

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



**EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE RUGOSIDAD
INTERNACIONAL (IRI)**

**MONITOREO DE CONSERVACIÓN CARRETERA
CAÑETE – HUANCAYO Km. 116+000 AL Km. 118+000**

INFORME DE SUFICIENCIA

Para optar el Título Profesional de:

INGENIERO CIVIL

CARLOS ALEJANDRO PADILLA ANYOSA

Lima- Perú

2010

INDICE

RESUMEN	03
LISTA DE CUADROS	04
LISTA DE FIGURAS	05
LISTA DE SIMBOLOS Y DE SIGLAS	06
INTRODUCCION	07
CAPITULO I: RESUMEN DEL PERFIL	
1.1. Antecedentes	09
1.2. Ubicación	10
1.3. Población	14
1.4. Clima y Topografía	14
1.5. Longitud	16
1.6. Características de la carretera	17
1.7. Tramo Evaluado Km. 116+000-118+000	18
1.8 Solución Aplicada en la actualidad	19
CAPITULO II: EQUIPO MERLIN	
2.1. El Equipo Merlín	21
2.2. Definición de Rugosidad	26
2.3. Definición de IRI	26
2.4. Fundamento Teórico	27
2.5. Correlación D versus IRI	29
2.6. Ejecución de Ensayos	30
2.7. Cálculo del Rango D	31
2.8. Factor de Corrección para el ajuste de "D"	32
2.9. Cálculo de la rugosidad en la escala IRI	32
2.10. Límites de la rugosidad para el control de calidad de pavimentos	33
2.11. Índice de Serviciabilidad Presente (FSI)	33

**CAPITULO III: APLICACIÓN AL TRAMO KM 116+000-118+000 CON
TRATAMIENTO SUPERFICIAL MONOCAPA.**

3.1. Toma de Datos en el Tramo	35
3.2. Histograma de Frecuencias	38
3.3. Cálculo del Rango D	39
3.4. Factor de Corrección	39
3.5. Aplicación del Factor de Corrección al Rango D	40
3.6. Cálculo del IRI	40

CAPITULO IV: ANALISIS DE RESULTADOS

4.1. Interpretación del IRI	44
-----------------------------	----

CONCLUSIONES	47
---------------------	----

RECOMENDACIONES	49
------------------------	----

BIBLIOGRAFIA	50
---------------------	----

ANEXOS	51
---------------	----

RESUMEN

El presente informe está dirigido a evaluar la rugosidad de un tramo de la carretera Cañete - Yauyos – Chupaca Tramo Km. 116+000 – 118+000, el cual presenta una estructura conformado por una base de material de afirmado con un espesor de entre 8 a 11cm, sobre esta tiene una base estabilizada con emulsión asfáltica de espesor de 5cm y protegida con un recubrimiento bituminoso llamado Tratamiento Superficial Monocapa de aproximadamente 1cm.

Esta carretera es de bajo volumen de tránsito de la red vial nacional, y se espera en los próximos años aumente el tránsito de vehículos y gracias a su estado de conservación, el cual se espera que se encuentre en buenas condiciones, porque el programa “Proyecto Perú, a través de PROVIAS NACIONAL tiene como finalidad establecer sistemas de contratos para mejorar el Servicio de Conservación Vial, con estas medidas se espera aumentar el volumen del tránsito y en forma progresiva sea una alternativa de la Carretera Central.

Parte de este informe es evaluar dicha carretera, mediante obtención del Índice de Rugosidad Internacional (IRI), para ello se utiliza el perfilómetro estático tipo MERLIN. El cual determina la rugosidad en unidades de MERLIN, posteriormente se corrige y luego con una ecuación de correlación se transforma en unidad de Rugosidad Internacional (IRI).

El valor del IRI es un parámetro que cuantifica el grado de irregularidad longitudinal del pavimento, además de ser un parámetro de control de calidad y se asocia con la serviciabilidad de la carretera.

Este trabajo también tiene como objetivo recopilar datos en campo, calcular la rugosidad y compararlo con otra base de datos obtenidos por el MTC, para determinar cómo varía la rugosidad en dichos tramos en el tiempo.

LISTA DE CUADROS

Cuadro N° 1.01: Datos generales	10
Cuadro N° 1.02: Población actual	14
Cuadro N° 1.03: Distancias por tramos de la carretera	17
Cuadro N° 1.04: Cambio de la superficie de rodadura para los 6 tramos de la carretera	17
Cuadro N° 2.01: Rango de serviciabilidad presente versus transitabilidad	34
Cuadro N° 3.01: Datos del ensayo de rugosidad con equipo Merlin Km 116+700 al Km 116+300	37
Cuadro N° 3.02: Histogramas con los datos tomados con el equipo Merlin	38
Cuadro N° 3.03: Factor de corrección del equipo Merlin	39
Cuadro N° 3.04: Datos del ensayo de rugosidad con equipo Merlin Km 117+800 al Km 117+400	41
Cuadro N° 3.05: Histogramas con los datos tomados con el equipo Merlin	42
Cuadro N°4.01: IRI tomado para el tramo estudiado.	44
Cuadro N°4.02: IRI tomado en para cada tramo estudiado. Realizado el 22-05-2010	45
Cuadro N°4.03: IRI promedio tomado en para cada tramo estudiado, realizado por la UNI entre 27/06/2009 al 3/07/2009	46
Cuadro N°4.04: Cuadro estadístico para cada tramo de tratamiento Superficial	46

LISTA DE FIGURAS

Figura N° 1.01: Mapa del proyectos del programa proyecto Peru	11
Figura N° 1.02: Plano clave corredor vial N 13	12
Figura N° 1.03: Perfil longitudinal corredor vial N13	13
Figura N° 1.04: Tramo accidentado con inestabilidad de taludes	15
Figura N° 1.05: Punto mas alto Chaucha, 4751 msnm	16
Figura N° 1.06: Seccion tipica	19
Figura N° 1.07: Tramo con tratamiento superficial monocapa	20
Figura N° 1.08: Precencia de ahuellamiento	20
Figura N° 2.01: Esquema de diseño del equipo Merlin	22
Figura N° 2.02: Esquema del rugosimetro Merlin	23
Figura N° 2.03: Colocacion del formato de escala	24
Figura N° 2.04: Formato de escala	25
Figura N° 2.05: Escala de rugosidad para pavimentos (IRI)	27
Figura N° 2.06: Medicion de las desviaciones de la superficie del pavimento respecto a la cuerda promedio	28
Figura N° 2.07: Histograma de una muestra de 200 desviaciones	29
Figura N° 2.08: Formato para recoleccion de datos de campo	31
Figura N° 3.01: Marcado cada 10 m , en los subtramos	35
Figura N° 3.02: Calibracion de los equipos	36
Figura N° 3.03: Toma de datos	36

LISTA DE SÍMBOLOS Y DE SIGLAS

AASHTO	:	American Association of State Highway and Transportation Officials.
ASTM	:	American Society for Testing Materials.
BID	:	Banco Interamericano de Desarrollo.
CGC	:	Consortio Gestión de Carreteras.
D	:	Rugosidad en unidades MERLIN mm.
FC	:	Factor de Corrección.
ICCGSA	:	Empresa "Ingenieros Civiles y Contratistas Generales".
IRI.	:	Índice de Rugosidad internacional o International Roughness Index.
IRIc.	:	Índice de Rugosidad internacional Característico.
IRIp.	:	Índice de Rugosidad internacional Promedio.
IRRE.	:	Internacional Road Roughness Experimento Experimento internacional de Rugosidad de caminos.
MERLIN.	:	Acrónimo del ingles Machine for Evaluating Roughness using Low-cost Instrumentation.
MTC.	:	Ministerio de Transportes y Comunicaciones.
PROMCEPRI	:	Promoción de Concesiones Privadas
PSI.	:	Índice de serviciabilidad presente Present ServiciabilityIndex.
TRRL.	:	Laboratorio Británico de Investigación de Transportes y Caminos.
TDM.	:	Empresa Tecnologia de Materiales .

INTRODUCCIÓN

La rugosidad de la superficie de rodadura para la circulación de los vehículos permite ofrecer condiciones de seguridad y comodidad para los usuarios de las carreteras. Tiene incidencia en los costos de operación de los vehículos, puesto que, dependiendo de la magnitud de las irregularidades superficiales, la velocidad de circulación puede verse afectada negativamente, lo cual puede reflejarse en un mayor desgaste en las llantas y el consumo de combustible.

El presente informe está dirigido a evaluar la rugosidad de un tramo de la carretera Cañete - Yauyos – Chupaca Km. 116+000 – 118+000, que presenta una superficie mejorada con tratamiento superficial Monocapa.

Para la realización de este trabajo se escogió un equipo que permitirá obtener resultados seguros y confiables en la evaluación superficial de una manera sencilla, practica y económica; este es el equipo MERLIN.

Con este equipo es posible cuantificar las distorsiones en la superficie de una carretera, lo cual reflejara su estado de conservación con la finalidad de determinar en qué momentos se deberá realizar una intervención de mantenimiento y/o rehabilitación

En este presente trabajo se encuentra dividido en cuatro capítulos:

El CAPÍTULO I, se da referencia a las características generales de la carretera, como los antecedentes de estudios existentes, ubicación, características de la carretera como: accesibilidad, ubicacion, clima, descripción del área de estudio.

El CAPÍTULO II, en el Capítulo 2 se describe el método a utilizar en la evaluación mediante una descripción detallada del equipo MERLIN, sus características, su evolución y su modo de empleo; también se definen los parámetros que servirán para evaluar la superficie como la Rugosidad y el Índice de Rugosidad Internacional

El CAPÍTULO III, la teoría presentada en el capítulo II se aplica al tramo en estudio, obteniendo el IRI y Rugosidades característicos (IRI_c) con los datos de campo, utilizando el equipo MERLIN.

El CAPÍTULO IV, se interpreta el valor del Índice de Rugosidad Internacional (IRI), del sub tramo en estudio, y se compara con los índices obtenidos por la supervisión del MTC .

CAPÍTULO I.- RESUMEN DEL PERFIL

1.1 Antecedentes

La carretera de penetración y enlace entre Cañete – Yauyos - Chupaca, fue proyectada y ejecutada por partes durante el gobierno del Sr. Augusto B. Leguía entre la década de 1920 a 1930.

Entre los años 1930 hasta los años 1954, todos los trabajos se paralizan por problemas de accidentes de trabajo fatales por el desprendimiento de rocas.

Durante el gobierno del Dr. Manuel Prado Ugarteche, entre los años 1940 y 1944, se avanzaron los trabajos de la carretera desde Cañete, llegando a Yauyos en abril de 1944, quedando postergado todo trabajo de la carretera entre Yauyos-Chupaca.

En 1954 se retoman los trabajos, por la necesidad de los pueblos del Norte de Yauyos, sobre todo en el pase del Cañón de Uchco. Por tal motivo deciden gestionar ayuda ante al Ministerio de Fomento, solicitando una delegación de Ingenieros para realizar la rectificación del trazo.

En 1957, se concluyó con el trazo de la carretera, integrando la región costa con la sierra.

El estudio definitivo de la carretera lo elaboró el consorcio AYESA – ALPHA CONSULT en el año 1998 mediante contrato con PROMCEPRI (Comisión de Promoción de Concesiones Privadas). A partir del año 2004 se empezó la elaboración del estudio del Perfil de la carretera Lunahuana-Yauyos-Chupaca.

La carretera Cañete – Yauyos – Chupaca, perteneciente a la Ruta N° 22 de la Red Vial Nacional, forma parte del programa de desarrollo vial “Proyecto Perú”, creado mediante Resolución Ministerial N° 223-2007-MTC-02, modificado por Resolución Ministerial N° 408-2007-MTC/02. Este programa de infraestructura vial fue 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, y a su vez servir de liberación y descongestionamiento de la carretera Central, ya que es una ruta alterna de Lima hacia el centro del país.

Con fecha 17 de Diciembre 2007 se firma el contrato con el CONSORCIO GESTION DE CARRETERAS, por un monto que asciende a S/. 131'589,139.71, por la conservación vial de 271.73 Km. En los Términos de Referencia señalan que se debe dar una Solución Básica a aplicar sobre la superficie actual de la

vía, previamente conformada; no se deben realizar cambios en la geometría ni trazo de la vía existente.

Con fecha 01 de febrero del 2008 se inicia el servicio. Como punto de partida se realiza un Inventario Vial, el cual tuvo como objetivo de tener un registro de todas las estructuras y obras (Infraestructura Vial), condiciones estructurales y condiciones funcionales actuales, identificación de sectores críticos y las necesidades de la vía como fase Pre-operativa. Esta fue ejecutado durante los meses de abril, mayo y junio de 2008.

Cuadro N°1.01 Datos generales

Carretera	Cañete – Yauyos - Chupaca
Longitud Total del Tramo	271.726 Km.
Contrato de Servicios	N° 288-2007-MTC/20
Contratista-Conservador	Consortio Gestión de Carreteras (ICCGSA, Corporación Mayo SAC, Empresa de Mantenimiento Vial La Marginal SRL.
Valor Referencial	S/. 131'895,292.01
Monto del Contrato	S/. 131'589,139.71
Periodo del Contrato	05 años
Inicio del Contrato	01 de Febrero, 2008

Fuente: MTC - Provias Nacional- Proyecto Perú – Unidad Zonal Lima

1.2 Ubicación

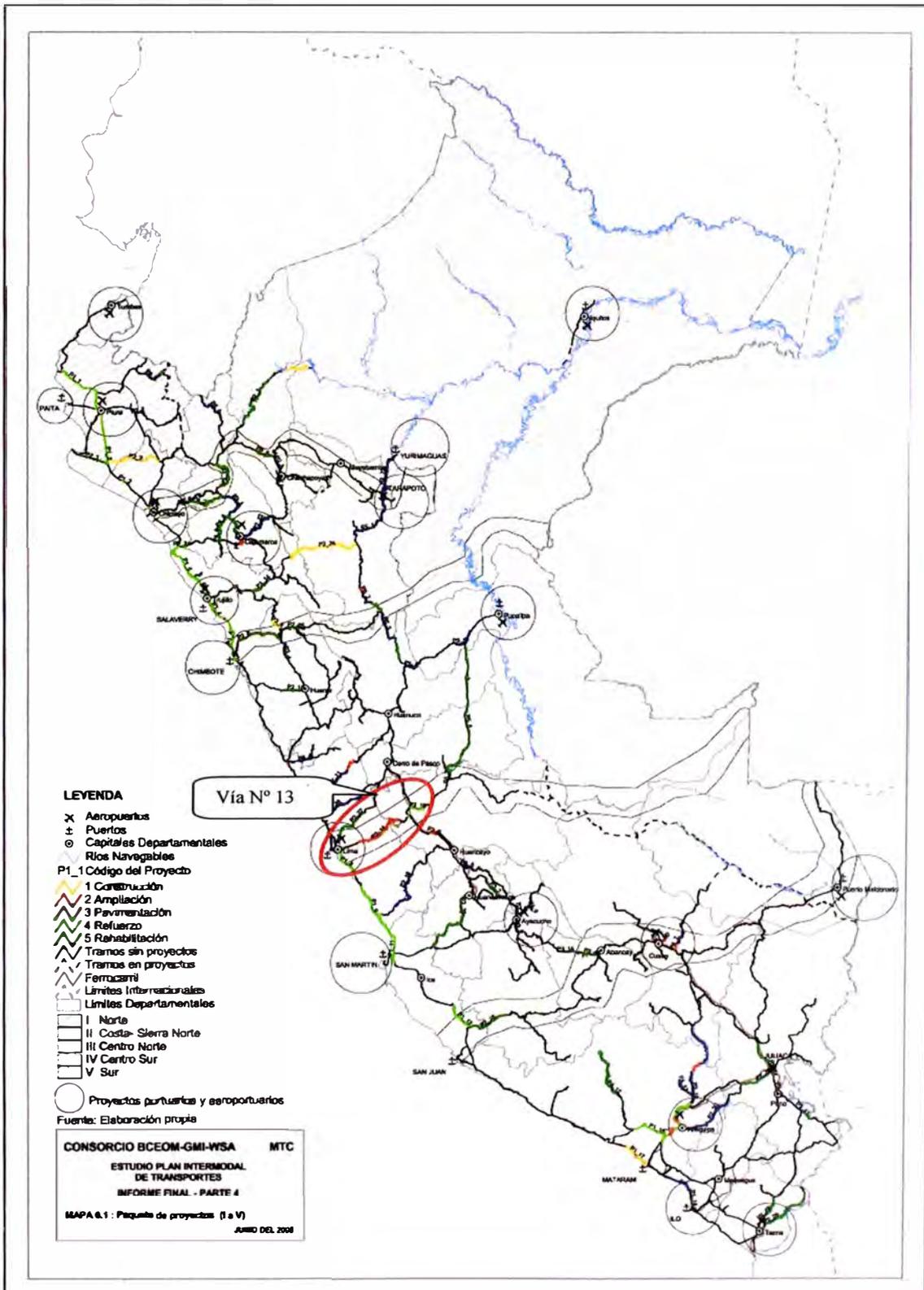
La carretera Cañete - Yauyos - Chupaca, forma parte del Corredor Vial N.-13, está ubicado al oeste centro del país que conecta las regiones de Lima y Junín con sus diversas capitales provinciales, distritales y centros poblados localizados en el área de influencia directa de la vía. Su altitud varía desde los 71 m.s.n.m. hasta los 4,751 m.s.n.m.

Longitud total de la carretera: 271.73 Km.

Inicio: San Vicente de Cañete Km. 1+805

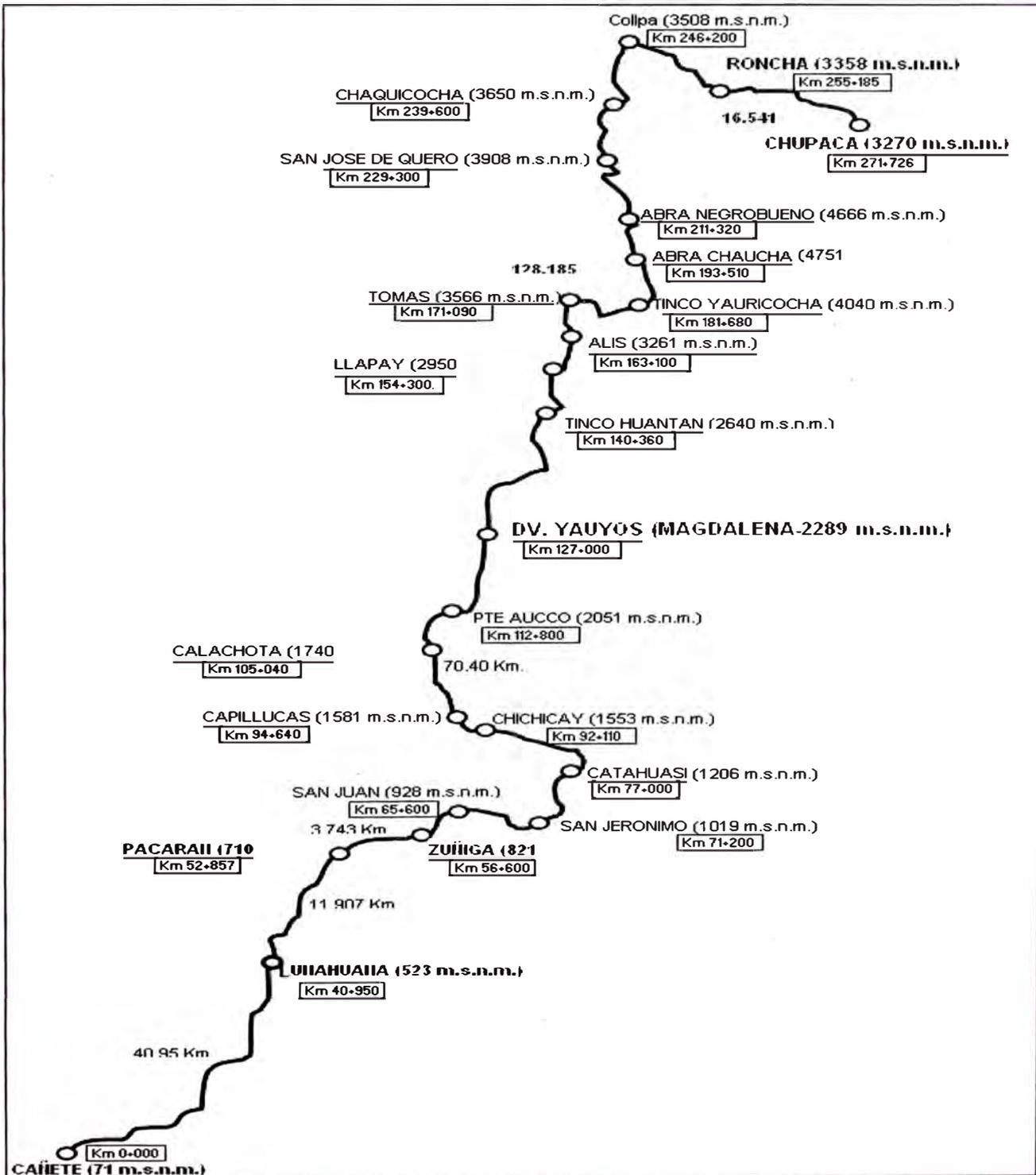
Final: Chupaca km. 273+531

Figura N° 1.01
Mapa de Proyectos del Programa PROYECTO PERÚ



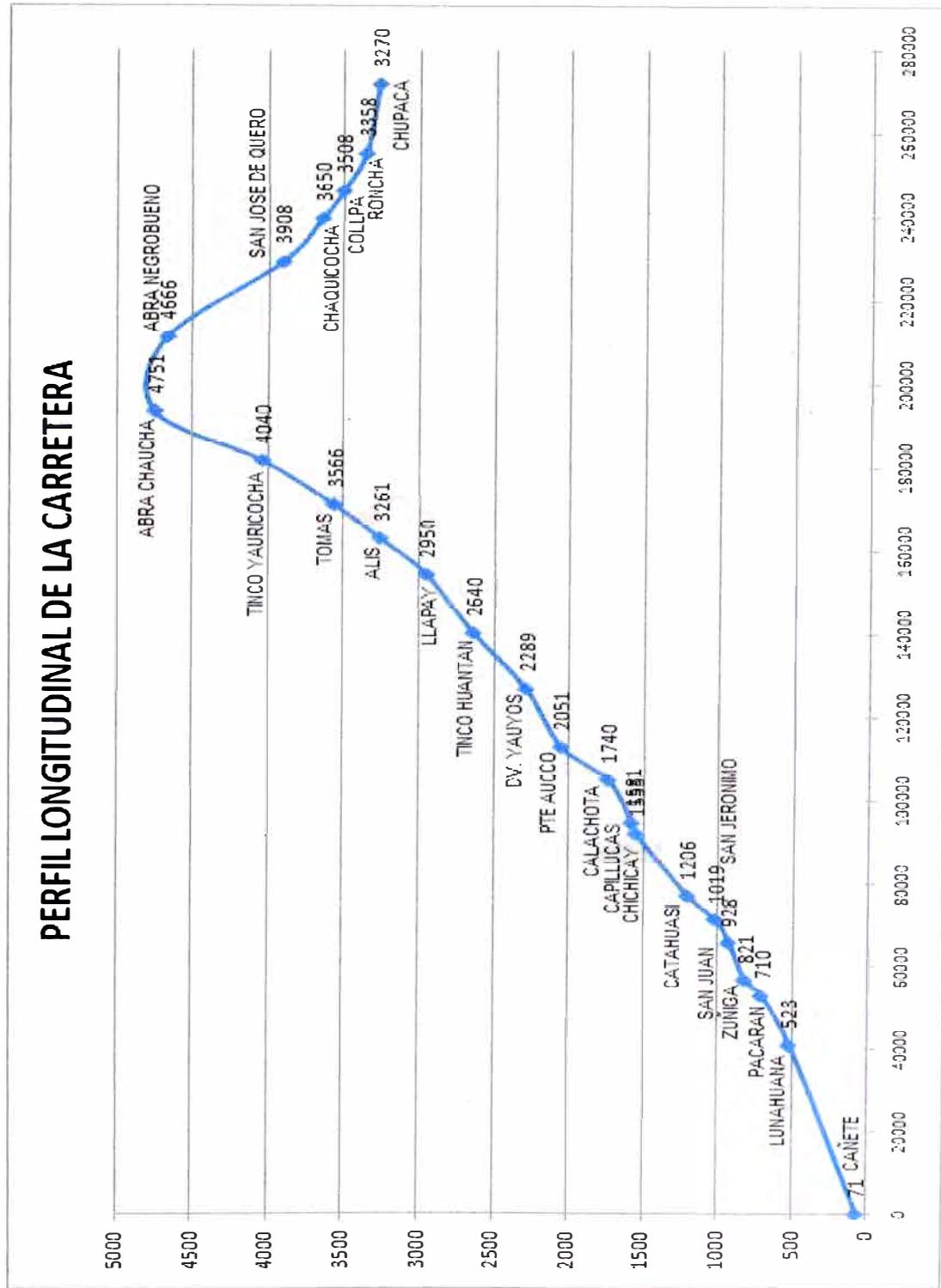
Fuente: MTC - Programa PROYECTO PERÚ

Figura N° 1.02 Plano clave – corredor vial N° 13



Fuente: MTC – PROVIAS NACIONAL

Figura N° 1.03 Perfil longitudinal – corredor vial N° 13



Fuente: Tesis UNI-FIC, Jorge Contreras Sauñe – 2001

1.3 Población

La población directamente beneficiada por el mejoramiento de la carretera se estima en aproximadamente 307,705 habitantes, ubicados en las provincias de Cañete, Yauyos del departamento de Lima y las provincias de Concepción, Chupaca y Huancayo del departamento de Junín. (Ver Cuadro N° 1.03: Población Actual)

Cuadro N° 1.02
POBLACION ACTUAL

DEPARTAMENTO	PROVINCIA	DISTRITO	POBLACION 2007 (Hab.)	POBLACION 2010 (Hab.)
LIMA	CAÑETE	LUNAHUANA	4428	4644
		PACARAN	1673	1755
		ZUÑIGA	1132	1187
	YAUYOS	ALIS	316	331
		AYAUCA	1272	1334
		CARANIA	330	346
		CATAHUASI	1079	1132
		CHOCOS	1074	1126
		COLONIA	1439	1509
		LARAOS	733	769
		TOMAS	814	854
		YAUYOS	2652	2781
JUNIN	CONCEPCION	CHAMBARA	2972	3117
		SAN JOSE DE QUERO	6452	6767
	CHUPACA	AHUAC	6546	6865
		CHUPACA	20916	21936

Fuente: Censos nacionales 2007 de población y vivienda – INEI

Tasa de crecimiento (r=1.6%) , promedio de los departamentos de Lima y Junín .

1.4 Clima y Topografía

El clima es muy variado, tenemos, en el inicio de la carretera, clima subtropical propio de la región chala o costa peruana en la ciudad de Cañete con temperatura promedio entre 18.0°C y 22.5°C. En su recorrido la carretera atraviesa las regiones yunga, quechua y suni, hasta llegar a la región puna con clima muy frío, con temperatura mínima entre -9.0°C hasta -25.0°C.

La carretera se desarrolla por distintos tipos de topografía, desde la llana, ondulada, sinuosa y accidentada, con tramos donde se presenta erosión y inestabilidad de taludes.

Figura N° 1.04 Tramo accidentado con Inestabilidad de taludes



Fuente: Elaboración propia

La carretera se inicia con una altitud de 71m.s.n.m., en el segundo ovalo de la ciudad de Cañete, el punto más alto se encuentra en el paso Abra Chaucha, ubicado a una altitud de 4751m.s.n.m. en la región Puna.

El relieve es muy variado, se inicia en un zona plana, ondulada, con partes montañosas, pasando por valles estrechos y quebradas profundas, zonas de andenerías y valles interandinos, donde se practica una excelente actividad agricultura y ganadería, continua con relieve rocoso hasta llegar a las mesetas andinas, lugar de lagunas y lagos.

Las precipitaciones pluviométricas entre Lunahuana y Yauyos se encuentran entre 100 y 150mm anuales, y de Magdalena a Chupaca entre 800 y 1200mm.

La carretera se desarrolla en paralelo a la cuenca del río Cañete, que nace en la laguna Ticllacocha, ubicada al pie de la cordillera Tiílla y Pichahuarco, tiene un longitud de 220km, pendiente promedio 2%, siendo su pendiente mas alta de 8% en el tramo entre la localidad de Huancaya y la desembocadura del río Alis.

Figura N° 1.05 Punto más alto Chaucha, 4751 msnm



Fuente: Elaboración propia

1.5 Longitud

La longitud de la carretera según el inventario vial realizado por MTC-PROVIAS NACIONAL elaborado en Junio del 2008 es 271.726 Km. y está dividido en 06 tramos conforme se detalla en el Cuadro N° 1.03, así mismo en este mismo cuadro podemos apreciar el tipo de superficie de rodadura y las longitudes parciales de los tramos.

Cuadro N° 1.03 Distancias por tramos de la carretera

Carretera	Tramo	Longitud Km.
1	Cañete-Lunahuana	40.950
2	Lunahuana-Pacarán	11.907
3	Pacarán-Zuñiga	3.743
4	Zuñiga-Dv. Yauyos	70.400
5	Dv. Yauyos-Roncha	128.185
6	Roncha-Chupaca	16.541
	Total	271.726

Fuente: Informe Inventario Vial-MTC-PROVIAS NACIONAL

1.6 Características de la carretera

CARRETERA:

Corredor Vial N°13 Cañete- Lunahuana - Pacarán - Chupaca

Inicio: San Vicente de Cañete Km 001 + 805

Final: Chupaca Km 273 + 531

Longitud Total: 271.726 km.

Máxima Altitud: 4,751 m.s.n.m. Abra Chaucha

Mínima Altitud: 71 m.s.n.m. Cañete

Cuadro N° 1.04 Cambio de superficie de rodadura para los seis tramos de la carretera

Tramo	Vía	Tipo de Superficie de rodadura (Antes)	Tipo de Superficie de rodadura (Después)	Longitud Km
Cañete-Lunahuana	Asfaltada	Carpeta Asfáltica	Carpeta Asfáltica	40.95
Lunahuana-Pacarán	Asfaltada	Tratamiento superficial	Tratamiento superficial	11.907
Pacarán-Zuñiga	Afirmada	Afirmado	Slurry Seal	3.743
Zuñiga-Dv. Yauyos	Afirmada	Afirmado	Monocapa	70.4
Dv. Yauyos-Roncha	Afirmada	Afirmado	Monocapa (33 Km) Afirmado (95.185 Km)	128.185
Roncha-Chupaca	Afirmada	Afirmado	Afirmado	16.541
Total				271.73

Fuente: Clases de Titulación 2010 – Ing. Edwin Apolinario M.

1.7 Tramo evaluado Km 116+000 – Km 118 + 000

Clima

Su clima es caluroso en el día, su temperatura varía entre 20°C y 30°C; las noches son frescas a causa de los vientos que bajan de las regiones más altas su temperatura varía entre 12°C y 19°C.

Topografía

Su topografía es ondulada a media ladera. Presenta una plataforma con una calzada con un solo carril de ancho variable que va desde 2.6 – 5.0 m.

Geología

La carretera se encuentra en la quebrada del río cañete, conformado por material aluvional, terrazas de depósitos fluviales y cortes en rocas macizas.

Infraestructura Vial

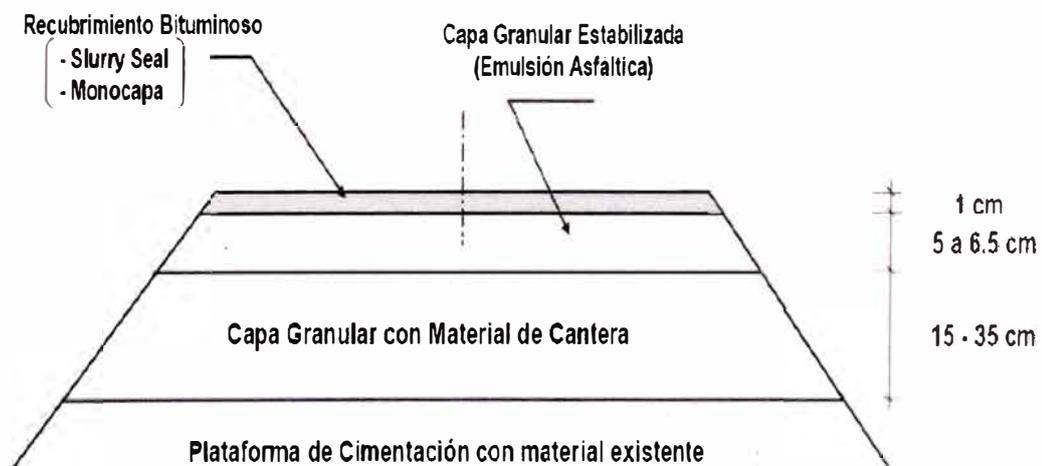
- Carretera a media ladera con mejoramiento superficial
- Anchos variables (2.6 – 5.0m).
- Tratamiento Superficial – Monocapa
- Diseño geométrico no estandarizado.
- Cunetas de tierra
- Alcantarillas en buenas condiciones pero falta limpieza.
- Señalización horizontal y vertical , muy buena recientemente colocadas en el mes de Abril-Mayo, por la empresa TDM (Tecnología de Materiales S.A).
- Moderada vegetación, áreas de cultivo en terrazas.
- Escasa protección de talud, considerando el recorrido del río Cañete.

1.8 Solución aplicada en la actualidad

La propuesta del contratista para el tramo en estudio consistió en un cambio de estándar de afirmado a un tratamiento monocapa sobre una superficie tratada (afirmado + emulsión) que por sí ya contiene material bituminoso lo cual le brinda impermeabilización y se coloca para recubrir la estructura del pavimento, que consiste en:

- Plataforma de cimentación con material existente
- Sub-base: capa granular con material de cantera (25-35 cm)
- Base: capa granular (5-6.5cm)
- Recubrimiento Bituminoso “Monocapa” (1cm)

Figura N°1.06 Sección típica



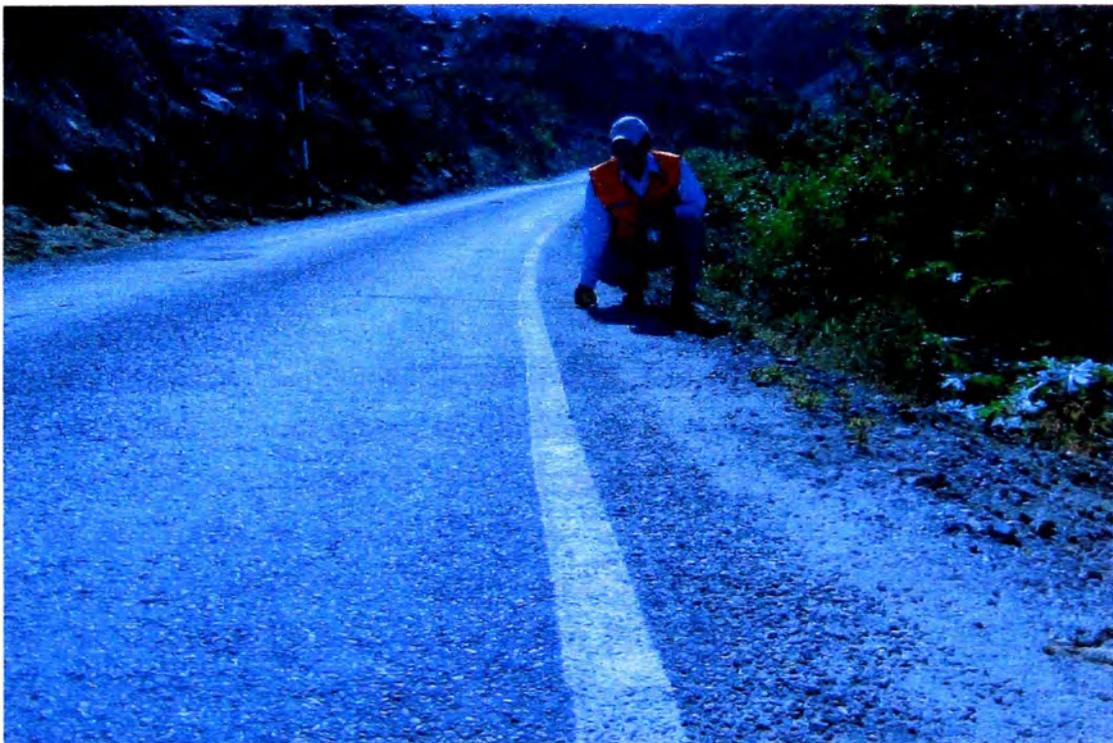
Fuente: Clases de Titulación 2010 – Ing. Edwin Apolinario

Figura N°1.07 Tramo con tratamiento superficial monocapa.



Fuente: Elaboración propia

Figura N°1.08 Presencia de Ahuellamientos.



Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO II. EQUIPO MERLIN

2.1 El equipo Merlín

El MERLIN, denominación abreviada proveniente del inglés Machine for Evaluating Roughness using Low-cost Instrumentation, es un equipo utilizado para la medición de la rugosidad de los pavimentos, desarrollado durante la década de los 80 y dado a conocer en 1990 por la unidad de ultramar del Laboratorio Británico de Investigación de Transportes y Caminos (TRRL). El MERLIN es un equipo de tecnología intermedia que fue 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.

La introducción del MERLIN en el Perú se produjo en el año 1993, por iniciativa del Ing. Pablo del Águila Rodríguez, en el marco del primer programa de rehabilitación de carreteras financiado por el Banco Interamericano de Desarrollo (BID).

El primer estudio de rugosidad con un MERLIN se efectuó durante el mes de Septiembre de 1993, como parte de los estudios para la rehabilitación de la carretera Huayre-Huanuco, 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.

Entre Septiembre de 1993 y Febrero de 1995, las mediciones de rugosidad se efectuaron como parte integrante de estudios desarrollados para proyectos de rehabilitación de pavimentos, la mayoría con avanzado grado de deterioro.

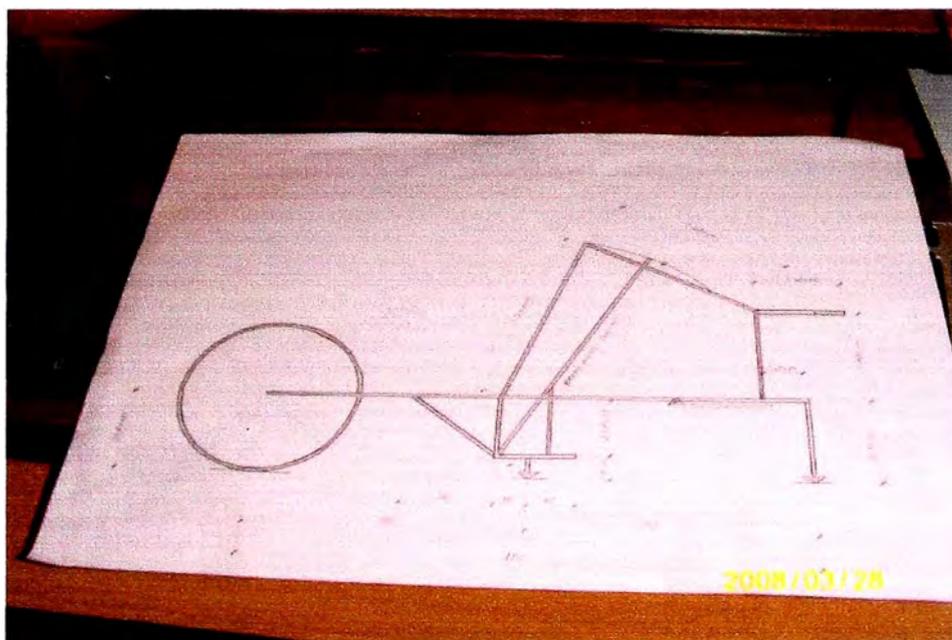
La primera aplicación del MERLIN para el control de la rugosidad de un pavimento asfáltico nuevo, se produjo en el mes de Febrero de 1995, en el tramo de la Carretera Panamericana Norte correspondiente a la vía de evitamiento de la ciudad de Trujillo, en el norte del Perú.

Cuando las mediciones de rugosidad se empezaron a utilizar para el control de calidad de pavimentos asfálticos nuevos, se constató que había dificultad para cumplir con los límites exigidos por los pliegos de especificaciones, debido fundamentalmente a que la ecuación de correlación establecida por el TRRL,

para el cálculo de la rugosidad en la escala del IRI, presenta una limitación para su aplicación en el caso de rugosidades menores a 2.4m/km, rango en donde caen los valores correspondientes a los pavimentos recién construidos.

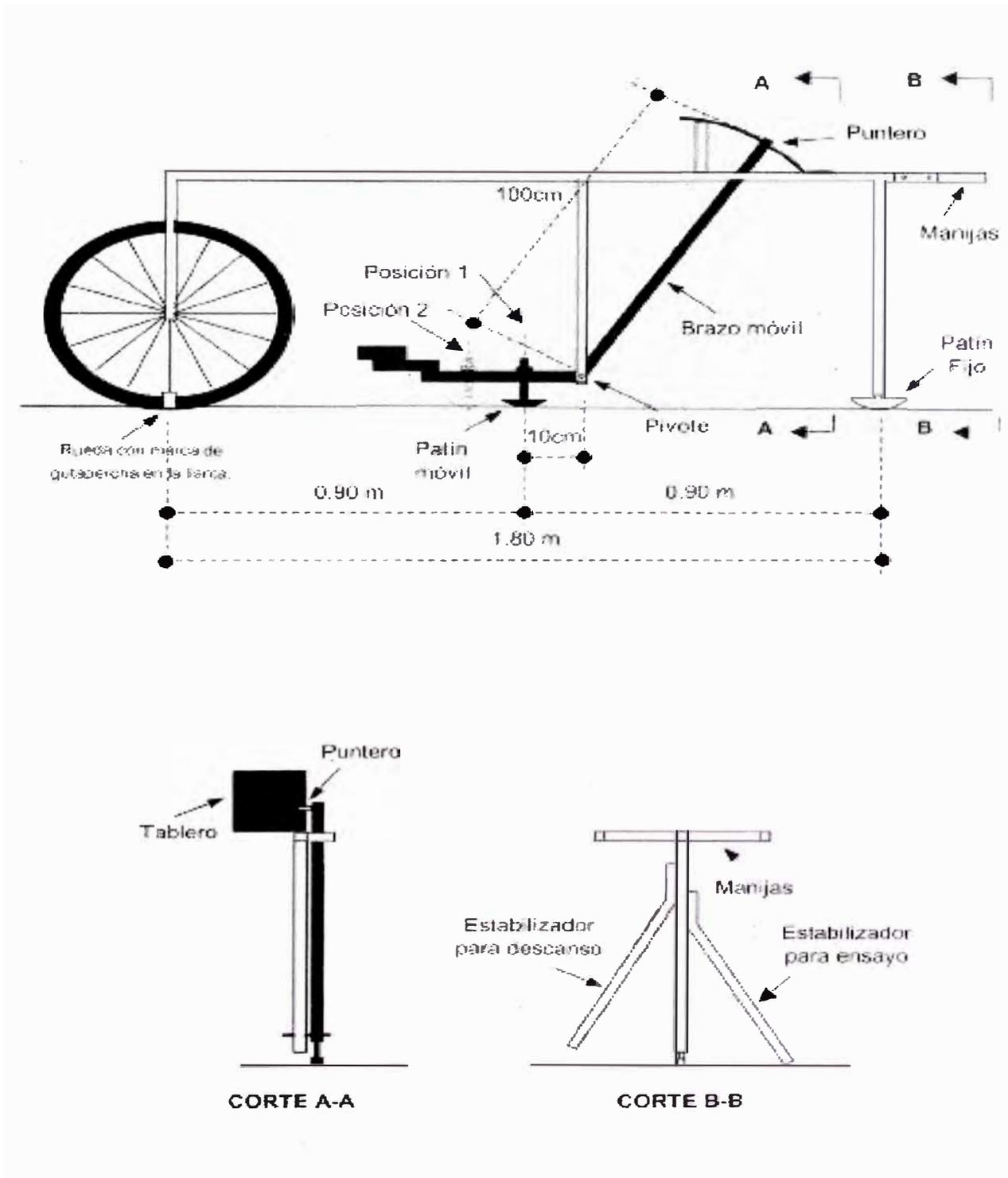
Habiendo transcurrido un período de tiempo relativamente corto, desde que se difundió el MERLIN, la tecnología involucrada se encuentra obviamente en fase de experimentación, por lo que se requiere de un proceso de “calibración” de acuerdo a las experiencias locales, en cuanto a los usos, por ejemplo; lo que necesariamente tiene que incidir en el ajuste o perfeccionamiento de las formulaciones originales.

Figura. 2.01 Esquema del diseño del equipo MERLIN



Fuente: Oliveria Olerques 2008

Figura N° 2.02 Esquema del Rugosímetro MERLIN



Fuente: Manual del usuario MERLIN

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

En cada observación el instrumento debe descansar sobre el camino apoyado en tres puntos fijos e invariables: la rueda, el apoyo fijo trasero y el estabilizador para ensayo (Figura N° 2.02, Corte B-B). La posición que adopta el puntero corresponderá a una lectura entre 1 y 50, la que se anotará en un formato de campo, tal como el mostrado en el Figura N° 2.03. El formato consta de una cuadrícula compuesta por 20 filas y 10 columnas; empezando por el casillero (1,1). los datos se llenan de arriba hacia abajo y de izquierda a derecha.

Figura N° 2.03 Colocación del Formato de escala



Fuente: Elaboración propia

Figura N° 2.04 Formato de escala

RUGOSIMETRO MERLIN		
1 DIVISION = 5 mm		
DEPRESIONES	50	
	49	
	48	
	47	
	46	
	45	
	44	
	43	
	42	
	41	
	40	
	39	
	38	
	37	
	36	
	35	
	34	
	33	
	32	
	31	
	30	
	29	
	28	
	27	
	ELEVACIONES	26
		25
24		
23		
22		
21		
20		
19		
18		
17		
16		
15		
14		
13		
12		
11		
10		
9		
8		
7		
6		
5		
4		
3		
2		
1		

Fuente: "Metodología para la Medición de la Rugosidad de los Pavimentos
 Con equipo de Bajo Costo y gran Precisión". Ing. Pablo del Águila R.

2.2 Definición de Rugosidad

No hay una definición sencilla y estándar de la rugosidad del camino; en la norma de ensayo ASTM E 867-06 Standard Terminology Relating to Vehicle-Pavement Systems, se define el concepto de Roughness como: “desviación de una determinada superficie respecto a una superficie plana teórica, con dimensiones que afectan la dinámica del vehículo, la calidad de manejo, cargas dinámicas y el drenaje, por ejemplo, el perfil longitudinal, perfil transversal.”

La rugosidad mide las alteraciones de la superficie del pavimento respecto a una superficie plana que atienda los requerimientos de confort del usuario y dinámica de las vías. El Índice Internacional de Rugosidad (IRI) es el referente más usado.

2.3 Definición del IRI

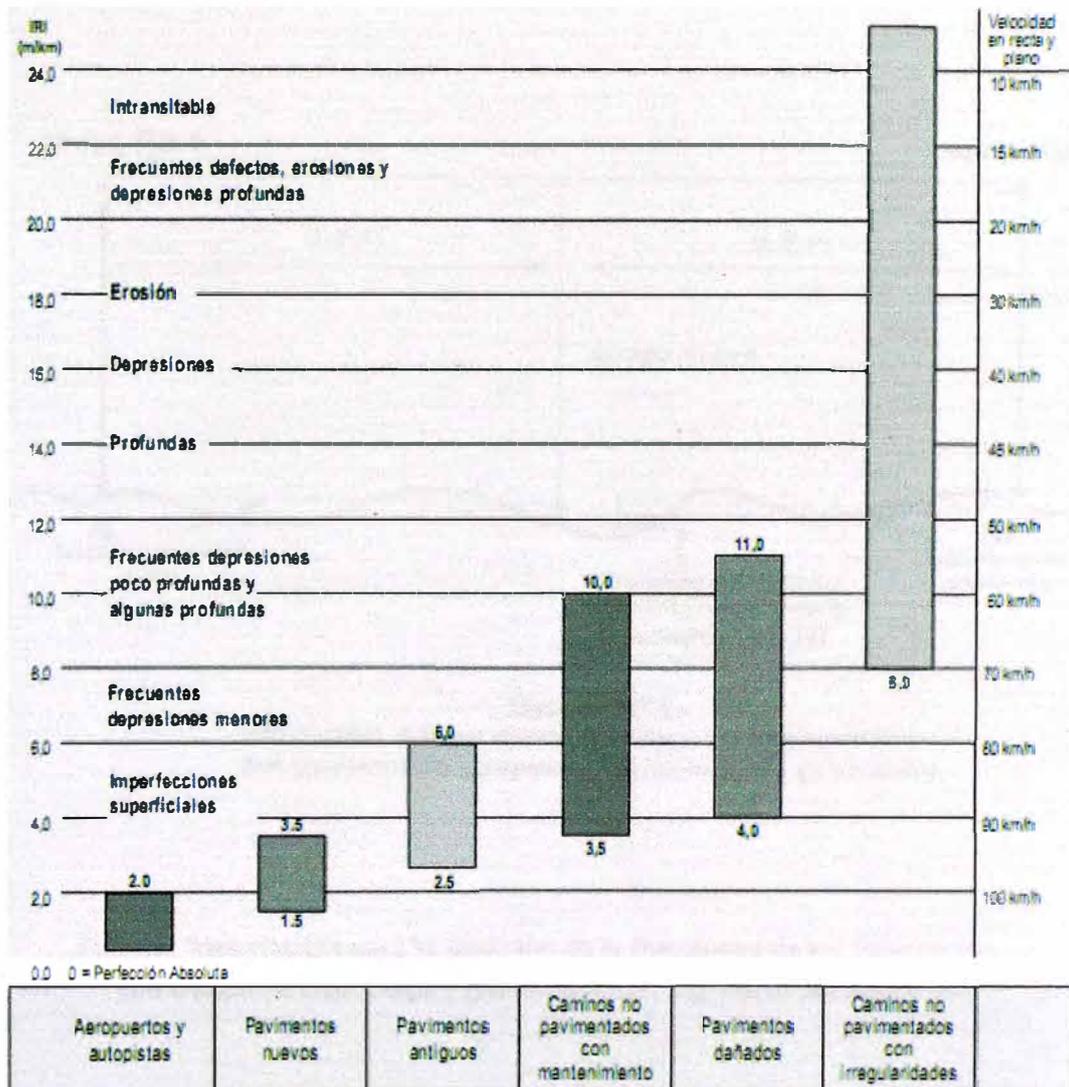
En el interés de emplear una medida estándar de rugosidad para los proyectos de carretera a lo largo del mundo, fue ideado el Índice de Rugosidad Internacional (IRI).

El IRI se nombra así porque es un producto del experimento Internacional de Rugosidad de Caminos (Internacional Road Roughness Experiment – IRRE) dirigidos por los equipos de investigación de diferentes países como: Brasil, Inglaterra, Francia, USA, Bélgica con el propósito de identificar un Índice que identificara la rugosidad del pavimento medido a través de diferentes equipos y bajo una variedad de condiciones.

El IRI está definido como una característica del perfil longitudinal de una huella de rodadura, se expresa en términos de m/Km., mm/m.

Su definición se estableció a partir de conceptos asociados a la mecánica vibratoria de los sistemas dinámicos, todo ello, en base a un modelo que simuló el movimiento de la suspensión acumulada por un vehículo al circular por una determinada longitud de perfil de la carretera, a una velocidad estándar.

Figura N°2.05 Escala de rugosidad para pavimentos (IRI)



Fuente: MTC Manual para la conservación de carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito

2.4 Fundamento teórico

La determinación de la rugosidad de un pavimento se basa en el concepto de usar la distribución de las desviaciones de la superficie respecto de una cuerda promedio. La Figura N° 2.06 ilustra como el MERLIN mide el desplazamiento vertical entre la superficie del camino y el punto medio de una línea imaginaria de longitud constante. El desplazamiento es conocido como “la desviación respecto a la cuerda promedio”.

Figura N° 2.06 Medición de las desviaciones de la superficie del pavimento respecto de la cuerda promedio.

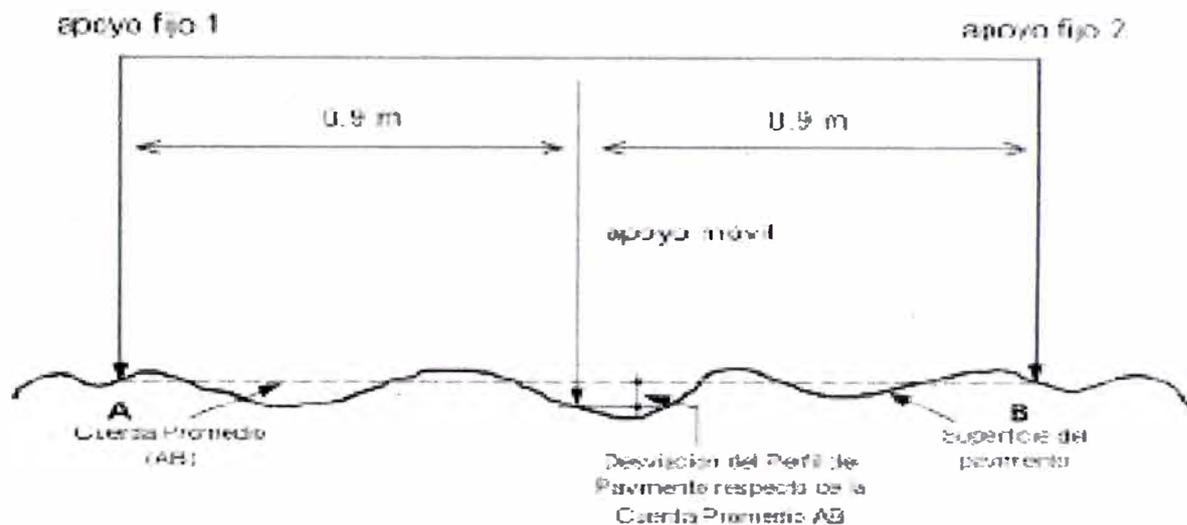
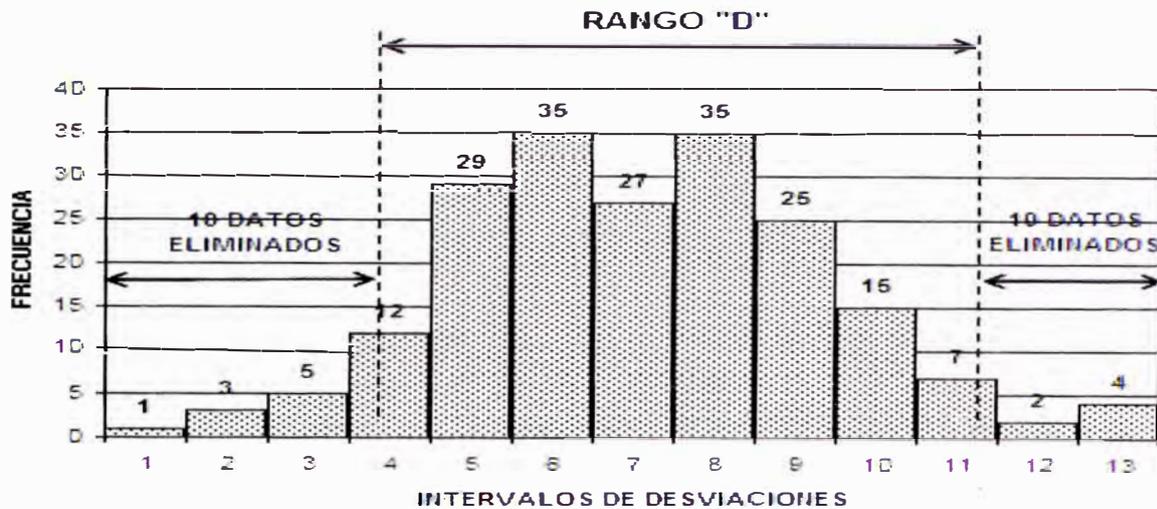


Figura N° 1
Medición de las desviaciones de la superficie del pavimento respecto de la cuerda promedio

Fuente: "Metodología para la Medición de la Rugosidad de los Pavimentos con equipo de Bajo Costo y gran Precisión". Ing. Pablo del Águila R.

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. Si se define el histograma de la distribución de frecuencias de las 200 mediciones, es posible medir la dispersión de las desviaciones y correlacionarla con la escala estándar de la rugosidad (Ver Figura N° 2.07). El parámetro estadístico que establece la magnitud de la dispersión es el rango de la muestra (D), determinado luego de efectuar una depuración del 10% de observaciones (10 datos en cada cola del histograma). El valor D es la rugosidad del pavimento en "unidades MERLIN".

Figura N° 2.07 Histograma de una muestra de 200 desviaciones



Fuente: "Metodología para la Medición de la Rugosidad de los Pavimentos con equipo de Bajo Costo y gran Precisión". Ing. Pablo del Águila R.

2.5 Correlación D vs IRI.

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

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

La expresión 1 es la ecuación original establecida por el TRRL mediante simulaciones computarizadas, utilizando una base de datos proveniente del Ensayo Internacional 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 de acuerdo a la experiencia peruana y luego de comprobarse, después de ser evaluados mas de 3,000 km de pavimentos, que la ecuación original del TRRL no era aplicable para el caso de pavimentos asfálticos nuevos o poco deformados. Se desarrolló entonces, siguiendo la misma metodología que la utilizada por el laboratorio británico, una ecuación que se emplea para el control de calidad de pavimentos recién construidos.

2.6 Ejecución de Ensayos

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

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

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

Figura Nº 2.08 Formato para recolección de datos de campo

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

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

ENSAYO Nº K/M + HORA

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

OBSERVACIONES : _____

Fuente: "Metodología para la Medición de la Rugosidad de los Pavimentos
Con equipo de Bajo Costo y gran Precisión". Ing. Pablo del Águila R.

2.7 Cálculo del Rango D

La dispersión de los datos obtenidos con el MERLIN se analiza calculando la distribución de frecuencias de las lecturas o posiciones adoptadas por el puntero, la cual puede expresarse, para fines didácticos, en forma de histograma. 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.

2.8 Factor de Corrección D

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, utilizando un calibrador que permita una aproximación al décimo de mm. El espesor se calculará como el valor promedio considerando 4 medidas diametralmente opuestas.
- 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. Se levanta el patín y se coloca la pastilla de calibración debajo de él, apoyándola sobre el piso y se efectúa la lectura que marca el puntero.

Si no sucede eso, se deberá encontrar un factor de corrección (F.C.) usando la siguiente expresión:

$$F.C = \frac{(EP \times 10)}{(LI - LF) \times 5} \dots\dots\dots (3)$$

Donde,

EP: Espesor de la pastilla

LI: Posición inicial del puntero

LF: Posición final del puntero

2.9 Calculo de la rugosidad en la escala IRI

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

2.10 Límites de la rugosidad para el control de calidad de pavimentos.

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

$$IRI_c = IRI_p + 1.645s \dots\dots (4)$$

Donde,

IRI_c : IRI característico

IRI_p : 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:

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

2.11 Índice de Serviciabilidad Presente (PSI)

Es la medida de la serviciabilidad empleando medios mecánicos. Para su estimación la tendencia más difundida es la determinación de la rugosidad o deformación longitudinal del pavimento.

Se han desarrollado para la determinación del PSI, formulas matemáticas diversas que combinan distintos parámetros de deterioro. Una de las primeras expresiones empleadas para calcular el PSI es la propuesta por AASHTO en 1962, Paterson 1987.

Para efectos del presente proyecto la determinación analítica del PSI se ha ejecutado utilizando la expresión aproximada establecida por Sayers, que relaciona la rugosidad con el Índice de Serviciabilidad; la correlación adoptada se desarrollo usando los datos obtenidos en el Ensayo Internacional sobre la Rugosidad en Caminos, realizado en Brasil en 1982, que tiene la siguiente expresión:

$$PSI = \frac{5.0}{e^{\frac{IRI}{5.5}}} \quad ; \quad \text{para } IRI < 12 \dots\dots\dots(5)$$

Con los valores de rugosidad en IRI y empleando la formula antes indicada se calcula el PSI, que establece la condición funcional actual del pavimento de acuerdo a la tabla:

Cuadro N°2.01 Rango de Serviciabilidad Presente versus Transitabilidad

Rango de Serviciabilidad Presente (PSI)	Transitabilidad (Calificativo)
0 – 1	Muy Mala
1 – 2	Mala
2 – 3	Regular
3 – 4	Buena
4 – 5	Muy Buena

Fuente: “Experiencias y resultados obtenidos en la evaluación de la rugosidad de más de 3000 km de pavimentos en el Perú y otros países” Ponencia X Congreso Ibero Latinoamericano del Asfalto 1999 – Ing. Pablo del Águila

CAPÍTULO III. APLICACIÓN AL TRAMO Km 116+000 - Km 118+000 CON TRATAMIENTO SUPERFICIAL MONOCAPA.

3.1 Toma de datos en el tramo

De la visita efectuada en campo, se recopiló las mediciones de rugosidad con el rugosímetro MERLIN a relación de brazos de 1:10. Para esto se hizo una evaluación visual, para los dos kilómetros en estudio, dando como resultado 2 subtramos de 400 m característicos entre las progresivas 116+000 al 118+000, el primer subtramo se encuentra entre las progresivas 116+300 al 116+700; y el segundo sub tramo en 117+400 al 117+ 800 para tomar datos en el carril derecho.

Figura N° 3.01 Marcado cada 10 m en los subtramos elegidos



Fuente: Elaboración propia

Figura N° 3.02 Calibración de los equipos



Fuente: Elaboración propia

Figura N° 3.03 Toma de datos Km 117+800 al 117+ 400.



Fuente: Elaboración propia

Cuadro N°3.01 Datos del ensayo de rugosidad con equipo MERLIN

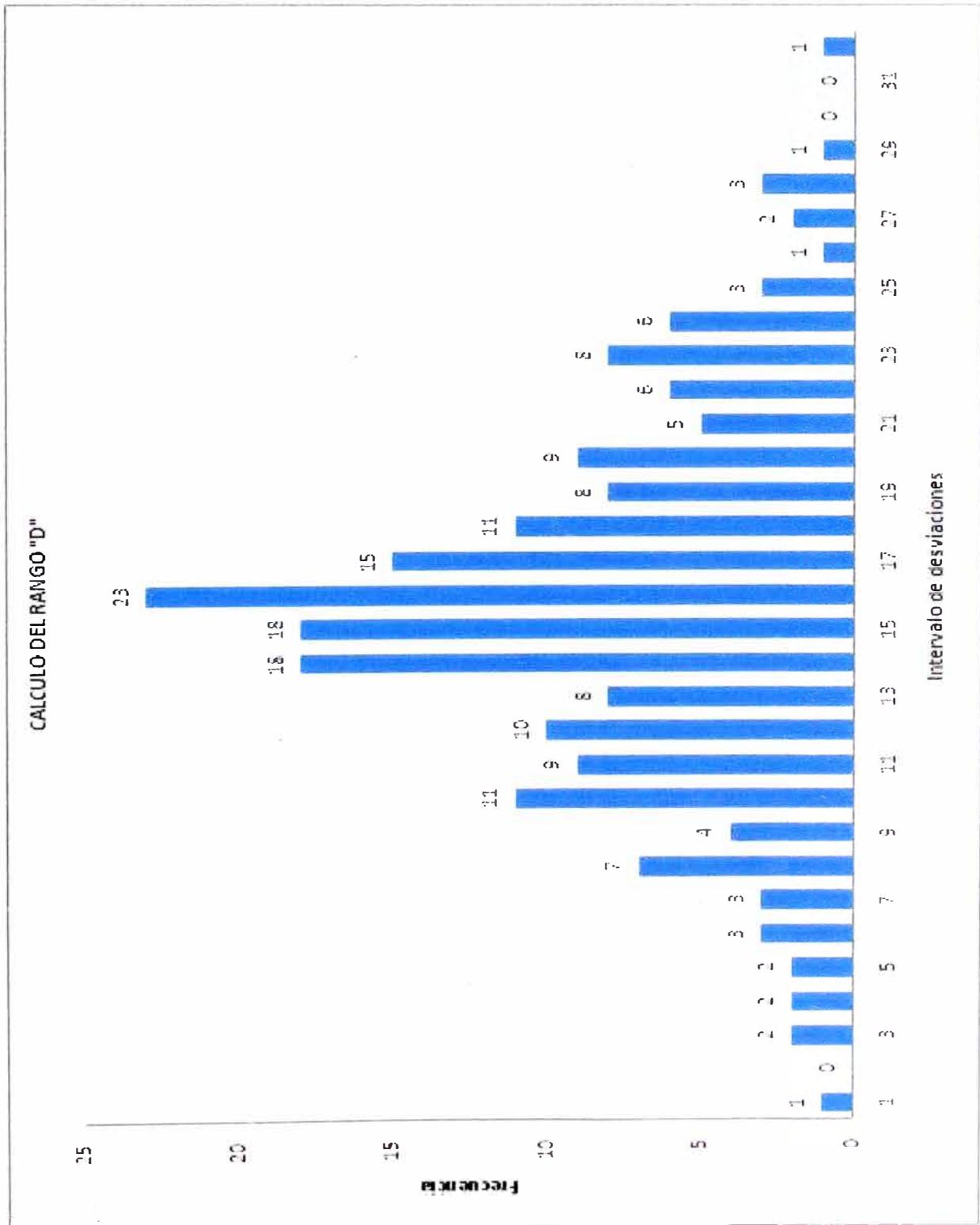
Km 116+700- Km 116+300 .

Evaluación Superficial de La Carretera										
Cañete - Yauyos - Chupaca										
Sección		Km 116+700 - Km 116+300								
Carril / Huella		:Derecho								
Operador		Carlos Padilla								
FECHA		: 22/05/2010								
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
36	17	38	28	15	25	28	21	20	29	1
23	22	20	25	21	24	31	23	19	23	2
25	37	18	20	25	27	33	25	19	26	3
21	28	25	31	34	16	26	26	29	24	4
17	25	13	26	30	24	19	23	23	32	5
29	31	21	32	27	15	23	29	22	20	6
27	17	36	22	12	25	21	23	28	26	7
26	17	15	25	19	27	25	25	26	13	8
12	33	29	27	32	22	24	25	29	21	9
25	33	30	14	24	20	26	23	23	23	10
23	41	19	16	33	27	24	25	25	20	11
24	24	26	28	27	28	19	26	33	32	12
23	37	32	37	21	23	24	24	26	28	13
27	22	31	17	21	23	24	24	34	25	14
21	25	20	10	26	17	19	26	23	19	15
26	31	25	29	25	23	25	27	35	25	16
27	29	34	32	25	14	32	30	21	28	17
29	24	26	24	22	17	24	24	18	23	18
20	24	31	33	25	32	30	19	18	22	19
20	30	22	18	24	27	16	19	19	23	20
Pavimento: Tratamiento Superficial										

Fuente: Elaboración Propia

3.2 Histograma de Frecuencias

Cuadro N°3.02 Histograma con los datos tomados con el MERLIN .



Fuente: elaboración propia

3.3 Cálculo del Rango D

Del histograma anterior se descartan los diez datos del extremo izquierdo y derecho. Se cuenta desde el extremo derecho 1,1,3,2,1 ahora solo faltan 2 pero el intervalo es de 3, como solo se quita 2 estaría quedando $1/3$.

Caso similar para el extremo izquierdo eliminando los intervalos 1, 2, 2, 2, 3, en este caso al quitarle 10 el resultado fue entero y no necesito restar una proporción del mismo. Se tiene en consecuencia un rango igual a $1/3 + 18 = 18.33$ unidades.

Por lo tanto $D = 18.33 \times 5\text{mm} = 91.66\text{mm}$

3.4 Factor de Corrección

Cuadro N°3.03 Factor de corrección del MERLIN

Serie	Factor de corrección		Lecturas con pastillas de calibración							
	Li	Lf	Li 1	Li 2	Li 3	Li 4	Lf 1	Lf 2	Lf 3	Lf 4
540	25	10,50	25	25	25	25	11	10	10	11
541	25	11,00	25	25	25	25	11	11	12	10

Fuente: elaboración propia

$$F.C = \frac{(EP \times 10)}{(LI - LF) \times 5}$$

Donde:

F.C. : Factor de corrección.

EP. : Espesor de la pastilla de cobre. (e=6.47mm).

LI: Lectura inicial.

LF: lectura final.

Promedio

Li= 25

Lf=10.5

$$F.C = \frac{(6.47 \times 10)}{(25 - 10.5) \times 5}$$

FC (SERIE 540) = 0.892

3.5 Aplicación del Factor de Corrección al Rango D

$$D = FC \cdot D_i$$

Reemplazando valores se tiene

$$D = 0.892 \cdot 91.66 = 81.7607 \text{ mm}$$

3.6 Calculo del IRI

Para calcular el valor de la rugosidad en la escala IRI, se reemplaza los valores en la fórmula:

$$IRI = 0.593 + 0.0471 D$$

$$IRI = 0.593 + 0.0471 \cdot 81.7607$$

$$IRI = 4.44 \text{ m/km.}$$

Se calcula el PSI

$$PSI = \frac{5.0}{e^{5.5 \cdot IRI}}$$

$$PSI = 2.23$$

Transitabilidad = Regular

Cuadro N°3.04 Datos del ensayo de rugosidad con equipo MERLIN

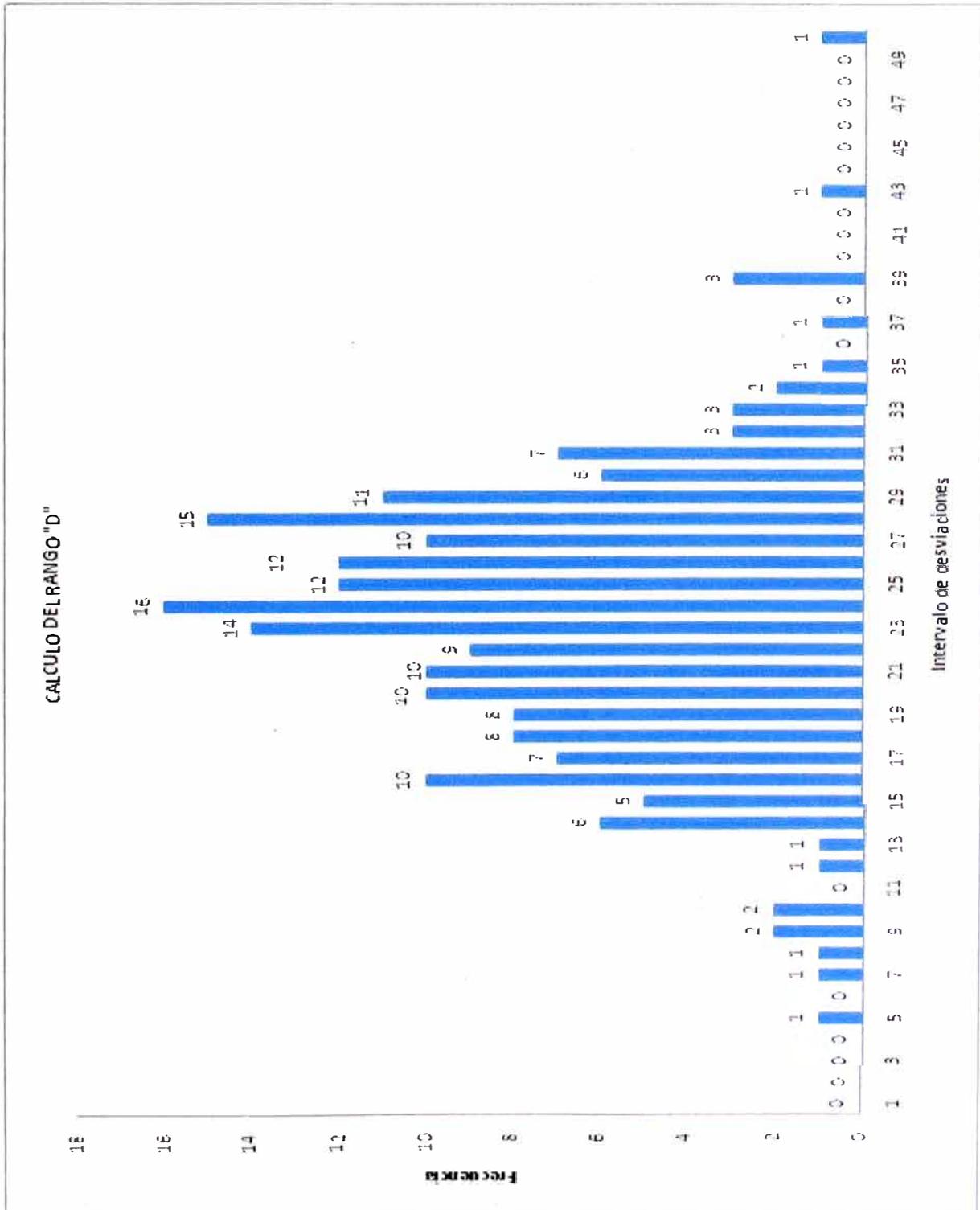
Km 117+800- Km 117+400 .

Evaluación Superficial de La Carretera										
Cañete - Yauyos - Chupaca										
Sección		Km 117+800 - Km 117+400								
Carril / Huella		:Derecho								
Operador		Carlos Padilla								
FECHA		: 22/05/2010								
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
26	29	30	25	28	19	30	28	25	28	1
20	17	22	31	26	28	24	29	17	37	2
23	19	25	24	21	25	27	32	22	39	3
21	50	23	33	12	27	25	25	14	20	4
20	23	28	30	27	26	26	15	10	21	5
16	26	20	26	23	21	24	18	24	16	6
23	18	15	21	25	7	27	25	24	24	7
21	25	20	14	24	25	27	28	43	18	8
30	19	17	14	34	26	24	25	24	18	9
19	29	28	27	22	20	22	29	31	9	10
16	24	19	20	28	28	39	32	20	22	11
16	23	16	13	28	28	28	23	19	12	12
27	30	19	26	14	19	29	22	27	9	13
15	39	16	23	27	28	21	17	31	18	14
33	26	25	29	21	20	31	14	24	24	15
29	30	16	21	24	24	34	35	23	20	16
29	18	23	33	17	26	28	8	22	16	17
10	17	14	31	29	23	15	28	23	26	18
24	5	27	24	16	23	22	16	31	22	19
17	29	31	18	23	18	21	15	32	29	20
Pavimento: Tratamiento Superficial Monocapa										

Fuente: Elaboración Propia

Histograma de Frecuencias

Cuadro N°3.05 Histograma con los datos tomados con el MERLIN .



Fuente: Elaboración Propia

Calculo del Rango D

Del histograma anterior se descarta los diez datos del extremo izquierdo y derecho. Se cuenta desde el extremo derecho 1,1,3,1,1,2, ahora solo faltan 1 dato pero el intervalo es de 3, como solo se quita 1 estaría quedando **2/3**.

Caso similar para el extremo izquierdo eliminando los intervalos 1, 1, 1, 2, 2,2, ahora solo faltan 1 dato pero se tiene 6, estaría quedando **5/6**. Se tiene en consecuencia un rango igual a $5/6+18+2/3 = 19.499$ unidades.

Por lo tanto $D = 19.499 \times 5\text{mm} = 97.495 \text{ mm}$

Aplicación del Factor de Corrección al Rango D

$$D = FC \cdot D_i$$

Reemplazando valores se tiene

$$D = 0.892 \cdot 97.495 = 86.9655 \text{ mm}$$

Calculo del IRI

Para calcular el valor de la rugosidad en la escala IRI, se reemplaza los valores en la fórmula:

$$IRI = 0.593 + 0.0471 D$$

$$IRI = 0.593 + 0.0471 \cdot 86.965$$

$$IRI = 4.689 \text{ m/km.}$$

Se calcula el PSI

$$PSI = \frac{5.0}{e^{\frac{IRI}{5.5}}}$$

$$PSI = 2.131$$

Transitabilidad= Regular

CAPÍTULO IV. ANALISIS DE LOS RESULTADOS

4.1 Interpretación del IRI en el tramo Km 116+000 al Km 118+000.

Cuadro N°4.01 IRI tomado para el tramo estudiado.

Del	Al	Tratamiento Superficial	IRI(m/km) Monitoreo UNI	IRI(m/km) Salida de campo	PSI
117+800	117+400	Monocapa	3.82	4.69	2.13
116+700	116+300	Monocapa	4.30	4.44	2.23

TRATAMIENTO SUPERFICIAL	DEL	AL	MEDIA	DESVIACION ESTANDAR	IRIc.
TSM	116+000	118+000	4.57	0.177	4.86
TSM (REALIZADO POR LA UNI)	116+000	118+000	4.06	0.339	4.61

Fuente: Propia – Toma de datos en Carretera Cañete – Yauyos - Chupaca 22-05-10

- El IRI en la progresiva 117+800 al 117+400 después de 10 meses ha aumentado en el estudio realizado anteriormente por la Universidad Nacional de Ingeniería, el IRI era de 3.82, en la actualidad el IRI es de 4.69.

En la progresiva 116+700 al 116+300 después de 10 meses también el IRI ah aumentado de 4.30 a un valor de 4.44. Esto muestra el desgaste producido en los 10 meses.

- Una evaluación subjetiva de la rugosidad de la superficie de rodadura del pavimento, indicará que se encuentra en condiciones regulares de Serviciabilidad, además, es necesario considerar que el alcance de la evaluación de la rugosidad de la carretera en esta etapa, está dirigido a monitorear y aportar con información del comportamiento del pavimento.

- El IRIC de los subtramos en estudio , el estudio realizado por la Universidad Nacional de Ingeniería es de 4.61 y el IRIC hallado en el estudio que se realizo en Mayo del 2010 es de 4.86. Lo que indica que hubo un desgaste producido en 10 meses.

Interacción con otros tramos.

De los diez kilómetros evaluados el día 22 de mayo del 2010 en la carretera Cañete – Yauyos – Chupaca, se presentan en las tablas siguientes los resultados obtenidos; además de los datos de IRI , obtenidos por la Universidad Nacional de Ingeniería en el marco del convenio de cooperación interinstitucional entre el proyecto especial de infraestructura de transporte nacional - Provias Nacional y la UNI – FIC, hecho entre el 23 de junio al 9 de julio del año 2009 los cuales han sido ya resumidos y procesados en las tablas siguientes:

Cuadro N°4.02 IRI tomado en para cada tramo estudiado. Realizado el 22-05-2010

Progresiva de inicio	Progresiva final	Tratamiento Superficial	IRI (m/Km)
110+200	110+600	TSM	5.26
110+900	111+300	TSM	4.14
112+000	112+400	TSM	4.76
113+600	114+000	TSM	4.62
114+800	115+200	TSM	5.25
115+600	116+000	TSM	4.25
116+300	116+700	TSM	3.87
117+400	117+800	TSM	4.18
118+000	118+400	TSM	5.42
118+400	118+800	TSM	6.04

Fuente: Propia – Toma de datos en Carretera Cañete – Yauyos - Chupaca 22-05-10

Cuadro N°4.03 IRI promedio tomado en cada tramo, realizado por la UNI entre 27/06/2009 al 3/07/2009

Progresiva de inicio	Progresiva final	Tratamiento Superficial	IRI (m/Km)
110+400	110+800	TSM	3.68
111+400	111+800	TSM	3.99
112+100	112+500	TSM	4.71
113+300	113+700	TSM	4.52
114+900	115+300	TSM	4.73
115+300	115+700	TSM	4.86
116+600	117+000	TSM	4.30
117+600	118+000	TSM	3.82
118+600	119+000	TSM	4.71
119+500	119+900	TSM	5.10

Fuente: Clases de titulación fic-uni 2010

Cuadro N°4.04 Cuadro estadísticos para cada tramo de tratamiento superficial

TRATAMIENTO SUPERFICIAL	DEL	AL	MEDIA	DESVIACION ESTANDAR	IRIc.
TSM	110+000	120+000	4.78	0.695	5.92
TSM (REALIZADO POR LA UNI)	110+000	120+000	4.44	0.476	5.22

Fuente: Propia – Toma de datos en Carretera Cañete – Yauyos - Chupaca

El IRIc que se realizó por la Universidad Nacional de Ingeniería, en julio del 2009 es de 5.22 es menor al IRIc hallado en mayo del 2010 cuyo valor es 5.92. Esto muestra el desgaste producido en estos cerca de 10 meses desde el estudio inicial.

CONCLUSIONES

- Con la aplicación de la metodología del equipo MERLIN, para evaluar la rugosidad del pavimento en el tramo Km. 116+000 - Km.118+000, se ha determinado la rugosidad en términos IRI y la Serviciabilidad de la carretera, logrando los objetivos trazados y presentando estos resultados, que son un aporte a la investigación que se viene realizando.

- El Índice de Rugosidad Internacional (IRI) en los subtramos del Km 116+700 al Km 116+300 y del Km 117+800 al Km 117+400 son 4.44 m/km y 4.69 m/km respectivamente.

- Si se ubica en la escala de regularidad del Banco Mundial se puede decir que este es un “camino no pavimentado con mantenimiento y con imperfecciones superficiales” (Figura N°2.05).

- Esta carretera está catalogada de regular Transitabilidad por tener un PSI de 2.13 y 2.23 en los subtramos respectivos.

- Como el Perú no cuenta con un Manual de obras para tratamientos superficiales, se ha clasificado con el Manual de Obras públicas de Chile para Tratamientos Superficiales, de acuerdo a este manual la carretera no cumple con los requerimientos de IRI y no es aceptable (Anexo 2.0).

- El bajo rendimiento del equipo MERLIN limita la toma de datos que debió de ser más nutrida para obtener mejores resultados en el análisis del presente informe.

- Se aprecia un aumento del IRIC de 4.61 m/km tomados por la Universidad Nacional de Ingeniería en julio del 2009, y el IRIC 4.86 m/km medido en la salida de campo en mayo del 2010; lo cual muestra que hay un incremento de 0.25 m/km en 10 meses. Debido a muchos factores entre los que se tienen, el clima, procesos constructivos, falta de mantenimiento y limpieza en los sistemas de drenajes.

- En el monitoreo realizado por la UNI se tiene que el valor del IRIc aumenta en 0.025 m/km por mes, entonces si se compara los valores tomados en la salida de campo IRIc 4.86m/Km y el valor IRIc 5.039 m/Km ($PSI < 2.0$), se obtiene un diferencial de 0.179 m/km, lo que indica que en 7 meses la vía estará catalogada como de mala transitabilidad.

RECOMENDACIONES

- Es importante mencionar que en todo el tramo de la carretera falta realizar limpieza a los sistemas de drenaje y esto afecta considerablemente a la calidad del pavimento en época de lluvias.

- Debido al bajo rendimiento del equipo MERLIN, es recomendable su utilización para calibrar la curva de rugosidad que puede ser obtenida mediante métodos con mayor rendimiento como el Bump Integrator.

- Es necesario realizar con frecuencia labores de monitoreo o evaluaciones subjetivas, con el objetivo de obtener información actual del estado de la vía, identificando los factores que influyen en el comportamiento y que son los responsables del deterioro del mismo.

- Se recomienda realizar un posible recapeo o mantenimiento del pavimento en aproximadamente 7 meses, ya que según los resultados hallados con el equipo Merlin en la salida de campo y comparados con los resultados hallados por la Universidad Nacional de Ingeniería en julio del 2009, tiene una tendencia a tener una vía con un estado de serviciabilidad mala en 7 meses.

BIBLIOGRAFIA

- CUNDILL, M.A. "The MERLIN Low-cost Road Roughness Measuring Machine". Transport and Road Research Laboratory, Department of Transport. TRRL Research Report 301. Crowthorne, 1991.
- Del Águila, Pablo "Metodología Para La Determinación De La Rugosidad De Los Pavimentos". Trabajo presentado al X Congreso Ibero Latinoamericano. Sevilla, 1999.
- Del Águila, Pablo "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.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC), "Manual para la Conservación de carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito" Vol. I, Lima, Perú, 2008.
- www.camineros.com/biblioteca.html.
- www.mtc.gob.pe
- www.proviasnac.gob.pe

ANEXOS

1.0 Resumen de los valores del Índice de rugosidad internacional IRI



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	2.30	23/06/2009
I - 03	55+850	56+250	A 1m del borde	3.23	23/06/2009
I - 04	56+250	56+650	A 1m del borde	2.37	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+900	59+300	A 1m del borde	3.21	24/06/2009
I - 10	59+300	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 - 2.00	0.80	0.07
2.00 - 2.50	10.80	0.90
2.50 - 3.00	0.40	0.03
>= 3.00	0.00	0.00
Total	12.00	1.00



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 79+500 AL 138+935
CARRIL DE ENSAYO : DERECHO
CARPETA DE RODADURA : TRATAMIENTO SUPERFICIAL MONOCAPA

ORDEN DE CONTROL	TRAMO		DISTANCIA	IRI	FECHA DE ENSAYO
	PRG.	PRG. FINAL			
I - 31	79+500	79+900	A 1.00m del borde	4.64	29/06/2009
I - 32	79+900	80+300	A 1.00m del borde	3.51	29/06/2009
I - 33	80+300	80+700	A 1.00m del borde	3.49	29/06/2009
I - 34	80+700	81+100	A 1.00m del borde	3.74	29/06/2009
I - 35	81+900	82+300	A 1.00m del borde	6.32	29/06/2009
I - 36	82+300	82+700	A 1.00m del borde	3.50	29/06/2009
I - 37	83+000	83+400	A 1.00m del borde	5.89	29/06/2009
I - 38	84+000	84+400	A 1.00m del borde	5.05	29/06/2009
I - 39	84+400	84+800	A 1.00m del borde	4.01	29/06/2009
I - 40	84+800	85+200	A 1.00m del borde	4.02	29/06/2009
I - 41	85+200	85+600	A 1.00m del borde	4.55	29/06/2009
I - 42	86+130	86+530	A 1.00m del borde	3.85	03/07/2009
I - 43	87+400	87+800	A 1.00m del borde	4.02	03/07/2009
I - 44	88+500	88+900	A 1.00m del borde	3.61	04/07/2009
I - 45	89+000	89+400	A 1.00m del borde	4.56	04/07/2009
I - 46	90+500	90+900	A 1.00m del borde	4.51	04/07/2009
I - 47	91+200	91+600	A 1.00m del borde	4.32	04/07/2009
I - 48	92+400	92+800	A 1.00m del borde	2.91	10/07/2009
I - 49	93+200	93+600	A 1.00m del borde	3.34	10/07/2009
I - 50	94+300	94+700	A 1.00m del borde	2.99	10/07/2009
I - 51	95+600	96+000	A 1.00m del borde	4.55	10/07/2009
I - 52	96+400	96+800	A 1.00m del borde	5.01	10/07/2009
I - 53	97+200	97+600	A 1.00m del borde	4.30	10/07/2009
I - 54	98+000	98+400	A 1.00m del borde	5.05	10/07/2009
I - 55	99+100	99+500	A 1.00m del borde	4.51	10/07/2009
I - 56	100+000	100+400	A 1.00m del borde	5.09	30/06/2009
I - 57	100+400	100+800	A 1.00m del borde	4.52	30/06/2009
I - 58	100+800	101+200	A 1.00m del borde	5.42	30/06/2009
I - 59	101+200	101+600	A 1.00m del borde	4.64	30/06/2009
I - 60	102+400	102+800	A 1.00m del borde	5.40	30/06/2009
I - 61	103+000	103+400	A 1.00m del borde	4.02	06/07/2009
I - 62	104+000	104+400	A 1.00m del borde	4.28	06/07/2009
I - 63	105+000	105+400	A 1.00m del borde	4.30	06/07/2009
I - 64	106+000	106+400	A 1.00m del borde	4.15	06/07/2009
I - 65	107+200	107+600	A 1.00m del borde	4.30	06/07/2009
I - 66	107+700	108+100	A 1.00m del borde	3.81	06/07/2009
I - 67	108+200	108+600	A 1.00m del borde	3.97	07/07/2009
I - 68	109+600	110+000	A 1.00m del borde	4.37	07/07/2009
I - 69	110+400	110+800	A 1.00m del borde	3.68	07/07/2009
I - 70	111+400	111+800	A 1.00m del borde	3.99	07/07/2009
I - 71	112+100	112+500	A 1.00m del borde	4.71	07/07/2009
I - 72	113+300	113+700	A 1.00m del borde	4.52	07/07/2009

ACOMPANAMIENTO Y MONITOREO DE LOS TRABAJOS DE SERVICIO DE CONSERVACION VIAL POR NIVEL 5 DE SERVICIO DE CONTROL VIAL N° 15 CAÑETE - LUNA BUENA - PACARÁN - CI UPACA (REHABILITACIÓN DE TRAMO ZUNIGA - DV YALLOS - RONCHAS)

FORME TECNICO N°03
3er TRIMESTRE 2009



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 79+500 AL 138+935
CARRIL DE ENSAYO : DERECHO
CARPETA DE RODADURA : TRATAMIENTO SUPERFICIAL MONOCAPA

CODIGO DEL	TRAMO PROG. INICIAL - PROG. FINAL	DISTANCIA	IRI	FECHA DE ENSAYO
I - 73	114+900 - 115+300	A 1.00m del borde	4.73	07/07/2009
I - 74	115+300 - 115+700	A 1.00m del borde	4.86	07/07/2009
I - 75	116+600 - 117+000	A 1.00m del borde	4.30	08/07/2009
I - 76	117+600 - 118+000	A 1.00m del borde	3.82	08/07/2009
I - 77	118+600 - 119+000	A 1.00m del borde	4.71	08/07/2009
I - 78	119+500 - 119+900	A 1.00m del borde	5.10	08/07/2009
I - 79	120+300 - 120+700	A 1.00m del borde	4.52	08/07/2009
I - 80	121+800 - 122+200	A 1.00m del borde	3.67	08/07/2009
I - 81	123+300 - 123+700	A 1.00m del borde	5.24	08/07/2009
I - 82	124+100 - 124+500	A 1.00m del borde	4.82	08/07/2009
I - 83	125+500 - 125+900	A 1.00m del borde	4.04	08/07/2009
I - 84	126+400 - 126+800	A 1.00m del borde	4.59	08/07/2009
I - 85	127+400 - 127+800	A 1.00m del borde	3.48	09/07/2009
I - 86	127+800 - 128+200	A 1.00m del borde	3.66	09/07/2009
I - 87	129+300 - 129+700	A 1.00m del borde	3.80	09/07/2009
I - 88	130+100 - 130+500	A 1.00m del borde	4.48	09/07/2009
I - 89	131+600 - 132+000	A 1.00m del borde	4.32	09/07/2009
I - 90	132+400 - 132+800	A 1.00m del borde	4.32	09/07/2009
I - 91	133+500 - 133+900	A 1.00m del borde	4.29	09/07/2009
I - 92	134+500 - 134+900	A 1.00m del borde	4.49	09/07/2009
I - 93	135+500 - 135+900	A 1.00m del borde	3.93	09/07/2009
I - 94	136+590 - 136+990	A 1.00m del borde	5.03	09/07/2009
I - 95	137+300 - 137+700	A 1.00m del borde	4.73	09/07/2009
I - 96	138+535 - 138+935	A 1.00m del borde	4.46	09/07/2009

PROMEDIO ARITMETICO

4.35

Rango IRI	Longitud (km)	%
0 - 2.000	0.00	0.00
2.000 - 3.000	7.60	0.29
3.000 - 4.000	14.40	0.55
4.000 - 5.000	4.40	0.17
Total	26.40	1.00

2.0 Especificaciones Internacionales

INSTITUCION PÚBLICA	REQUERIMIENTOS DE IRI SEGÚN TIPO DE PAVIMENTO O SUPERFICIE			
	Procedimiento General	Asfáltico	Hidráulico	Tratamientos Superficiales
Ministerio de Obras Públicas de Chile ¹	IRI obtenido en 5 tramos consecutivos de 200 m de secciones homogéneas	Promedio de 5 tramos ≤ 2.0 m/km Promedio Individual ≤ 2.8 m/km		Promedio de 5 tramos ≤ 3.0 m/km Promedio Individual ≤ 4.0 m/km
Ministerio de Fomento de España ²	IRI obtenido en tramos de 100 m	IRI ≤ 1.5 m/km en el 50% de los tramos del proyecto IRI ≤ 2 m/km en el 80% de los tramos del proyecto IRI ≤ 2.5 m/km en el 100% de los tramos del proyecto		
Estados Unidos (Wisconsin Department of Transportation. WisDOT) ²	IRI obtenido en tramos de 1.609 km (1 milla)	IRI m/km	Tiempo	
		1.1 1.17 1.29 1.33 1.37 1.45	Pav. Nuevo 1 Año 2 Años 3 Años 4 Años 5 Años	----- -----
Canada (Québec) ²	IRI obtenido en tramos de 100 m	- IRI ≤ 1.2 m/km en 70% de datos - IRI ≤ 1.4 m/km en 100% de datos	-----	-----
Suecia ²	IRI en tramos de 20 m	IRI ≤ 1.4 m/km		-----
	IRI en tramos de 200 m	IRI ≤ 2.4 m/km		-----

Fuente: Manual de Carreteras de Ministerio de Obras Públicas de Chile, Dirección de Viabilidad, Volumen 5, Especificaciones Generales, Sección 5.407 y 5.408)