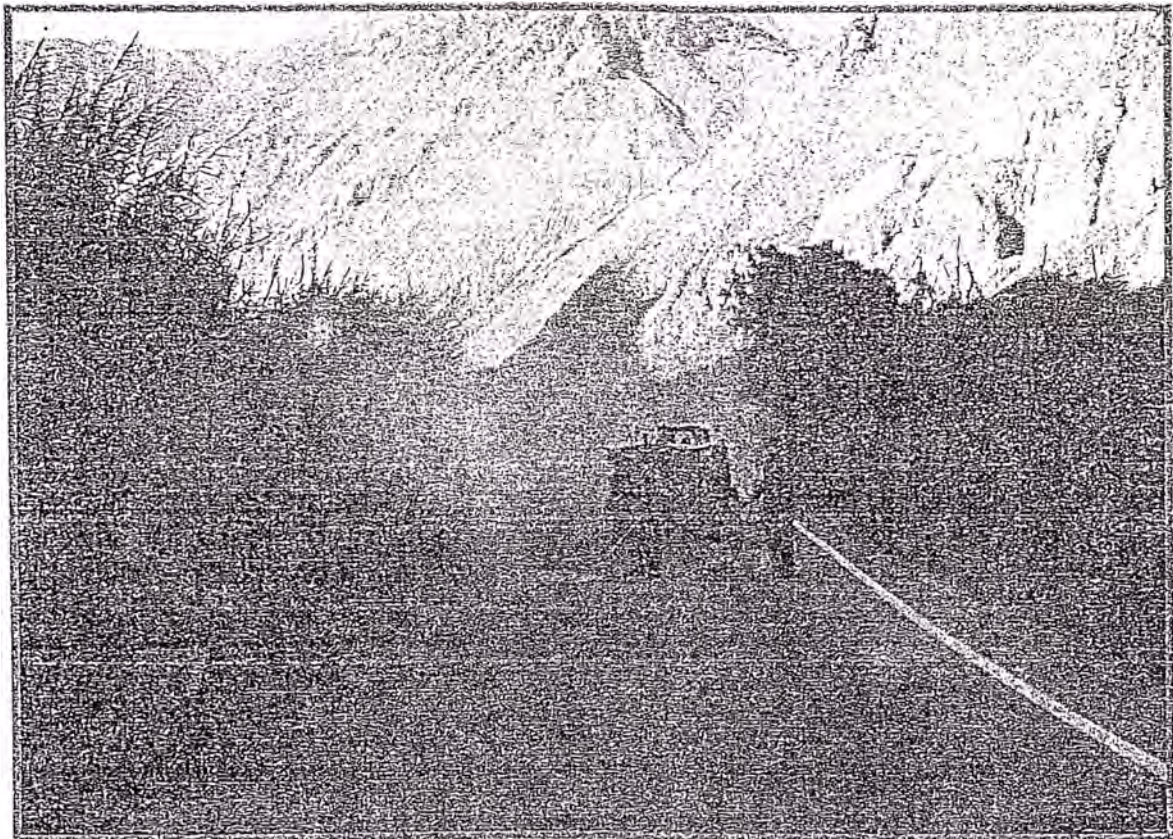


UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

CONVENIO DE COOPERACION INTERINSTITUCIONAL ENTRE PROVIAS NACIONAL Y LA UNI

INFORME TECNICO

PRIMER TRIMESTRE (ENERO, FEBRERO Y MARZO-09)

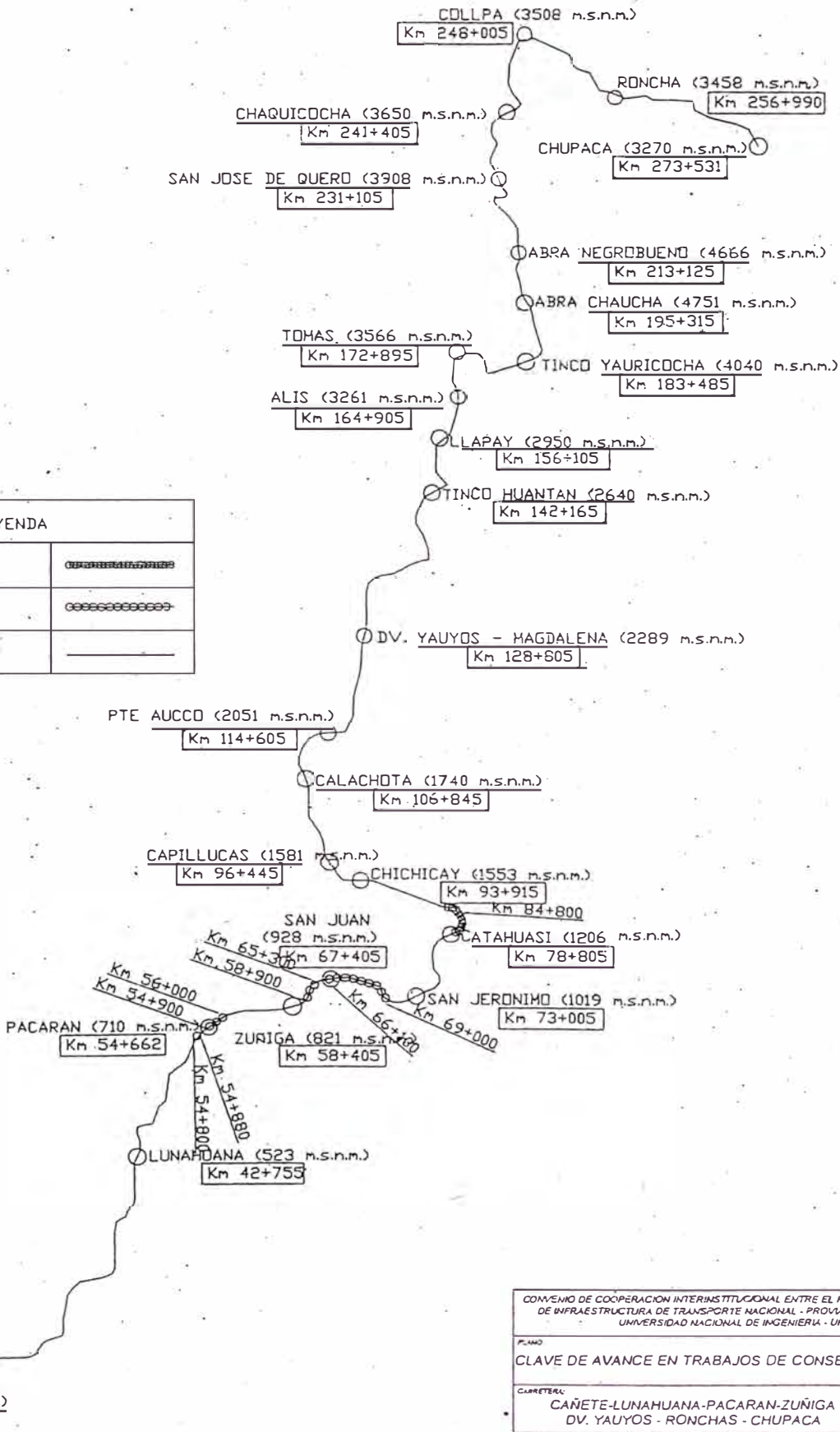


**CONSERVACION VIAL DE LA CARRETERA CAÑETE - LUNAHUANA -
PAÇARAN- CHUPACA Y REHABILITACION DEL TRAMO ZUNIGA DV. YAUYOS
RONCHAS**

CONVENIO N°18-2008-MTC/20 UNI - PROVIAS NACIONAL

PLANO CLAVE MES DE MARZO - 2009

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



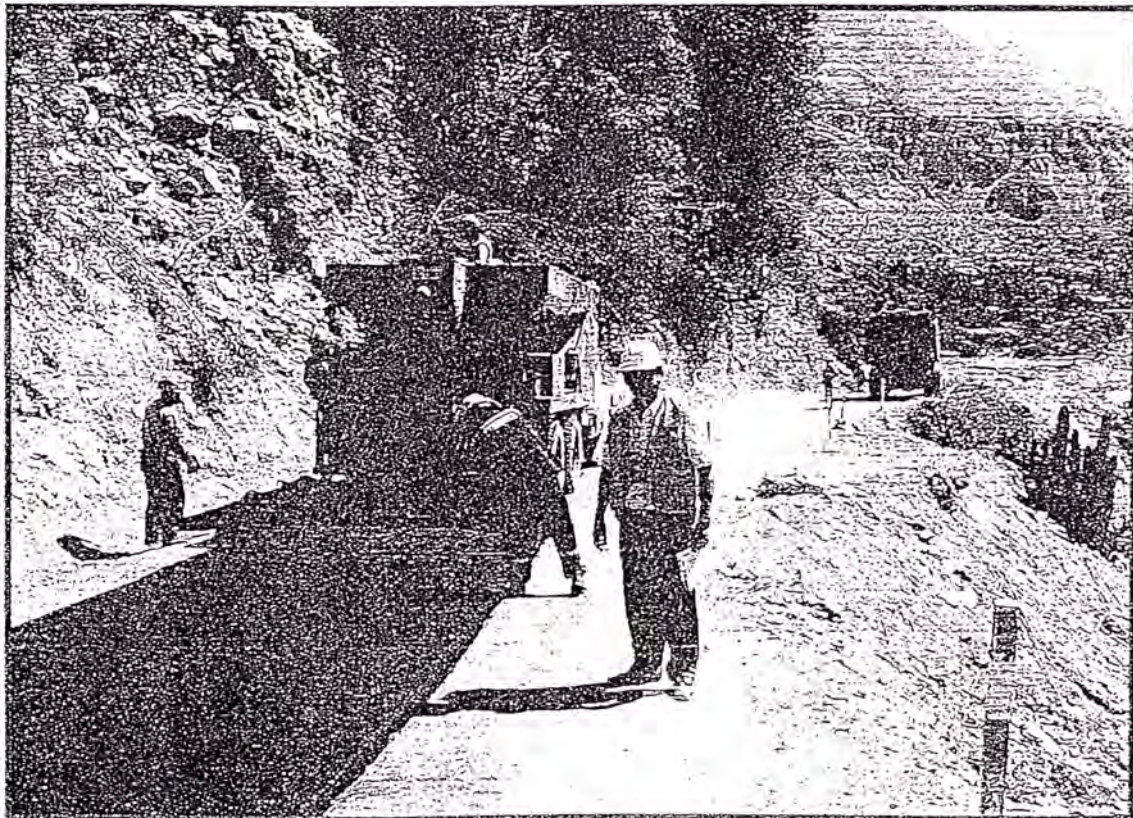
LEYENDA	
CAMBIO DE ESTANDAR Con Mono capa	
CAMBIO DE ESTANDAR Sin Slurry Seal	
EJE DE LA VIA	

CONVENIO DE COOPERACION INTERINSTITUCIONAL ENTRE EL PROYECTO ESPECIAL DE INFRAESTRUCTURA DE TRANSPORTE NACIONAL - PROVIAS NACIONAL Y LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA - UNI		
PLANO CLAVE DE AVANCE EN TRABAJOS DE CONSERVACION VIAL		
CARRETERA: CAÑETE-LUNAHUANA-PACARAN-ZUÑIGA DV. YAUYOS - RONCHAS - CHUPACA		UBICACION: DIRECCION: LIMA - JUNIN PROV: YAUYES DISTR: YAUYES
FECHA: ELABORACION	ING. EDWIN APOLINARIO MORALES INGENIERO MONITOR	CL-1
ESCALA: REDUCCION		



INFORME TECNICO

SEGUNDO TRIMESTRE (ABRIL, MAYO Y JUNIO-09)

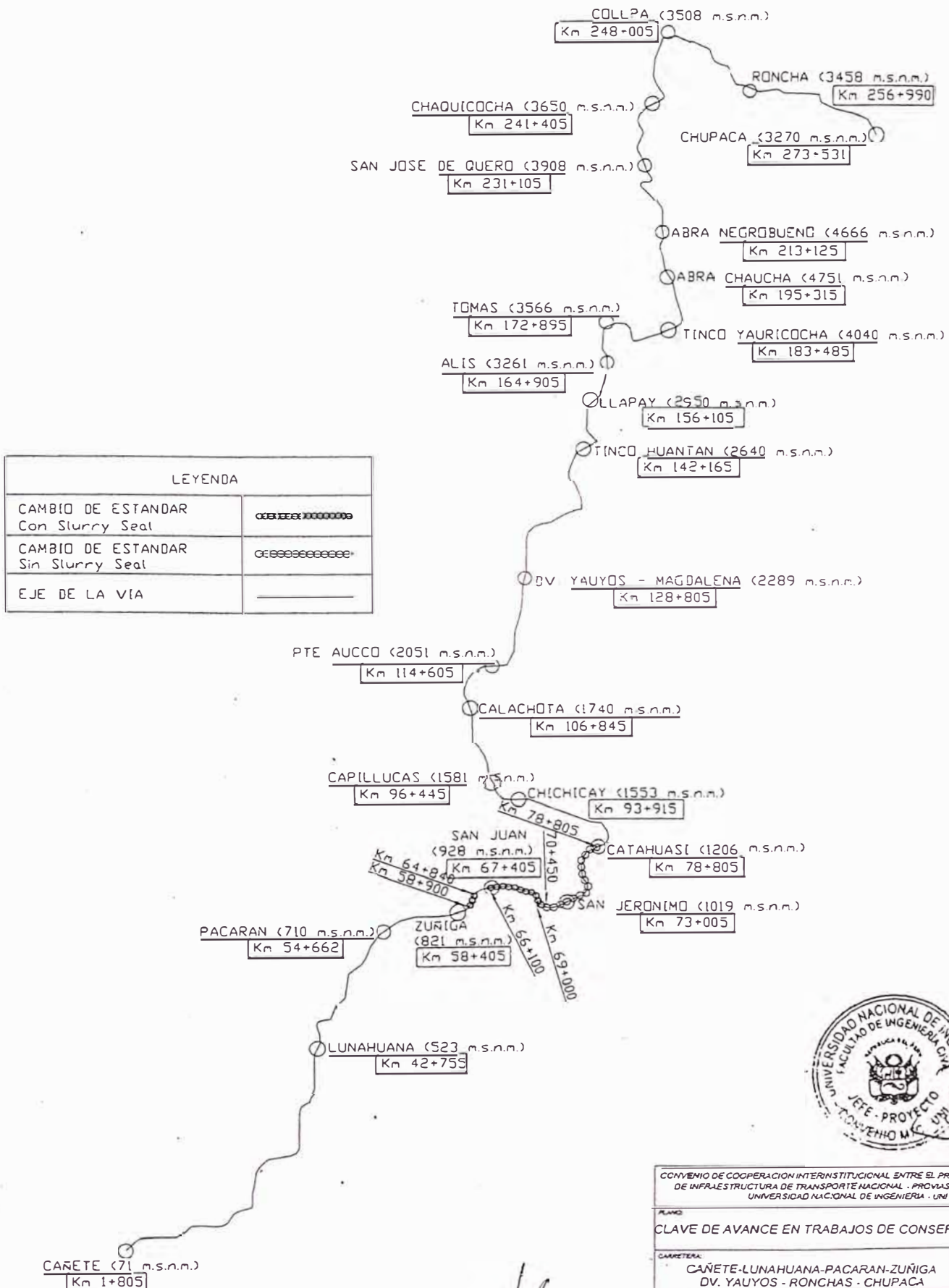


CONSERVACION VIAL DE LA CARRETERA CAÑETE – LUNAHUANA –
PACARAN- CHUPACA Y REHABILITACION DEL TRAMO ZUÑIGA DV. YAUYOS
RONCHAS

CONVENIO N°18-2008-MTC/20 UNI – PROVIAS NACIONAL

PLANO CLAVE MES DE ABRIL - 2009

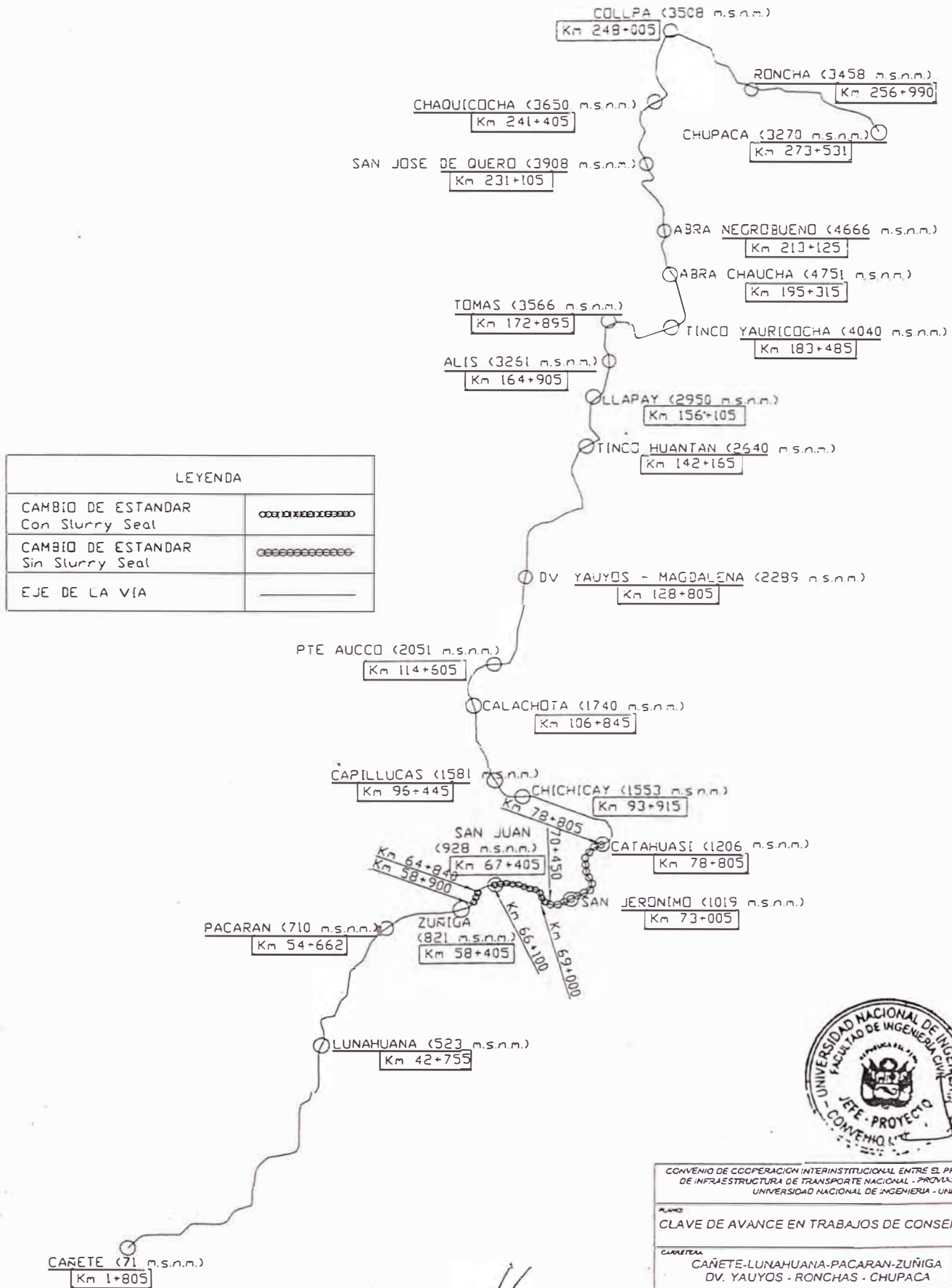
CARRETERA CAÑETE-LUNAHUANA-PACARAN-ZUÑIGA-DV. YAUYOS-RONCHA-CHUPACA



CONVENIO DE COOPERACION INTERINSTITUCIONAL ENTRE EL PROYECTO ESPECIAL DE INFRAESTRUCTURA DE TRANSPORTE NACIONAL - PROVIAS NACIONAL Y LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA - UNI			
PLANO			
CLAVE DE AVANCE EN TRABAJOS DE CONSERVACION VIA			
CARRERA	CAÑETE-LUNAHUANA-PACARAN-ZUÑIGA DV. YAUYOS - RONCHAS - CHUPACA		USCACION DISEÑO: EDWIN MORALES PROYECTO: EDWIN MORALES MONITOR: EDWIN MORALES
FECHA	ABRIL 2009		ING. EDWIN APOLNARIO MORALES MONITOR
ESCALA	NOCAL		CL-1

PLANO CLAVE MES DE MAYO - 2009

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



LEYENDA	
CAMBIO DE ESTANDAR Con Slurry Seal	○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○
CAMBIO DE ESTANDAR Sin Slurry Seal	—————
EJE DE LA VÍA	—————



CONVENIO DE COOPERACION INTERINSTITUCIONAL ENTRE EL PROYECTO ESPECIAL DE INFRAESTRUCTURA DE TRANSPORTE NACIONAL - PROVIAS NACIONAL Y LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA - UNI			
PLANO CLAVE DE AVANCE EN TRABAJOS DE CONSERVACION VIAL			
CARRETERA	CAÑETE-LUNAHUANA-PACARAN-ZUÑIGA DV. YAUYOS - RONCHAS - CHUPACA	UBICACION	SOL. CAÑETE SOL. CAÑETE
FECHA	14/10/2008	ING. EDWIN APOLINARIO MORALES INGENIERO MONITOR	GL-1
ESCALA	NONEA		

[Handwritten signature]

ANEXO E:
ESTUDIO DE SUELOS
(PROVÍAS NACIONAL)



MINISTERIO DE TRANSPORTES Y
COMUNICACIONES
PROVIAS NACIONAL

**CONSERVACION VIAL DE LA CARRETERA
CAÑETE - LUNA HUANA - PACARAN - CHUPACA
Y REHABILITACION DEL TRAMO ZUÑIGA
DV. YAUYOS - RONCHAS**



**ESTUDIO DE SUELOS
SECTOR KM 57+450 AL KM 130+000**

REGISTRO DE ESCAVACION

MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES
 PROYECTO ESPECIAL DE INFRAESTRUCTURA DE TRANSPORTE NACIONAL
 PROVIAS NACIONAL

CONSORCIO GESTION DE CARRETERAS

M.T.C

REGISTRO DE EXCAVACION

PROYECTO : CONSERVACION VIAL DE LA CARRETERA CANETE - LUJANAJANA - FACARAN - OAJUPACA Y CALUCATA : C-02
 REHABILITACION DEL TRAMO ZUÑIGA CV. YAUYO - RONCHAS REALIZADO : G.H.M.
 UBICACION : MUESTRA DE TERRENO EXISTENTE CALICATA REVISADO : E.M.H.
 KM : 58+550 FECHA DE EXCAVACION : 23/06/2008
 LADO : DERECHO PROFUNDIDAD TOTAL (m) : 1.50
 PROF. NIVEL FREATICO (m) :

PROF. (m)	C R A F I C O	DESCRIPCION DEL SUELO Clasificación técnica; forma del material granular; color; contenido de humedad; índice de plasticidad / compresibilidad; grado de compactación / consistencia; Otros: presencia de oxidaciones y material orgánico, porcentaje estimado de boleos / cantos, etc.	SUCS	GRANULOMETRIA				L.L.	L.P.	K.H.	N° DE MUESTRA
				<	0.075	4.75	>				
				mm	mm	mm	mm				
3.13		CONFORMACION A NIVEL DE AFIRMADO	GP-GM	7.1	35	57.5		15.0	NP	2.8	
3.4		Arena limosa, sub angular, color marron oscuro, humedad baja, plasticidad baja, medianamente compresible, medianamente compacto, consistencia media 4% boloneria, material fino sin materia organica. tamaño maximo 3"	SC-SM A-1-S(0)	15.5	57.8	25.7	4.0	25.0	4.5	2.4	M-01
2.3		Arena limosa, sub angular, color marron claro, humedad media, plasticidad alta, medianamente compresible, medianamente compacto, consistencia media, 4% boloneria material fino con materia organica. tamaño maxima 3" suelo granular suelo	SC A-2-4(0)	23.7	50.8	25.5	4.0	27.0	8.1	5.0	M-02

CONSORCIO GESTION DE CARRETERAS
 OSAL: SERV. CONS. VIA: OAJUPACA - CANETE - LUJANAJANA - FACARAN
 OFICINA: 58+550 YAUYO - RONCHAS
 INC. LUIS MORAZAN ROZAS OCHOA
 SERENTE VIAL

OBSERVACIONES:

SE RECOMIENDA TENER MUCHO CUIDADO EN EL SISTEMA DE DRENAJE EXISTE CHACRAS EN AMBOS LADOS DE LA VIA. EN LADO SE ENCUENTRA MAS ALTA QUE LA PLATAFORMA MATERIAL DEL AFIRMADO PROCEDENTE DE LA CANTERA KM: 60+000 L/20

CONSORCIO GESTION
 DE CARRETERAS

M.T.C

REGISTRO DE EXCAVACION

PROYECTO : CONSERVACION VIAL DE LA CARRETERA CAÑETE - LUNAMAJANA - PACARAH - CHUPACA Y CALICATA : C-03
 REHABILITACION DEL TRAMO ZUÑIGA OV. YAUYO - RONCHAS REALIZADO : G.H.M
 UBICACION : MUESTRA DE TERRENO EXISTENTE CALICATA REVISADO : E.M.H
 P.K. : 59+650 FECHA DE EXCAVACION : 23/06/2008
 LADO : IZQUIERDO PROFUNDIDAD TOTAL (m) : 1.50
 ANCHO : PROF. NIVEL FREATICO (m) : *

C R A F I C O	DESCRIPCION DEL SUELO Clasificación técnica; forma del material granular; color; contenido de humedad; Índice de plasticidad / compresibilidad; grado de compactación / consistencia; Otros: presencia de oxidaciones y material orgánico, porcentaje estimado de boleos / cantos, etc.	SUCS AASHTO	GRANULOMETRIA				LL %	LP %	M.M. %	N° DE MUESTRA
			<	0.075	4.750	>				
			mm	mm	mm	mm				
CONFORMACION A NIVEL DE AFIRMADO										
	Arena limosa, sub angular, color marron oscuro, humedad baja, plasticidad baja, medianamente compresible, medianamente compacto, consistencia dura 10% bolonera, material fino sin materia organica.	GP - GM SC - SM A-2-(0)	7.1 16.3	35 56.3	57.9 26.9	10.0	15.0 25.0	NP 4.3	2.8 2.5	M-01
	Arena limosa inorganica, sub angular, color marron claro, humedad media, plasticidad alta, medianamente compresible, medianamente compacto, consistencia media, 8% bolonera material fino con materia organica, 0% de boleos tamaño máximo 6" suelo granular suelto	SC A-2-(0)	30.2	40.6	29.2	5.0	25.0	7.8	4.8	M-02

CONSORCIO GESTION DE CARRETERAS
 DEPARTAMENTO DE SERVICIOS VIALES CAÑETE - LUNAMAJANA - PACARAH - CHUPACA Y CALICATA
 ING. LUIS RONCICIO POZAS OCHOA
 GERENTE VIAL

OBSERVACIONES:

SE RECOMIENDA TENER MUCHO CUIDADO EN EL SISTEMA DE DRENAJE EXISTE CHACRAS EN AMBOS LADOS DE LA VIA, UN LADO SE ENCUENTRA MAS ALTA QUE LA PLATAFORMA, EL MATERIAL DEL AFIRMADO PROCEDEENTE DE LA CARRETERA KM 65+000 L. 120

MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES
 PROYECTO ESPECIAL DE INFRAESTRUCTURA DE TRANSPORTE NACIONAL
 PROVIAS NACIONAL

CONSORCIO GESTION
 DE CARRETERAS

M.T.C

REGISTRO DE EXCAVACION

PROYECTO : CONSERVACION VIAL DE LA CARRETERA CANETE - LUNAHUANA - PACARAN - CHIPACA Y
 REHABILITACION DEL TRAMO ZUÑIGA DV. YAUYO - RONCHAS
 UBICACION : MUESTRA DE TERRENO EXISTENTE CALICATA
 CANTON : CALICATA
 REALIZADO : G.H.M
 REVISADO : E.M.H
 FECHA DE EXCAVACION : 23/06/2008
 LADO : DERECHA
 PROFUNDIDAD TOTAL (m) : 1.50
 TAMAÑO :
 PROF. NIVEL FREATICO (m) :

C R A F I C O	DESCRIPCION DEL SUELO Clasificación técnica; forma del material granular; color; contenido de humedad; índice de plasticidad / compresibilidad; grado de compactación / consistencia; Otros: presencia de oxidaciones y material orgánico, porcentaje estimado de boleos / cantos, etc.	SUCS AASHTO	GRANULOMETRIA				LL	LP	M.H.	Nº DE MUESTRA
			<	0.075	4.75	75				
			mm	mm	mm	mm				
	CONFORMACION A NIVEL DE AFIRMADO	GC - GM	7.1	35	57.9	15.0	NP	2.9		
	Arena limosa, sub angular, color marron oscuro, humedad baja, plasticidad baja, medianamente compresible, medianamente compacto, consistencia dura 1% bolonena, material fino sin materia organica.	SM A-2-U(0)	16.5	56.5	25.9	1.0	24.0	5.3	2.1	M-01
	Arena limosa, sub angular, color marron claro, humedad media, plasticidad alta, medianamente compresible, medianamente compacto, consistencia mediz, 4% bolonena material fino con materia organica, suelo granular grueso tamaño maximo 2"	SC A-2-U(0)	23.1	52.9	24.0	4.0	25.0	5.2	4.9	M-02

CONSORCIO GESTION DE CARRETERAS
 OBRA: SERV. DE LOS VIAL DE LA CARRETERA CANETE - LUNAHUANA - PACARAN
 CHIPACA Y ZUÑIGA DV. YAUYO - RONCHAS

ING. LUIS ANDRÉS HOZAS OCHOA
 GERENTE VIAL

OBSERVACIONES:
 SE RECOMIENDA TENER MUCHO CUIDADO EN EL SISTEMA DE DRENAJE EXISTE CHAGRAS EN AMBOS LADOS DE LA VIA UN LADO
 SE ENCUENTRA MAS ALTA QUE LA PLATAFORMA EL MATERIAL DEL AFIRMADO PROCEDENTE DE LA CANTERA KM. 65+000 L 120

MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES
 PROYECTO ESPECIAL DE INFRAESTRUCTURA DE TRANSPORTE NACIONAL
 PROVIAS NACIONAL

CONSORCIO GESTION
 DE CARRETERAS

M.T.C

REGISTRO DE EXCAVACION

PROYECTO	: CONSERVACION VIAL DE LA CARRETERA CAÑETE - LUNAHUANA - PACARANI - CHUPACA Y	CALCATA	: C-05
	: REHABILITACION DEL TRAMO ZUÑIGA DV. YAUYO - RONCHAS	REALIZADO	: G.H.M
UBICACION	: MUESTRA DE TERRENO EXISTENTE CALCATA	REVISADO	: E.M.H
KI	: 61+650	FECHA DE EXCAVACION	: 23/06/2008
XO	: IZQUIERDO	PROFUNDIDAD TOTAL (m)	: 1.00
TAMO	:	PROF. NIVEL FREATICO (m)	:

G R A F I C O	DESCRIPCION DEL SUELO Clasificación técnica; forma del material granular; color; contenido de humedad; Índice de plasticidad / compresibilidad; grado de compactación / consistencia; Otros; presencia de oxidaciones y material orgánico, porcentaje estimado de boleros / cantos, etc.	SUCS AASHTO	GRANULOMETRIA				LL	LP	MH	N° DE MUESTRA
			<	0.075	4.750	>				
			mm	mm	mm	mm				
	CONFORMACION A NIVEL DE AFIRMADO	GC - GM A-1-a(0)	7.1	35	57.5	15.0	NP	2.7		
	Arena limosa, sub angular, color marron claro, humedad baja, plasticidad baja, medianamente compresible, medianamente compacto, consistencia dura 3% boloneria, material fino sin materia organica. Tamaño maximo 5* 0% de bolones suelo granular grueso	SC - SM A-1-b(0)	16.3	52.6	31.1	3.0	25.0	5.8	2.4	4-01

CONSORCIO GESTION DE CARRETERAS
 DESA. SERV. CONS. VIAL CARRETERA CAÑETE - LUNAHUANA - PACARANI
 CHUPACA Y REPAR. TRAMOS SIGA DV. YAUYO - RONCHAS
 ING. LUIS HORACIO ROZAS OCHOA
 GERENTE VIAL

BSERVACIONES:

RECOMIENDA TENER MUCHO CUIDADO EN EL SISTEMA DE DRENAJE EXISTE CHACRAS EN AMBOS LADOS DELA VIA, UN LADO ENCUENTRA MAS ALTA QUE LA PLATAFORMA, EL MATERIAL DEL AFIRMADO PROCEDENTE DE LA CAITERA KI+ 65+050 L 100

MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES
 PROYECTO ESPECIAL DE INFRAESTRUCTURA DE TRANSPORTE NACIONAL
 PROVIAS NACIONAL

CONSORCIO GESTION DE CARRETERAS

M.T.C

REGISTRO DE EXCAVACION

DESCRIPCIÓN : CONSERVACION VIAL DE LA CARRETERA CARRETE - LUNAHUANA - PACARANI - CHUFACA Y IM : REHABILITACION DEL TRAMO ZUÑIGA DV. YAUYO - RONCHAS AQ : MUESTRA DE TERRENO EXISTENTE CALICATA PUNTO : 62+650 DERECHO : DERECHO	CALICATA : C-06 REALIZADO : G.H.M REVISADO : E.M.H FECHA DE EXCAVACION : 23.06/2008 PROFUNDIDAD TOTAL (m) : 1.53 PROF. NIVEL FREATICO (m) :
---	--

C R A S I C	DESCRIPCION DEL SUELO Clasificación técnica; forma del material granular; color; contenido de humedad; Índice de plasticidad / compresibilidad; grado de compactación / consistencia; Otros: presencia de oxidaciones y material orgánico, porcentaje estimado de bolones / cantos, etc.	SUCS	GRANULOMETRIA				LL	LP	M.N.	N° DE MUESTRA	
				0.075	4.750	75					>
			<	mm	mm	mm					mm
		AASHTO	0.075	4.750	75	75	mm	mm	mm	mm	
CONFORMACION A NIVEL DE AFIRMADO		GC - GM A-1-a(0)	7.1	35.0	57.9	15.0	NP	2.9			
	Grava limosa, sub angular, color marron oscuro, humedad baja, plasticidad baja, medianamente compresible, medianamente compacto, consistencia dura 7% boloneria, material fino sin matena organica. Tamaño maximo 7- 0% bolones material de relleno suelo granular grueso	GC - GM A-1-a(0)	15.3	41.7	42.0	0.0	22.0	5.3	2.7	M-01	
ROCA											

CONSORCIO GESTION DE CARRETERAS
 PARA REHABILITACION DE LA CARRETERA CARRETE - LUNAHUANA - PACARANI - CHUFACA Y
 TRAMO ZUÑIGA DV. YAUYO - RONCHAS
 ING. LUIS HORACIO ROZAS OCHOA
 GERENTE VIAL

SERVACIONES:
 RECOMIENDA TENER MUCHO CUIDADO EN EL SISTEMA DE DRENAJE EXISTE CHACRAS EN AMBOS LADOS DE LA VIA UN LADO
 RECURRENCE MAS ALTA QUE LA PLATAFORMA, EL MATERIAL DEL AFIRMADO PROCEDENTE DE LA CANTERA KM. 65+000 LIZO

MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES
 PROYECTO ESPECIAL DE INFRAESTRUCTURA DE TRANSPORTE NACIONAL
 PROVIAS NACIONAL

CONSORCIO GESTION
 DE CARRETERAS

M.T.C

REGISTRO DE EXCAVACION

OBJETO : CONSERVACION VIAL DE LA CARRETERA CAÑETE - LUNAHUANA - PACARAN - CHUPACA Y
 REHABILITACION DEL TRAMO ZUÑIGA DV. YAUYO - RINCHAS
 LOCALIZACION : MUESTRA DE TERRENO EXISTENTE CALICATA
 : 63+650
 : DERECHO

CALICATA : C-07
 REALIZADO : G.H.M
 REVISADO : E.M.H
 FECHA DE EXCAVACION : 23/06/2008
 PROFUNDIDAD TOTAL (m) : 1.50
 PROF. NIVEL FREATICO (m) : *

C R A F I C O	DESCRIPCION DEL SUELO Clasificación técnica; forma del material granular; color; contenido de humedad; Índice de plasticidad / compresibilidad; grado de compactación / consistencia; Otros: presencia de oxidaciones y material orgánico, porcentaje estimado de bolones / cantos, etc.	SUCS AASHTO	GRANULOMETRIA				LL	LP	H.M.	N° DE MUESTRA
			<	0.075	4.750	>				
			mm	mm	mm	mm				
	CONFORMACION A NIVEL DE AFIRMADO	GC - GM	7.1	35.0	57.9		15.0	NP	2.8	
	Arena limosa, sub angular, color marron oscuro, humedad baja, plasticidad baja, medianamente compresible, medianamente compacto, consistencia dura 3% bolonera, material fino sin materia organica.	SM A-1-S(0)	16.2	49.8	34.0	3.0	25.0	5.0	3.3	M-01
	Arena limosa, sub angular, color marron claro, humedad media, plasticidad baja, medianamente compresible, medianamente compacto, consistencia media, 0% bolonera material fino con materia organica, 0% de bolones presencia de raices suelo granular suelto	SC A-2-4(0)	21.0	57.1	21.9	0.0	26.0	7.8	4.9	M-02

CONSORCIO GESTION DE CARRETERAS
 OBRAS DE CONSERVACION VIAL DE LA CARRETERA CAÑETE - LUNAHUANA - PACARAN - CHUPACA Y RINCHAS
 CHUPACA - YAUYO

ING. LUIS NORCIS NOZAS GONZALES
 GERENTE VIAL

RECOMENDACIONES:

RECOMENDACIONES: TENER MUCHO CUIDADO EN EL SISTEMA DE DRENAJE EXISTE CHACRAS EN AMBOS LADOS DE LA VÍA, UN LADO
 DENTRO MAS ALTA QUE LA PLATAFORMA, EL MATERIAL DEL AFIRMADO PROCEDENTE DE LA CANTERA KM: 65+000 L. IZO

ANEXO F:
ESTUDIO DE TRAFICO 2009
(EMPRESA ICCGSA)

2008	CAÑETE - LUNAHUANA	LUNAHUANA - PACARAN	PACARAN - ZUÑIGA	ZUÑIGA - CATAHUASI	CATAHUASI - CAPILLUCA	CAPILLUCA - DV. YAUYOS	DV. YAUYOS - COLPA	COLPA - HUARISCA	HUARISCA - CHUPACA
CUADRO 3-12 RESUMEN DEL IMDA 2008 - POR ESTACION DE CONTROL (veh/día)									
Tramo	ESTACION LUNAHUANA E 1	ESTACION PACARAN E 2	ESTACION ZUÑIGA E 3	ESTACION SAN JUAN E 4	ESTACION CHICHICAY E 5	ESTACION YAUYOS E 6	ESTACION COLPA E 7	ESTACION RONCHA E 8	ESTACION HUARISCA E 9
Tipo Vehículo	E 1	E 2	E 3	E 4	E 5	E 6	E 7	E 8	E 9
VL (Auto+SW+Camioneta)	707	210	223	200	292	21		217	336
Camta Rural+Micro	220	132	122	122	129	4		42	38
Ómnibus	11	10	8	16	14	8		8	9
Camión Unitario (2,3,4 Ejes)	53	49	46	57	48	20		44	41
Camión Acoplado	19	16	19	66	86	0		36	30
IMDa (Veh/día)	1010	417	418	461	569	53		347	454

Fuente: Estudio de tráfico 2008