

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



**EVALUACIÓN DE LA RUGOSIDAD CON EQUIPO BUMP
INTEGRATOR, CARRETERA CAÑETE-CHUPACA
POLÍTICA DE MANTENIMIENTO**

INFORME DE SUFICIENCIA

Para optar el Título Profesional de:

INGENIERO CIVIL

OSCAR HUMBERTO AUSEJO CALMET

Lima- Perú

2011

DEDICATORIA

**Este logro importante se lo dedico a todas las personas
que siempre estuvieron a mi lado
a pesar de que muchas veces no pude estar cerca de ellos.**

**Este logro se lo dedico a mis padres, por el gran esfuerzo
que hicieron para ayudarme a cumplir mis sueños,
y en especial a mi madre ya que siempre
confió en mí desde el primer momento en que me
eche al ruedo para cumplir mis sueños.**

**También se lo dedico a mi hermana quien lleno
de alegría mi vida y a quien quiero decirle que luche
por sus sueños porque así como yo
cumplí parte de los míos estoy seguro
que ella cumplirá los suyos.**

**Por último quiero agradecerle a mi novia
ahora más que nunca por estar
siempre a mi lado, en todo momento,
por confiar en mí y tenerme la paciencia necesaria para
así yo poder seguir cumpliendo mis sueños.**

ÍNDICE

ÍNDICE	1
RESUMEN	2
LISTA DE CUADROS	3
LISTA DE FIGURAS	4
LISTA DE SÍMBOLOS Y SIGLAS	6
INTRODUCCION	7
CAPÍTULO I: GENERALIDADES	8
1.1 Antecedentes.....	8
1.2 Ubicación.....	9
1.3 Características de la Carretera.....	12
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	15
2.1 Rugosidad.....	15
2.2 Método de Evaluación de la Rugosidad con Equipo B. I.....	19
2.3 Aplicación del Método.....	23
CAPÍTULO III: CONSERVACIÓN DE CARRETERAS DE BAJO VOLUMEN DE TRÁNSITO	26
3.1 Introducción.....	26
3.2 Naturaleza de la Conservación Vial.....	28
3.3 Modelo de Deterioro.....	34
3.4 Conservación Vial.....	37
3.4.1 Conservación Vial Según Modelo de Deterioro Obtenido.....	37
3.4.2 Conservación Rutinaria y Periódica para el Tramos Evaluado.....	47
CONCLUSIONES	64
RECOMENDACIONES	65
BIBLIOGRAFIA	66
ANEXOS	
ANEXO A: PLANOS REFERENCIALES.....	67
ANEXO B: MANTENIMIENTO RUTINARIO.....	74
ANEXO C: MANTENIMIENTO PERIÓDICO.....	78
ANEXO D: ESTUDIO DE TRÁFICO.....	81

RESUMEN

El presente informe “Evaluación de la Rugosidad con Equipo Bump Integrator Carretera Cañete-Chupaca Política de Mantenimiento” está compuesto por tres capítulos, en los cuales se describen las características de la carretera, la importancia de las vías de bajo volumen de tránsito para el país y la necesidad de conservarlas con el fin de dar un buen servicio al usuario final.

A continuación se describe cada uno de los tres capítulos tratados en el presente informe.

El primer capítulo rescata las generalidades más importantes de la Carretera Cañete-Yauyos-Chupaca, los antecedentes e historia de la misma, así como sus características ingenieriles más resaltantes.

El segundo capítulo desarrolla el estado del arte del método que se aplica en la evaluación de la rugosidad, en éste caso el Sistema Tipo Respuesta de Medición de la Rugosidad en Vías, “Bump Integrator”. Además se muestra la aplicación del método en el tramo Km. 74+000 - Km. 84+000.

El tercer capítulo desarrolla todo lo relacionado a la conservación de las vías de bajo volumen de tránsito que emplean pavimentos básicos. Este enfoca la importancia de la conservación vial para la economía y la satisfacción del usuario. Además, con el modelo de deterioro calculado sobre la base de datos obtenidos, así como la visita de campo efectuada y las buenas prácticas ingenieriles, se lista una serie de actividades tanto para el mantenimiento rutinario como periódico las cuales tienen como fin conservar la carretera durante su tiempo de vida útil y evitar el deterioro prematuro de la vía.

LISTA DE CUADROS

Cuadro N° 1.01 Datos Generales del Contrato.....	9
Cuadro N° 1.02 Localidades de la Región Yunga.....	12
Cuadro N° 1.03 Localidades de la Región Quechua.....	13
Cuadro N° 1.04 Localidades de la Región Suni o Jalca.....	13
Cuadro N° 1.05 Localidades de la Región Puna.....	14
Cuadro N° 2.01 Valores BI e IRI.....	23
Cuadro N° 2.02 Valores de IRI según ecuación de correlación.....	24
Cuadro N° 2.03 Homogenización de tramos.....	25
Cuadro N° 3.01 Valores de IRI para pavimento con tratamiento superficial.....	36
Cuadro N° 3.02 Estado Vial, según la rugosidad.....	47

LISTA DE FIGURAS

Fig. Nº 1.01 Plano de Ubicación Carretera Cañete –Yauyos-Chupaca.....	10
Fig. Nº 1.02 Plano de Recorrido de la Carretera Cañete –Yauyos-Chupaca.....	11
Fig. Nº 2.01 Modelo de Cuarto de Carro.....	16
Fig. Nº 2.02 Escala de Rugosidad IRI (m/km).....	18
Fig. Nº 2.03 Modelo de Conexión del Rugosímetro Electrónico.....	20
Fig. Nº 2.04 Software de Comunicación.....	21
Fig. Nº 2.05 Unidad Bump Integrator.....	21
Fig. Nº 2.06 Unidad de Adquisición de Datos.....	22
Fig. Nº 2.07 Grafica de BI VS IRI (Equipo Merlin).....	24
Fig. Nº 3.01 Vía Libre de Obstáculos.....	31
Fig. Nº 3.02 Señales Regulatoras.....	32
Fig. Nº 3.03 Señales Preventivas.....	32
Fig. Nº 3.04 Escala de Rugosidad IRI (m/km).....	33
Fig. Nº 3.05 Curva de Deterioro del Pavimento.....	35
Fig. Nº 3.06 Curva de Deterioro del Tramo Evaluado.....	36
Fig. Nº 3.07 Ciclo Vial Tradicional.....	38
Fig. Nº 3.08 Pensamiento Tradicional de la Conservación Vial.....	39
Fig. Nº 3.09 Elementos que Intervienen en la Conservación Vial.....	41
Fig. Nº 3.10 Curva de Comportamiento de una Calzada sin Conservación Adecuada.....	42
Fig. Nº 3.11 Esquema de Costos Comparativos de Conservación o Recuperación de las Calzadas en Diferentes Estados.....	43
Fig. Nº 3.12 Esquema del Ciclo de Conservación Vial Preventiva.....	44
Fig. Nº 3.13 Comparación de Costos de Intervenciones de Mantenimiento y Rehabilitación.....	45
Fig. Nº 3.14 Costos Comparativos de Conservación o Recuperación de Calzadas en Diferentes Estados.....	46
Fig. Nº 3.15 Parchado Superficial.....	49
Fig. Nº 3.16 Poda de Vegetación que Obstruye la Visibilidad en la Vía.....	50

Fig. Nº 3.17 Poda de Árboles.....	50
Fig. Nº 3.18 Limpieza de Calzada.....	51
Fig. Nº 3.19 Limpieza de Cunetas.....	52
Fig. Nº 3.20 Limpieza de Señales Informativas.....	53
Fig. Nº 3.21 Remoción de Derrumbes Localizados.....	54
Fig. Nº 3.22 Reposición de Señales de Tránsito.....	55
Fig. Nº 3.23 Fisuras en la Vía.....	57
Fig. Nº 3.24 Bache con Presencia de Afloramiento de Agua.....	60
Fig. Nº 3.25 Fallas de Borde.....	60
Fig. Nº 3.26 Tratamiento Superficial.....	61
Fig. Nº 3.27 Sobre Capa de 1cm de Espesor	62
Fig. Nº 3.28 Caída de Huayco.....	63

LISTA DE SÍMBOLOS Y SIGLAS

AASHTO	American Association of State Highway and Transportation Officials
ASTM	American Society for Testing and Materials
BI	Bump Integrator
IRI	International Roughness Index (Índice de rugosidad Internacional)
IRRE	International Roughness Road Experiment (Experimento Internacional de Rugosidad de Vías)
MTC	Ministerio de Transportes y Comunicaciones
MDOT	Michigan Department of Transportation (Departamento de Transporte del Estado de Michigan)
PCI	Pavement Condition Index (Índice de Condición del Pavimento)
QCS	Cuartel Car. System (Sistema del Cuarto Carro)
SMP	Sistema de Manejo de Pavimentos
STRMRV	Sistema Tipo Respuesta de Medición de la Rugosidad de Vías

INTRODUCCIÓN

La conservación vial es una parte muy importante de la gestión vial pública destinada a lograr que el Estado, en sus diversos niveles de gobierno, logre proteger las carreteras a lo largo de su vida útil, evitando su deterioro prematuro para beneficio de los usuarios. Es en este contexto que el presente informe de suficiencia tiene como objetivo determinar las políticas de mantenimiento rutinario y periódico, en base a la evaluación de la rugosidad del tramo Km 74+000 -84+000 y al modelo de deterioro propuesto.

La conservación vial es un proceso integral que en lo económico tiene el objetivo de optimizar el uso del dinero y preservar el valor del patrimonio vial de la Nación que, en el caso del Perú, es particularmente importante en razón de los elevados costos de inversión para la construcción de carreteras que significa vencer la morfología mayoritariamente agreste del territorio nacional, frente a las limitaciones de recursos del país. La magnitud de demanda de carreteras en el país es muy grande y ante esta necesidad, surge el objetivo de promover y optimizar el uso de los recursos nacionales en inversiones viales, tanto de carreteras principales como las de menores características, buscando soluciones innovadoras de ingeniería que permitan contar con carreteras pavimentadas a un relativamente bajo costo de inversión. Es especialmente necesario impulsar las tareas de conservación vial, entendidas éstas como las obras de Conservación Rutinaria y Periódica necesarias a fin de evitar que el gran esfuerzo realizado en construir las carreteras se pierda, y se tenga que empezar de nuevo el proceso.

En nuestro país con una diversidad de clima y geomorfología, hay mucho por investigar procurando incorporar nuevas tecnologías de bajos costos de inversión que permitan que más cantidad de poblados cuenten con vías de acceso pavimentadas en buenas condiciones de conservación las cuales impulsen su desarrollo y crecimiento económico.

CAPÍTULO I: GENERALIDADES

1.1 Antecedentes

La carretera Cañete-Lunahuaná-Yauyos-Chupaca con código de clasificación 022, es una vía transversal de la red vial nacional ubicada entre los departamentos de Lima-Junín. Es una carretera de bajo volumen de tránsito, con un Índice Medio Anual menor a 300 vehículos por día, que integra las localidades de San Vicente de Cañete, Capillucas, Calachota, Magdalena, Tinco Huantan, Llapay, Alis, Tomas, Tinco Yauricocha, San José de Quero, Chachicocha, Collpa, Roncha y Chupaca. Además está proyectada como una vía alterna a la Carretera Central, para dirigirse al interior del país (Huancayo).

En el marco del convenio firmado entre La Universidad Nacional de Ingeniería (UNI), representada por la Facultad de Ingeniería Civil y el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC) representado por PROVIAS NACIONAL, mediante el presente curso de titulación se tiene como fin evaluar el comportamiento de la carretera con el propósito de implementar un manual o norma de diseño para pavimentos de bajo volumen de tránsito.

Es de suma importancia que nuestro país pueda contar con este manual, pues las vías con bajo volumen de tránsito que son las que más kilómetros tiene nuestro país, necesitan soluciones de ingeniería innovadoras y económicas que permita a nuestras poblaciones del interior del Perú contar con una infraestructura de transporte adecuada para poder desarrollarse. Al disponer de una gama de soluciones económicas para carreteras con bajo volumen de tránsito, el Estado puede llegar a satisfacer la demanda creciente de mayor cantidad de pobladores y de esta manera impulsar el crecimiento económico al interior del país.

Cuadro N° 1.01 Datos Generales del Contrato

Carretera	Cañete – Lunahuaná – Pacarán – Chupaca
Longitud Total del Tramo	281.73 Km.
Contrato de Servicios	N° 288-2007-MTC/20
Contratista-Conservador	Consorcio Gestión de Carreteras (ICCGSA, Corporación Mayo S.A.C., Empresa de Mantenimiento Vial La Marginal S.R.L.
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

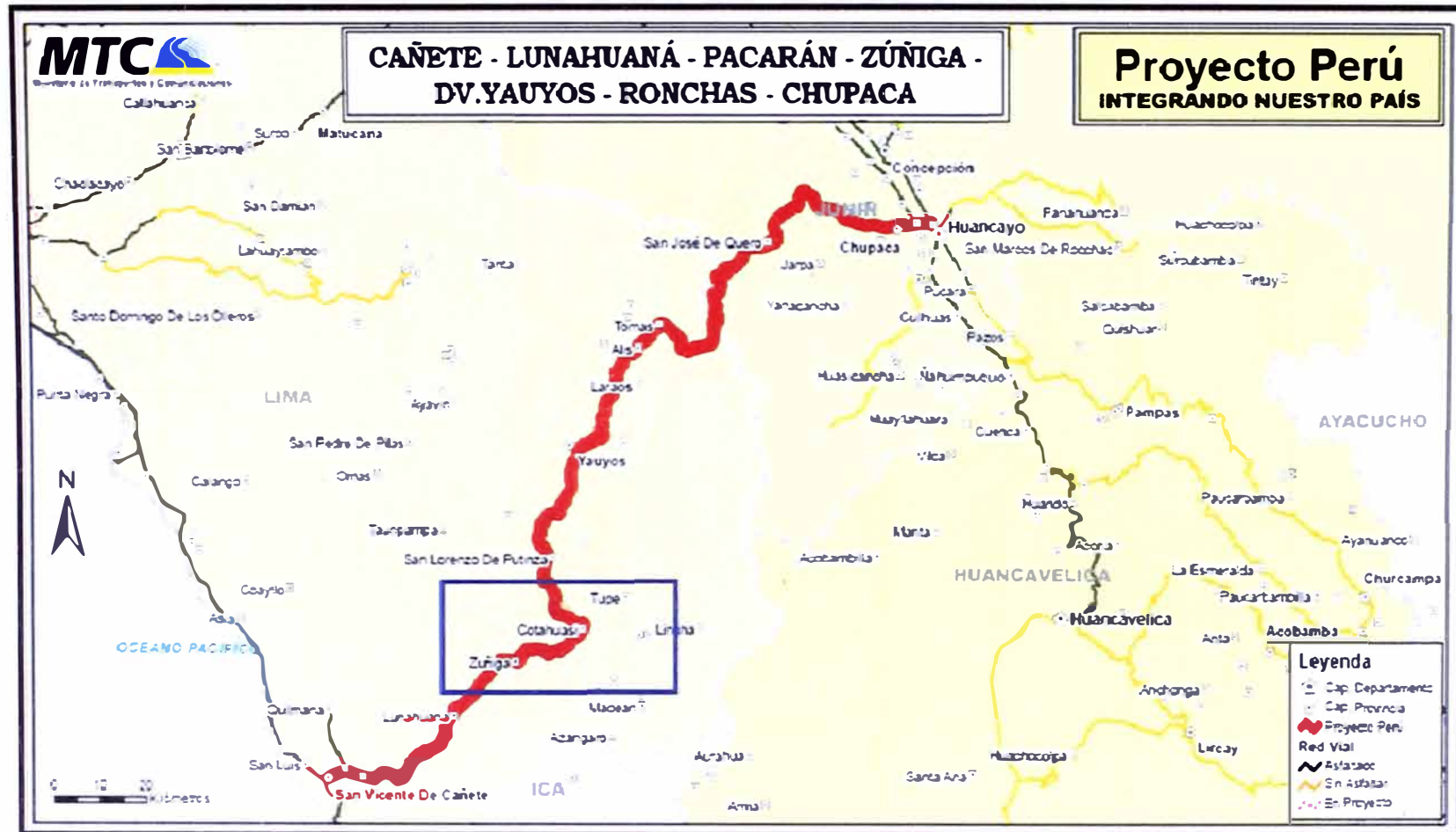
Fuente: Elaboración propia

1.2 Ubicación

Políticamente la cuenca del río Cañete forma parte de las provincias de Cañete y Yauyos, pertenecientes ambas al departamento de Lima. Geográficamente, se encuentra entre los paralelos 11°58'00" y 13°09'00" de latitud Sur y los Meridianos 75°31'00" y 76°31'00" de Longitud Oeste. La cuenca del río Cañete tiene una extensión aproximada de 6,192 Km².

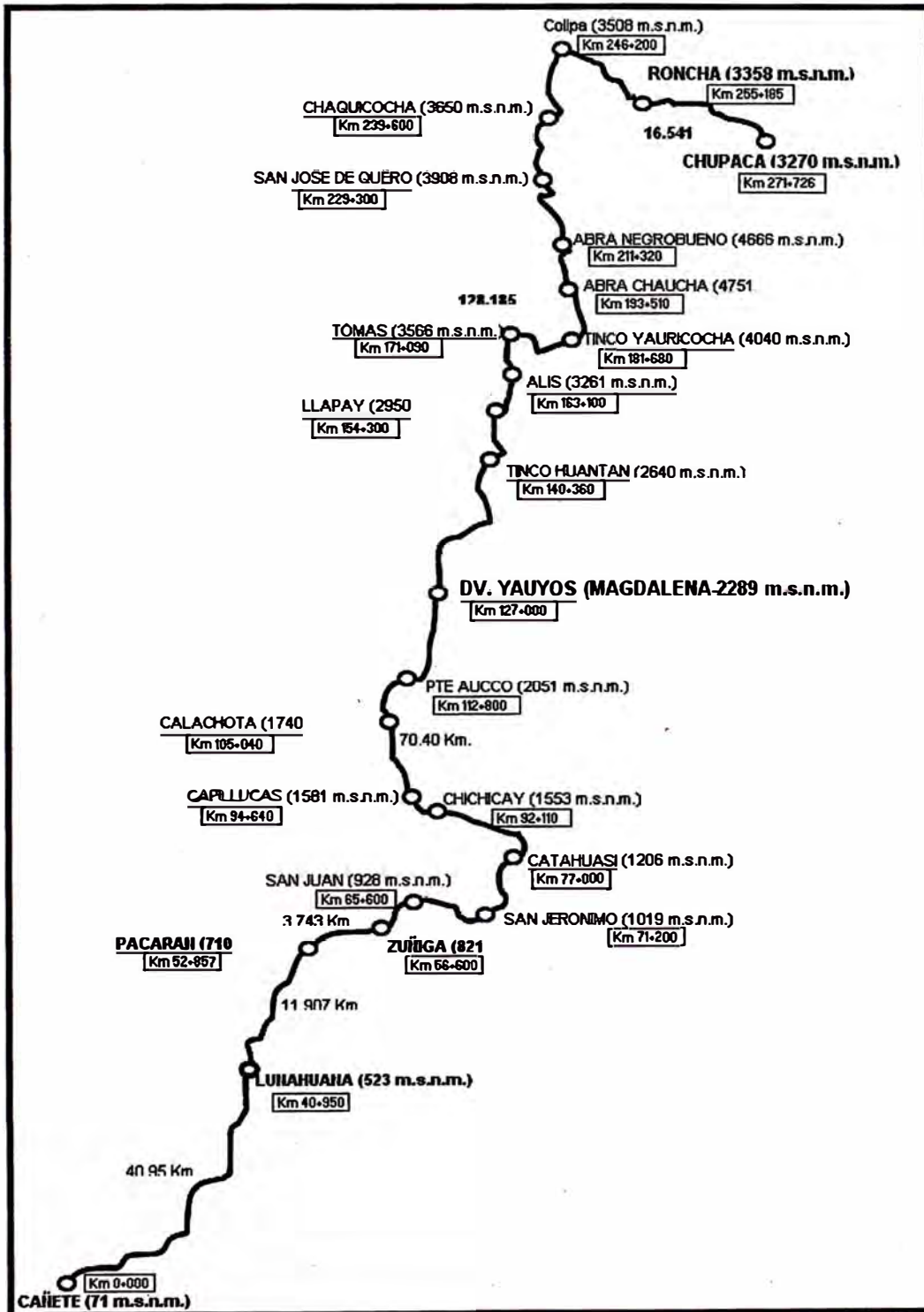
La Carretera Cañete-Yauyos-Chupaca se encuentra ubicada en la región central del país, abarcando los departamentos de Lima y Junín, tiene una longitud de 271.726 Km. considerado el inicio en el Km. 1+805 y el término en el Km. 273+531. Pasa por las principales zonas pobladas como: Lunahuaná (Km. 42+750), Pacarán (Km. 51+500), Zúñiga (Km. 58+500), San Juan (Km. 67+000), San Jerónimo (Km. 72+500), Catahuasi (Km. 78+100), Canchán (Km. 82+580), Capilluca (Km. 94+600), Calachota (Km. 104+920), Auco (Km. 112+500), Magdalena (Km. 125+690), Huantan (Km. 139+200), Llapay (Km. 152+880), Alis (Km. 161+200), Tomas (Km. 169+200), Planta Lechera (Km. 179+850), Capillayoc (Km. 193+400), San José de Quero (Km. 219+500), Chaquicocha (Km. 225+000), Chupaca (Km. 250+500), Pilcomayo (Km. 258+000).

Figura N° 1.01 Plano de Ubicación Carretera Cañete –Yauyos-Chupaca



Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones

Figura N° 1.02 Plano de Recorrido de la Carretera Cañete –Yauyos-Chupaca



Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones

1.3 Características de la Carretera

El valle de Cañete es estrecho y de forma triangular, siendo más amplio en el límite con la región Chala o Costa y el vértice por el lugar donde ingresa generalmente uno de los afluentes principales del río; en este sector se encuentran terrazas que son empleadas para el cultivo. 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° 1.02.

Cuadro N° 1.02 Localidades de la Region Yunga

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

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. Sus aguas provienen de las filtraciones de las lluvias o de remotas lagunas de las regiones superiores. Las localidades ubicadas en esta región se presentan en el cuadro siguiente.

Cuadro N° 1.03 Localidades de la Region Quechua

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

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, erosionando las rocas vivas, de modo que al recorrer esta región por el fondo de las quebradas, a orillas del río, el horizonte perceptible se cierra en circuitos pequeños que dan la sensación de un lugar amurallado. Las localidades que corresponden a esta región se presentan en el cuadro siguiente.

Cuadro N° 1.04 Localidades de la Region 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

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. Las localidades que corresponden a esta región se presentan en el cuadro siguiente.

Cuadro N° 1.05 Localidades de la Region 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

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Rugosidad

No hay una definición sencilla y estándar de la rugosidad pero podemos utilizar la que menciona la American Society of Testing and Materials (ASTM): E867 que dice: “Es la desviación de la superficie del pavimento respecto de una superficie plana verdadera con las dimensiones características que afectan la dinámica del vehículo y calidad de recorrido”.

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

2.1.1 Cálculo del Índice de Regularidad Internacional (IRI).

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

El primer paso del procedimiento para el cálculo del IRI, y el más importante de todos, consiste en medir las cotas o elevaciones de terreno que permiten representar el perfil real del camino. Esto significa que, el IRI es independiente de la técnica o equipo utilizado para obtener el perfil, y dependerá únicamente de la calidad del perfil longitudinal. Estos datos son sometidos a un primer filtro, en el cual se realiza un análisis estadístico (media móvil) y adecuaciones matemáticas, para poder generar un nuevo perfil que permite ser analizado desde el punto de vista de las irregularidades que se pudieran observar. Las razones para aplicar este primer filtro son las siguientes:

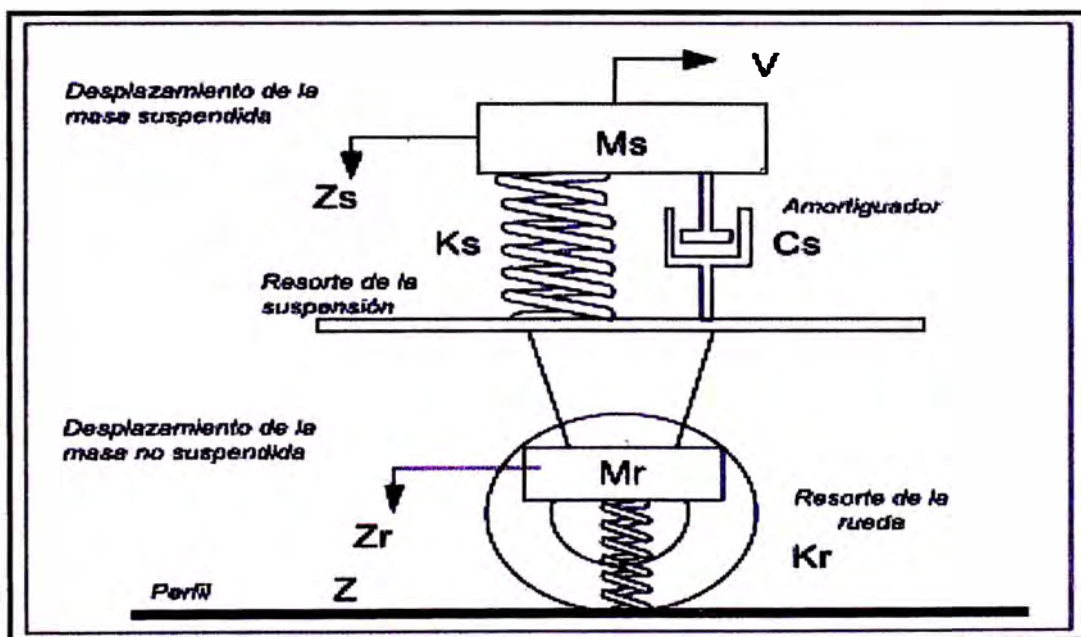
- a) Para simular el comportamiento entre las llantas de los vehículos y la carretera.
- b) Para reducir la sensibilidad del algoritmo del IRI al intervalo de muestreo.

Al nuevo perfil generado se le aplica un segundo filtro, el cual consiste en la aplicación de un modelo de cuarto de carro que se desplaza a una velocidad de 80 km/h.

A través de éste, se registran las características asociadas al camino basadas en los desplazamientos verticales inducidos a un vehículo estándar, el cual es modelado de forma simplificada como un conjunto de masas ligadas entre sí y con la superficie de la carretera, mediante resortes y amortiguadores.

El movimiento sobre el perfil de la carretera produce desplazamientos, velocidades y aceleraciones en las masas, que nos lleva a medir los movimientos verticales no deseados atribuibles a la irregularidad del camino. (Ver Figura 2.01)

Figura N°2.01 Modelo de Cuarto de Carro



Fuente: De Solminihac, H. Planificación y Gestión Vial. 2006

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

El modelo de cuarto de carro emplea los parámetros siguientes:

$$k_2 = \frac{k_s}{M_s} = 63.3 \quad k_1 = \frac{k_r}{M_r} = 65.3$$

$$c = \frac{c_s}{M_s} = 6 \quad \mu = \frac{M_r}{M_s} = 0.15$$

Donde:

k_s : constante del resorte de la suspensión

k_r : constante del resorte de la rueda

M_s : masa suspendida

M_r : masa no suspendida

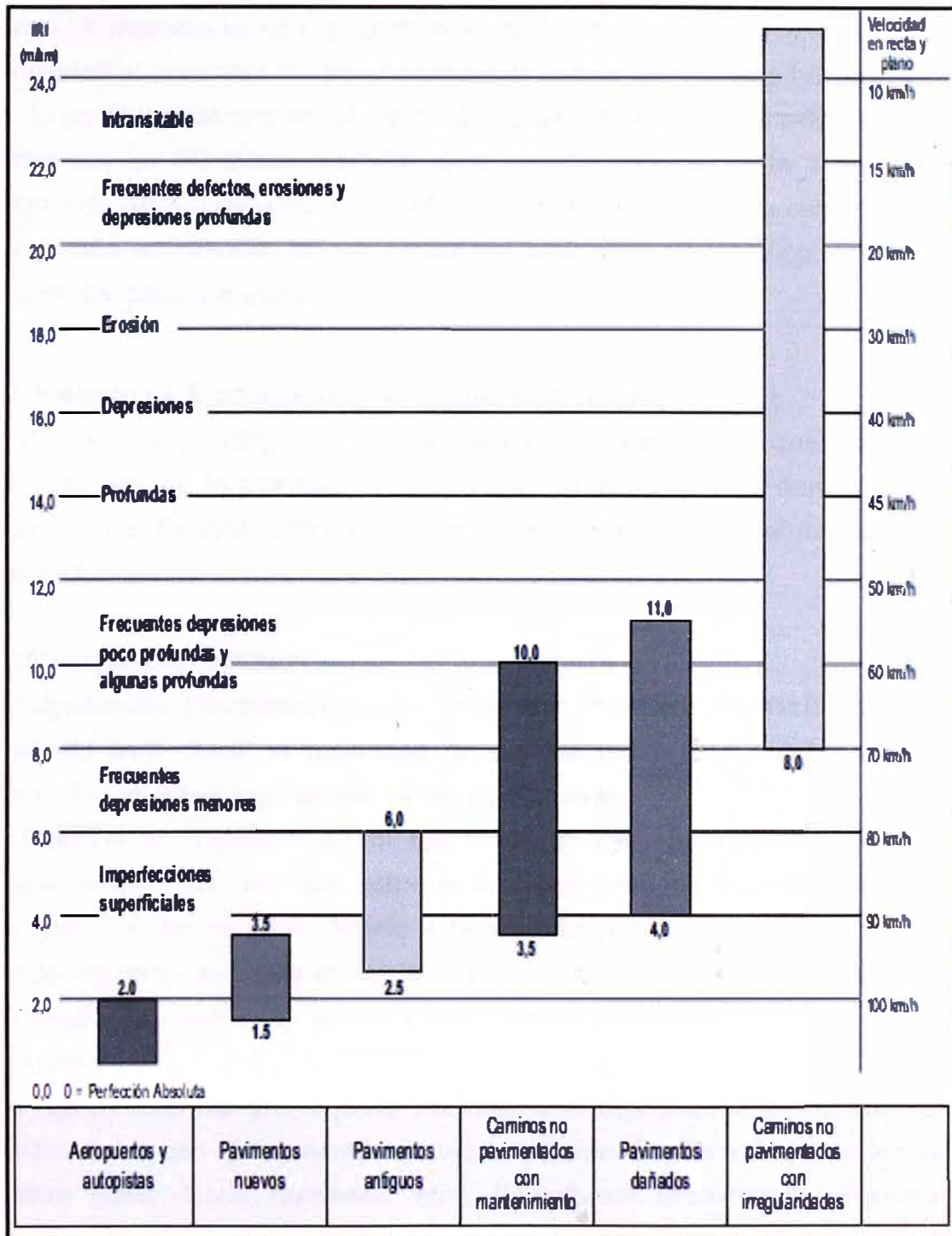
c_s : amortiguador

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

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

A partir del estudio realizado por el Banco Mundial, se propuso una escala de medición de la regularidad superficial para diferentes tipos de vías (ver Figura 2.02).

Figura N° 2.02 Escala de Rugosidad IRI (m/km)



Fuente: Ministerio de Transporte y Comunicaciones

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

2.2 Método de Evaluación de la Rugosidad con Equipo B. I.

El Equipo Bump Integrator es un Equipo Tipo Respuesta que sirve para la medición de la Rugosidad de las Vías, a continuación daremos algunos alcances del Equipo Utilizado en las mediciones que se han realizado en el presente informe.

2.2.1 Rugosímetro Electrónico Bump Integrator

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

El REBITU va instalado en el eje posterior transversal de un vehículo. El desplazamiento del vehículo sobre la carretera produce desplazamientos en el eje posterior del vehículo debido a la irregularidad la carpeta de rodadura, el equipo registra y acumula estos desplazamientos verticales, en la Figura N° 2.03 se detalla un esquema de cómo se deberá de instalar el equipo para su utilización.

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

Las especificaciones del equipo se muestran a continuación:

Especificaciones técnicas del adquiridor de datos.

Protocolo de comunicación: Serial

Indicadores luminosos: Alimentación, Cargador de batería.

Dimensiones: 12.5x15.9x7cm

Peso: 824gr

Alimentación: 12 VDC

Número de sensores: 1 sensor

Teclado 4x4

Display LCD 2x24

Especificaciones técnicas – Sensor de distancia.

Tipo de sensor: Mecánico – Encoder.

Precisión: 0.9mm

Rango de medida: 20cm

Velocidad Máxima de rotación: 300RPM

Alimentación: 5VDC

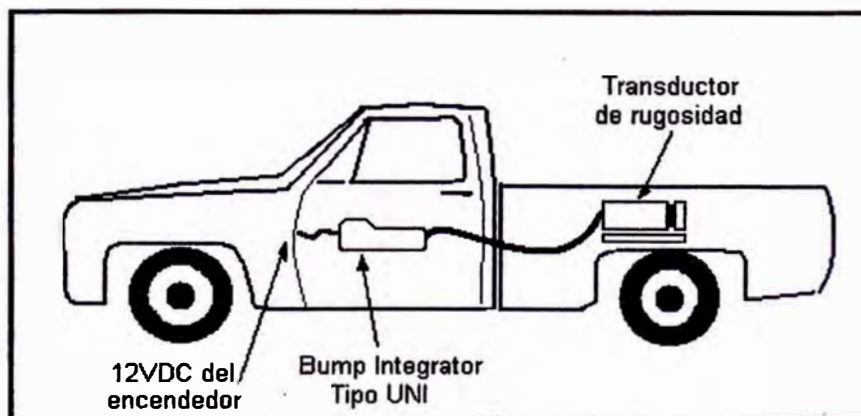
Salida: Tren de pulsos onda cuadrada

Dimensiones: 19.5x19.7x9.5cm

Peso: 2014 gr

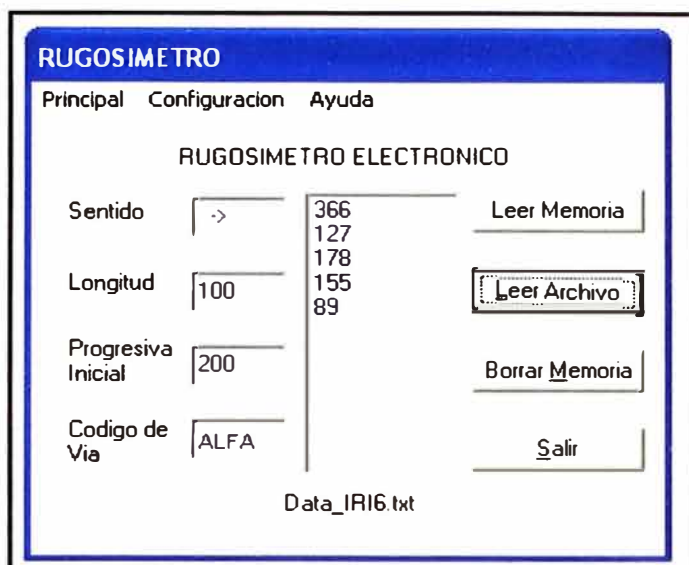
Rango de temperatura: -40 a 85 °C

Figura N° 2.03 Modelo de conexión del Rugosímetro electrónico



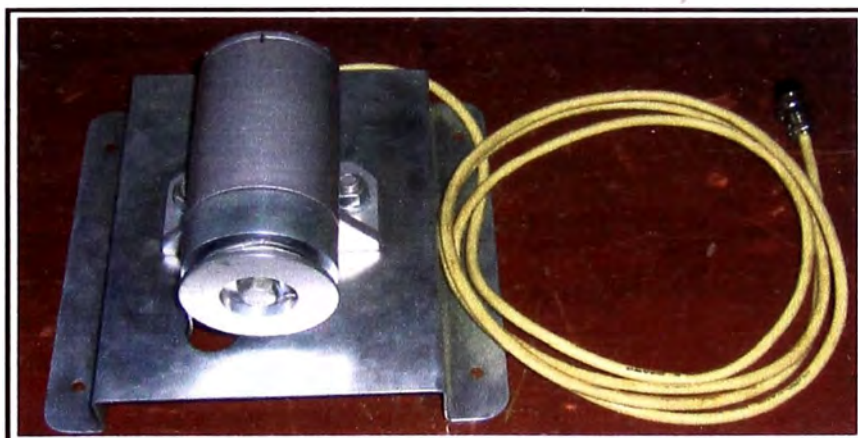
Fuente: Instituto de Investigación de la Facultad de Ingeniería Civil

Figura N° 2.04 Software de Comunicación



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

Figura N° 2.05 Unidad Bump Integrator



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

Figura N° 2.06 Unidad de Adquisición de Datos



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

2.3 APLICACIÓN DEL MÉTODO

A continuación mostraremos los valores de IRI obtenidos para el tramo km 74+000 – km 84+00. Para obtener los valores de IRI en función a los valores BI, primero se tuvo que calcular la ecuación de calibración, para ello se tomaron como datos de entrada los valores de IRI obtenidos con el equipo Merlin. A continuación se muestra los valores de BI y del IRI mediante los cuales se obtendrá la ecuación de calibración.

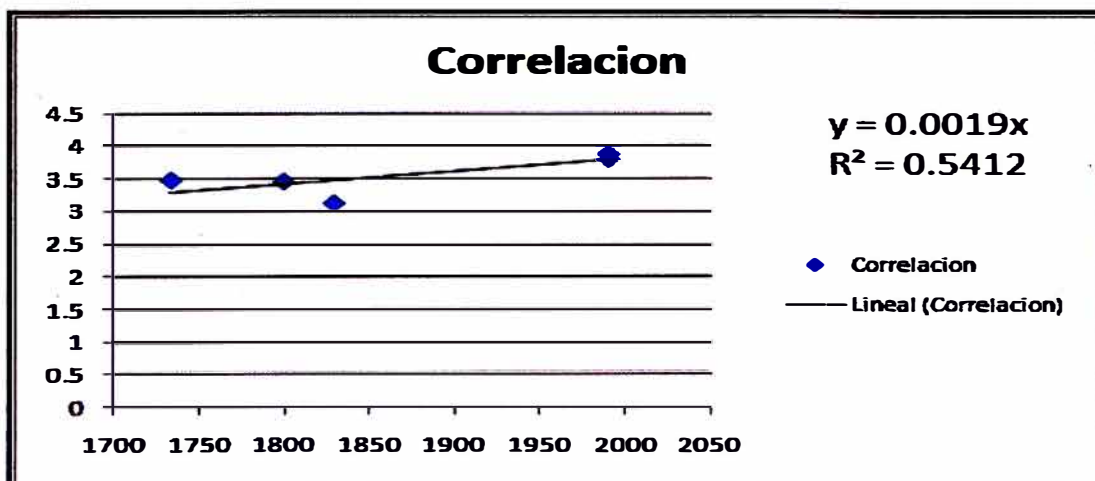
Cuadro N° 2.01 Valores BI e IRI (Equipo Merlin)

TRAMO	BI prom	IRI prom
77+200-77+600	1829	3.13
79+400-79+800	1733	3.48
77+600-78+000	1799	3.46
79+800-80+200	1991	3.8
80+600-81+000	1991	3.88

Fuente: Informe de Suficiencia UNI-FIC 2011
Evaluación de la Rugosidad con Equipo Bump Integrator Carretera Cañete- Chupaca
Metodología de Discriminación de datos

Para obtener la ecuación de calibración del equipo Bump Integrator, lo que se hace es graficar los datos BI e IRI obtenidos con el equipo Merlin, una vez obtenida esta grafica lo que se hace es calcular una ecuación de correlación que represente el comportamiento del IRI y el BI. La finalidad de esta ecuación de correlación es que para cada valor de BI se pueda obtener un valor de IRI. A continuación se muestran los valores de BI y de IRI obtenido con el equipo Merlin.

Figura N° 2.07 Grafica de BI VS IRI (Equipo Merlin)



Fuente: Informe de Suficiencia UNI-FIC 2011
Evaluación de la Rugosidad con Equipo Bump Integrator Carretera Cañete- Chupaca
Metodología de Discriminación de datos

En base a la grafica mostrada anteriormente se calculó la ecuación de correlación, siendo esta la siguiente:

$$y = 0.0019x$$

Sobre la base de la ecuación de correlación se calcula los valores del IRI en función a los valores BI, estos valores son mostrados en el siguiente cuadro

Cuadro N° 2.02 Valores de IRI según ecuación de correlación

TRAMO	IRI 2010	Intervalo de confianza 95 % de confiabilidad	
74-75	3.55	3.39	3.71
75-76	3.19	3.02	3.36
76-77	3.22	3.12	3.32
77-78	3.39	3.25	3.54
78-79	3.06	2.91	3.21
79-80	3.37	3.15	3.59
80-81	3.28	3.01	3.55
81-82	3.58	3.49	3.67
82-83	3.41	3.14	3.68
83-84	3.57	3.37	3.76

Fuente: Informe de Suficiencia UNI-FIC 2011
Evaluación de la Rugosidad con Equipo Bump Integrator Carretera Cañete- Chupaca
Metodología de Discriminación de datos

2.3.1 Homogenización de Tramos.

La homogenización de tramos es un proceso estadístico que consiste en realizar una serie de hipótesis con el fin de identificar que tramos tienen las mismas características, en este caso la variable a evaluar corresponde al IRI, en consecuencia los tramos que posean IRI similar serán homogéneos. La homogenización es importante pues gracias a ellas podemos agrupar por tramos al pavimento de acuerdo a los valores de IRI que posea y de esa manera se puede aplicar las mismas políticas de mantenimiento a los tramos homogéneos. En el cuadro siguiente se muestran los tramos homogéneos para el tramo evaluado km 74+000 – km 84+000.

Cuadro N° 2.03 Homogenización de tramos

Km vs Km	Homogenización de Tramos									
	74-75	75-76	76-77	77-78	78-79	79-80	80-81	81-82	82-83	83-84
74-75	Si	No	No	Si	No	Si	Si	Si	Si	Si
75-76	No	Si	Si	Si	Si	No	Si	No	Si	No
76-77	No	No	Si	Si	Si	Si	Si	No	Si	No
77-78	No	No	No	Si	Si	Si	Si	No	Si	Si
78-79	No	No	No	No	Si	No	Si	No	No	No
79-80	No	No	No	No	No	Si	Si	No	Si	Si
80-81	No	No	No	No	No	No	Si	No	Si	Si
81-82	No	No	No	No	No	No	No	Si	Si	Si
82-83	No	No	No	No	No	No	No	No	Si	Si
83-84	No	No	No	No	No	No	No	No	No	Si

Fuente: Informe de Suficiencia UNI-FIC 2011
 Evaluación de la Rugosidad con Equipo Bump Integrator Carretera Cañete- Chupaca
 Metodología de Discriminación de datos

CAPÍTULO III

CONSERVACIÓN DE CARRETERAS DE BAJO VOLUMEN DE TRÁNSITO

3.1 Introducción

La conservación vial es una parte muy importante de la gestión vial pública destinada a lograr que el Estado, en sus diversos niveles de gobierno, logre proteger las carreteras a lo largo de su vida útil, evitando su deterioro prematuro para beneficio de la comunidad nacional. La conservación vial es un proceso integral que en lo económico tiene el objetivo de optimizar el uso del dinero y preservar el valor del patrimonio vial de la Nación que, en el caso del Perú, es particularmente importante en razón de los elevados costos de inversión para la construcción de carreteras que significa vencer la morfología mayoritariamente agreste del territorio nacional, frente a las limitaciones de recursos del país. La magnitud de demanda de carreteras en el país es muy grande y ante esta necesidad, surge el objetivo de promover y optimizar el uso de los recursos nacionales en inversiones viales, tanto de carreteras principales como los de menores características. Es especialmente necesario impulsar las tareas de conservación vial, entendidas éstas como las obras de Conservación Rutinaria y Periódica necesarias a fin de evitar que el gran esfuerzo realizado en construir las carreteras se pierda, y se tenga que empezar de nuevo el proceso. La conservación vial involucra muchas actividades, una de las más importantes es capacitar técnicamente a quienes tienen la tarea de hacerlo y organizar su esfuerzo. Naturalmente se trata de una tarea permanente. La otra gran tarea es la ejecución misma de las obras de conservación, que deberán realizarse correcta y oportunamente, para lo que se requiere un presupuesto necesario y oportuno que evite el deterioro de las carreteras.

Para alcanzar estos objetivos es fundamental contar con manuales técnicos especializados que extiendan hacia la población, sus autoridades y sus técnicos, el conocimiento mínimo necesario, en este caso, para conservación de carreteras de bajo volumen de tránsito. Durante muchos años se han venido elaborando normas de conservación vial, en sucesivas oportunidades. Desde el antiguo Ministerio de Fomento y Obras Públicas, como en el actual Ministerio de Transportes y Comunicaciones se han generado proyectos de normas

importantes pero, en términos generales, resultaron esfuerzos efímeros que finalmente tuvieron, pese a los esfuerzos realizados, poco respaldo para su implantación permanente, situación que reafirma la convicción que se tiene, en general, que en el Perú no existe la cultura de la conservación. Es, por ello, muy importante que se promueva la investigación para generar nuevas tecnologías las cuales resuelvan parte del gran problema que tiene el país al no contar con los recursos suficientes para construir vías en los distintos pueblos del interior del país.

3.1.1 Políticas de Manteniendo Adoptadas por el Estado Peruano.

El Estado Peruano con el fin de garantizar la permanente transitabilidad, seguridad, la economía y comodidad en la circulación vial adopta las siguientes políticas de mantenimiento.

- Fortalecimiento de los sistemas para la determinación de prioridades, para atender planificadamente y no por demanda social.
- Promover la investigación de nuevas tecnologías aplicadas a pavimentos para diferentes clases de caminos y niveles de intervención.
- Asignación de mayores recursos presupuestales permanentes en los presupuestos anuales de los diferentes niveles de gobierno, para garantizar un mantenimiento continuo.
- Desarrollo de una cultura del mantenimiento vial.
- Mejor articulación entre los programas de trabajo del Gobierno Nacional con los programas de Gobiernos Regionales y Locales.
- Avance en las concesiones.
- La contratación con terceros tiene mayor impacto, genera empleo local, dinamiza la economía local y regional, desarrolla empresarios locales.
- Contratación con terceros para los trabajos de mantenimiento rutinario.

Con el propósito de desarrollar la política de mantenimiento vial establecida por el Estado Peruano se definen los siguientes objetivos de mantenimiento con el fin de asegurar la calidad del servicio vial:

- Preservar las inversiones efectuadas en la construcción, el mejoramiento, la rehabilitación y el mantenimiento periódico de los caminos.
- Garantizar la transitabilidad permanentemente para que los usuarios puedan circular diariamente por las vías; es decir, que las interrupciones para su movilización sean mínimas durante el año.
- Proporcionar comodidad, seguridad y economía en la circulación de los vehículos que utilizan los caminos.
- Hacer un uso eficiente y eficaz de los limitados recursos destinados al mantenimiento vial.
- Atender las demandas de los usuarios viales y demás partes interesadas.
- Promover una mayor movilización de bienes y de personas en el país.
- Mejorar continuamente los instrumentos y las técnicas de mantenimiento vial.

Sobre la base de las políticas de mantenimiento establecidas por el estado peruano y los objetivos de estas es que a continuación se profundizarán los conceptos relacionados con la conservación vial, en especial para el tramo km 74+000 – km 84+000 de la carretera Cañete – Chupara.

3.2 Naturaleza de la Conservación Vial.

Desde la etapa de preinversión, se incorpora en las evaluaciones técnico-económicas el aspecto de la conservación pues es parte del costo final de la vía. El proyecto vial, entonces, considera desde el comienzo los factores que condicionan el comportamiento de los componentes de la infraestructura vial a lo largo de su vida útil de operación.

En lo que concierne a los estudios de preinversión, el objetivo concretamente es determinar las características técnicas que deberá tener la carretera para satisfacer, en términos técnico-económicos, la demanda durante el periodo de vida útil de la vía, bajo las condiciones prevalecientes y proyectadas previsiblemente, de las características de esa demanda de usuarios.

En nuestro medio, es de suma importancia conocer bajo que condiciones estará sometida nuestra vía para poder conservarla durante su tiempo de vida útil, pues ésta estará por lo general sometida a condiciones agrestes del territorio,

condiciones inclementes del ambiente natural y por otro lado a la acción humana que en el caso del Perú, al no contar con una cultura de conservación, por lo general influirá negativamente durante el tiempo de vida útil de la vía.

A continuación se describen los factores que influyen sobre la vida útil de la carretera.

3.2.1 Acción del Medio Sobre la Carretera.

La acción del medio sobre la carretera tiene varias manifestaciones que los ingenieros deberán tomar en consideración permanentemente, ya que contribuye en gran proporción a ser la causa de los deterioros que sufrirá la carretera. Ellos deben ser identificados, tipificados y estudiados detenidamente, a fin de prever su acción, sea para tratar de evitarlos o mitigarlos, o una vez producidos los hechos, corregirlos y preverlos para el futuro, según se describe a continuación.

a) Características del Territorio

La fisiografía, la geología, la orografía, etc. y la existencia o no de bancos o canteras de materiales o de recursos acuíferos para los proyectos en el territorio, son factores que imponen condiciones a las características del proyecto, debido a que afectan los costos de inversión, de conservación y de operación, tanto de los usuarios como de la propia gestión vial.

b) Clima

El clima tiene una enorme importancia debido a que puede significar altas o muy bajas temperaturas y variaciones estacionales o en cortos periodos. También la magnitud de las precipitaciones de lluvias o la falta de ellas, tienen impactos distintos sobre los requerimientos de los proyectos. Las lluvias en conjunto con las características del territorio, (sea éste llano, ondulado o accidentado) y los suelos, generan la presencia de cursos de aguas, pequeños o grandes, permanentes o esporádicos, tranquilos o torrentosos, etc., que producen una gran variedad de circunstancias que, a su vez, significan impactos sobre las carreteras y la estabilidad, tanto de los terraplenes como de la capa de rodadura.

3.2.2 Características del Tránsito

El tránsito de vehículos sobre la carretera es el otro gran factor que impacta sobre la estructura de la carretera y, en especial, sobre su capa o estructura de rodadura.

Aspectos como el número de vehículos que usarán la carretera, sus características físicas y operativas, su peso bruto y sus pesos por ejes, incluso la presión usada en sus neumáticos, tienen enorme significado sobre el tipo de superficie de rodadura y otras estructuras que deberá tener la carretera y sobre las capacidades, única o variable a lo largo de su periodo de vida que será necesaria para la estructura de la superficie de rodadura, según resulte de las investigaciones y del análisis que deberá realizarse en las oportunidades que sea también necesario.

3.2.3 Niveles de Servicio

Los niveles de servicio establecen las condiciones en que deben conservarse las carreteras, en este sentido los niveles de servicio deben estar referidos a conceptos de transitabilidad garantizada la mayor parte del tiempo, seguridad y comodidad operativa medida en términos de rugosidad de la carretera. A continuación describimos cada uno de estos conceptos.

a) Transitabilidad

En el Perú este concepto define una situación de disponibilidad de uso, en otras palabras quiere decir que una carretera específica esta disponible para su uso, es decir no ha sido cerrada al tránsito público por causas de emergencias viales que hubieran cortado el recorrido. Entre las emergencias viales que suelen ocurrir podemos mencionar los deslizamientos de materiales, desprendimientos de rocas, erosiones causadas por los ríos, caída de puentes, etc.

Figura N° 3.01 Vía Libre de Obstáculos



Fuente: Elaboración Propia

b) Seguridad

El problema de la falta de seguridad en la conducción de vehículos en las carreteras del país es muy grave. Estudios internacionales muestran que en el Perú lamentablemente se tienen más de 10 muertes por cada 100 millones de veh-km/año. Esta cifra es alarmante por ello es importante tomar conciencia acerca de la seguridad vial. La señalización es muy importante a lo largo de toda la vía pues es una medida de control que permite alertar al conductor de los peligros a los que se expone, a continuación se muestra algunas figuras relacionadas con la señalización vial.

Figura N° 3.02 Señales Reguladoras



Fuente: Elaboración Propia

Figura N° 3.03 Señales Preventivas

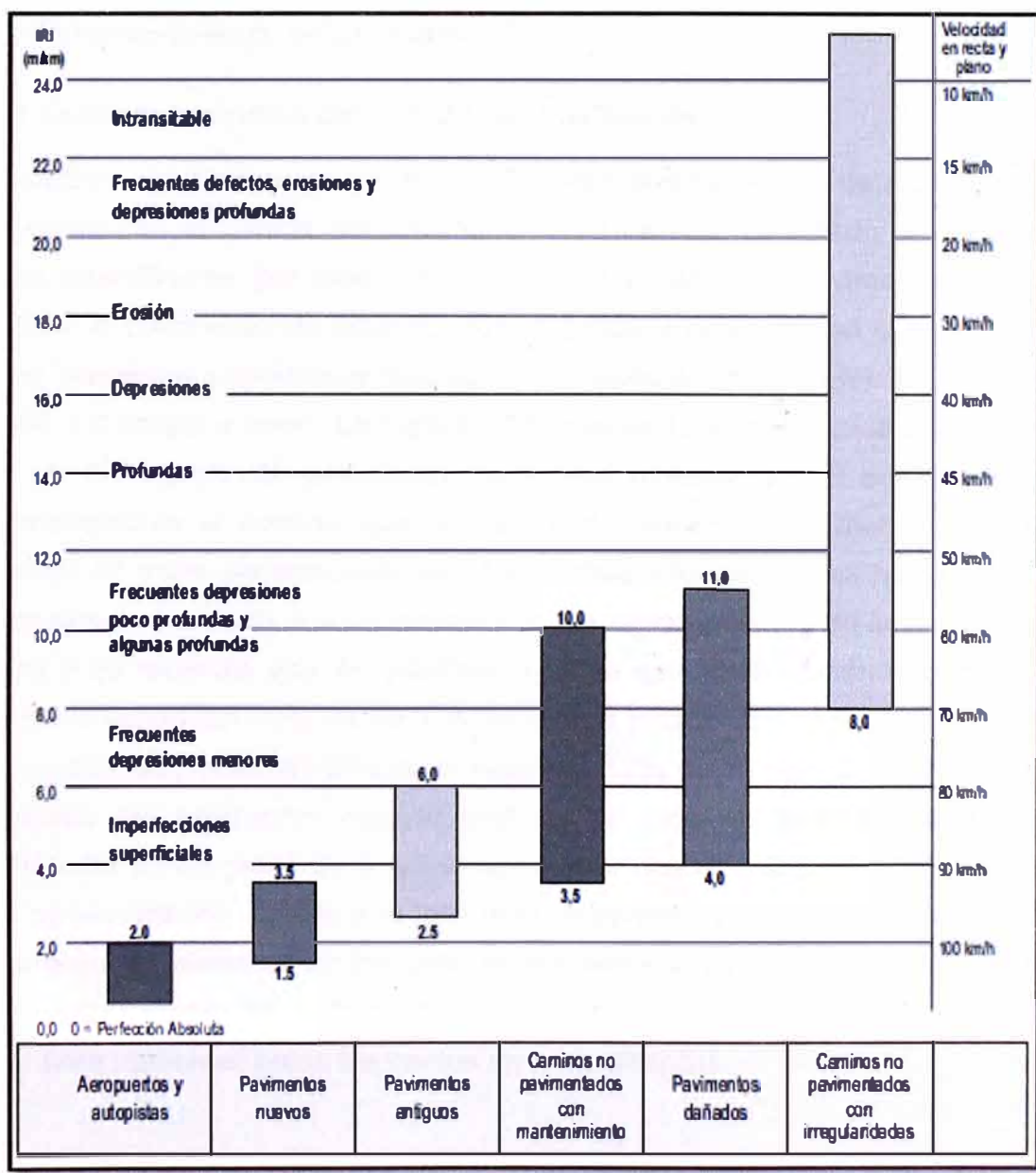


Fuente: Elaboración Propia

c) Comodidad en la Conducción.

Desde el punto de vista de la Ingeniería Vial resulta muy importante porque indica la apreciación de carácter operativo – económico que responde a la tecnología desarrollada por el Banco Mundial, sistematizada por el modelo de evaluación económica HDM de uso universal para el estudio de los proyectos y la gestión vial. En este contexto, la comodidad es medida en términos del Índice Internacional de Rugosidad o IRI.

Figura N° 3.04 Escala de Rugosidad IRI (m/km)



Fuente: Ministerio de Transporte y Comunicaciones

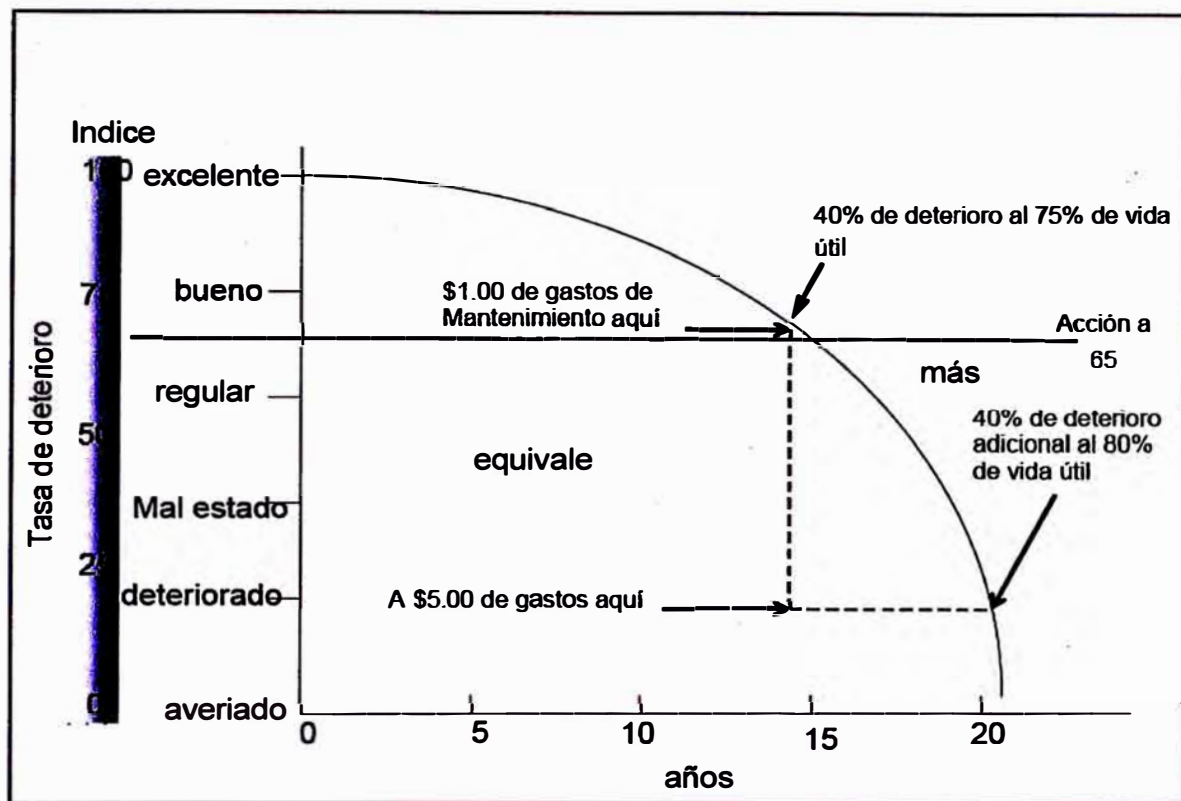
3.3 Modelo de Deterioro

Predice el deterioro de la carretera y cuantifica los costos de los trabajos de mantenimiento, en términos de la condición del pavimento existente, estándares de mantenimiento, cargas de tráfico y condiciones ambientales. Este modelo es la clave para analizar los efectos de diseño y políticas de mantenimiento para las condiciones de la carretera conjuntamente con el costo de operación vehicular como un componente del costo total. El modelo predice cada año el deterioro de la superficie a causa del tráfico, clima; calcula las cantidades que cubren el trabajo de mantenimiento y aplica los costos unitarios para determinar el costo total de mantenimiento en cada año.

3.3.1 Deterioro e Índice del Estado del Pavimento (IEP)

El deterioro del pavimento se debe a factores ambientales y de aforo vehicular que empeoran el estado del pavimento y su calidad. El estado del pavimento puede cuantificarse por medio del Índice del Estado del Pavimento (IEP) que clasifica al pavimento de acuerdo con el grado y la severidad de los tipos de daños presentes (agrietamientos, surcos, desplazamientos, etc). El IEP fluctúa de 100 a 0 (mejor a peor). La Figura 3.05 muestra una curva típica del ciclo de la vida útil del estado del pavimento. La gráfica muestra que el estado empeora aceleradamente a medida que el pavimento envejece. El motivo es que el deterioro se inicia generalmente en la superficie y luego avanza hacia las capas subyacentes a medida que se desarrollan los agrietamientos en la superficie. La Figura 3.05 muestra que un pavimento típico sin rehabilitación experimentará una disminución del 40% de su IEP durante el primer 75% de su vida útil y una disminución adicional del 40% en el siguiente 12% de su vida útil. Para restaurar el estado del pavimento casi al final de su vida útil tendrá que incurrirse típicamente en un gasto de 4 a 5 veces mayor que el que se tendría durante el 75% de su vida útil, debido a la falla más completa que se experimenta. Uno de los principales objetivos de los SMP es mantener el estado del pavimento en el rango superior del IEP (60-90) limitando la degradación estructural de la sub-base, para mantener bajos los costos de rehabilitación.

Figura N° 3.05 Curva de Deterioro del Pavimento



Fuente: Informe de Suficiencia UNI-FIC 2011
Evaluación de la Rugosidad con Equipo Bump Integrator Carretera Cañete- Chupaca
Modelo de Deterioro

3.3.2 Aplicación de la Curva de Deterioro en el Tramo Km. 74+000 al Km. 84+000.

Es de suma importancia clasificar a los pavimentos con soluciones básicas como es el caso del pavimento con tratamiento superficial Slurry, con el fin de saber en que momento se debe intervenir el pavimento con las actividades correspondientes al mantenimiento periódico. Para ello es necesario saber los valores de IRI inicial (3.0-3.5) y final que toma este tipo de pavimentos. En base al estudio realizado por el Banco Mundial en el cual se tiene una escala de regularidades para diferentes tipos de pavimentos se propone los valores para los pavimentos con tratamiento superficial Slurry, cabe mencionar que los valores obtenidos deben ser validados y para ello es necesario hacer mediciones periódicamente de la regularidad del pavimento con el fin de conocer bien su

comportamiento. En el siguiente cuadro se muestra la clasificación de un pavimento con tratamiento superficial Slurry.

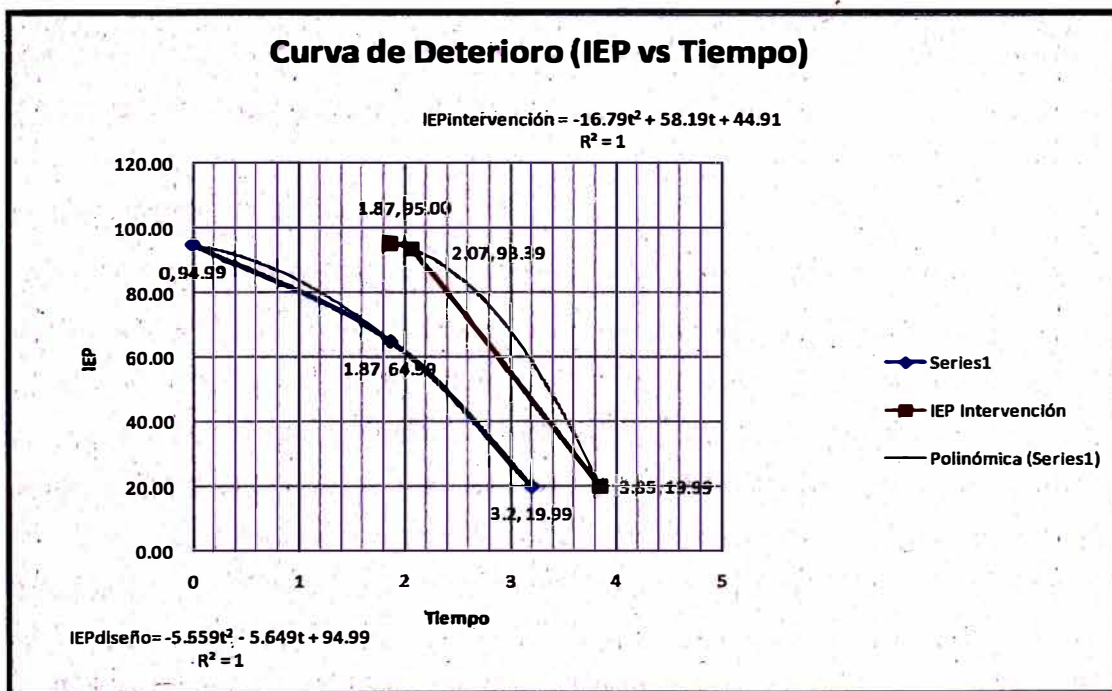
Cuadro N 3.01 Valores de IRI para pavimento con tratamiento superficial

ESTADO	VALORES DE IRI RESPECTO A TIPO DE VIAS					
	Pavimento nuevo	Pavimento viejo	Sin pavimentar c/mantenimiento	Pavimento dañado	Sin pavimentar c/irregularidad	Pavimento tratamiento superficial
Muy Bueno	1.50	2.50	3.50	4.00	8.00	3.00
Muy Bueno-Buena	1.90	3.20	4.80	5.40	10.40	4.00
Buena-Regular	2.30	3.90	6.10	6.80	12.80	5.00
Regular - Mala	2.70	4.60	7.40	8.20	15.20	6.00
Mala - Muy Mala	3.10	5.30	8.70	9.60	17.60	7.00
Muy Mala	3.50	6.00	10.00	11.00	20.00	8.00

Fuente: Informe de Suficiencia UNI-FIC 2011
Evaluación de la Rugosidad con Equipo Bump Integrator Carretera Cañete- Chupaca
Modelo de Deterioro

A continuación se muestra el modelo de deterioro obtenido para el tramo evaluado.

Figura N° 3.06 Curva de Deterioro del Pavimento Evaluado



Fuente: Informe de Suficiencia UNI-FIC 2011
Evaluación de la Rugosidad con Equipo Bump Integrator Carretera Cañete- Chupaca
Modelo de Deterioro

3.4 Conservación Vial

Es el conjunto de actividades que se realizan, de forma continua y sostenida, periódica o permanente, para mantener en buen estado las condiciones físicas de los diferentes elementos que constituyen la vía y, de esta manera, garantizar que el transporte terrestre sea cómodo, seguro y económico. Comprende la conservación vial rutinaria, la conservación vial periódica, la gestión socio ambiental, la prevención y atención de emergencias y, la atención al usuario.

3.4.1 Conservación Vial Según Modelo de Deterioro Obtenido

Antes de abordar la conservación vial del tramo evaluado en base al modelo de deterioro calculado, la visita a campo efectuada y las buenas prácticas ingenieriles aplicadas en la conservación de carreteras, se considera pertinente primero hablar de la conservación vial en el medio, por ello a continuación se explica como es tomada la conservación en el Perú y de los intentos por cambiar el pensamiento de que la conservación o mantenimiento vial es considerado presupuestariamente como un gasto. Además se demuestra según investigaciones que adoptar la conservación vial es bueno, pues en el tiempo es mucho más beneficioso económicamente hablando que si no es considerada dentro de la gestión vial. Según lo mencionado a continuación se describe algunos aspectos de la conservación vial.

a) El Concepto Tradicional

Actualmente se reconoce a nivel internacional que la conservación vial, también llamada mantenimiento vial, se realiza en forma limitada. Esto se explica porque la práctica tradicional predominante para atender la infraestructura vial, especialmente en los países en desarrollo, dispone de limitados recursos presupuestarios los cuales se destinan prioritariamente para la ejecución de obras de construcción nueva, de mejoramientos, rehabilitaciones o reconstrucciones, y lo que se destina normalmente para el mantenimiento vial es insuficiente y sólo alcanza para hacer ciertas reparaciones puntuales de mayor urgencia. En general, los recursos son deficitarios frente a las necesidades viales y los correspondientes al mantenimiento vial son, usualmente muy escasos por diversas causas, como las que se mencionan a continuación:

- a) A nivel directivo de toma de decisiones no se ha reconocido la importancia de la conservación vial
- b) La actividad de conservación o de mantenimiento vial se considera presupuestariamente como un gasto y, en general, se contrapone a las políticas gubernamentales que se enfocan a disminuir el gasto público.
- c) Se piensa que basta con hacer reparación de los elementos que se dañen y que perjudiquen notoriamente la circulación vial. En este sentido, se piensa que las carreteras en buen estado no requieren de conservación.

La mencionada práctica ha generado un “ciclo vial perverso” caracterizado con el siguiente proceso:

Figura N°3.07 Ciclo Vial Tradicional



Fuente: Elaboración Propia

El proceso mostrado produce un fuerte impacto negativo por los grandes costos económicos y los graves perjuicios sociales.

En términos generales, el mantenimiento vial se realiza con carácter reactivo, es decir, se interviene la carretera para reparar los elementos de la vía que han sufrido algún deterioro y que, por lo mismo están afectando la circulación vial normal. En este orden conceptual, mantener significa reparar lo dañado y los programas de mantenimiento vial están orientados a la ejecución de obras puntuales de rehabilitación y a las actividades para recuperar la funcionalidad de ciertos elementos, como es el caso de la limpieza de las obras de drenaje colmatadas, el arreglo de alcantarillas y muros, la reparación de puentes y el bacheo, entre otras.

b) Cambio Conceptual para Lograr una Efectiva Conservación Vial

Desde el punto de vista técnico-económico, lo que se busca es generar una cultura que dé prioridad a la prevención, es decir, realizar intervenciones viales rutinarias con el propósito de evitar que se produzca su deterioro prematuro y efectuar intervenciones periódicas para recuperar las condiciones viales afectadas por el uso de las vías. Esto significa en la práctica actuar permanentemente para mantener siempre limpias las obras de drenaje, sellar las fisuras cuando aparezcan, limpiar los cauces para conservar la capacidad hidráulica de las obras, estabilizar y proteger los taludes, reponer periódicamente los afirmados y colocar refuerzos en las capas asfálticas, entre otras.

Lo anterior implica un cambio en la cultura organizacional de las entidades viales. Es un cambio del concepto tradicional de trabajo, de actuar para reparar lo dañado por el concepto de actuar para evitar que se dañe. En otras palabras, se trata de ir modificando paulatinamente el quehacer institucional en el que prevalecen las acciones correctivas por el que prevalezcan las acciones preventivas, tal como se ilustra en el esquema siguiente.

Figura N° 3.08 Pensamiento Tradicional de la Conservación Vial



Fuente: Elaboración Propia

c) Conservación de Todos los Elementos de la Carretera.

Desde el principio, se debe tener claro que la conservación debe incluir la carretera propiamente dicha y su entorno. En otras palabras, la calzada y los demás elementos como son las bermas, las obras de drenaje, y todo el equipamiento para la adecuada operación de la vía.

La calzada tiene como función principal que la movilización de vehículos sea fluida, cómoda, económica y segura, para ello debe mantenerse en buen estado. Los principales factores que influyen en el comportamiento de la calzada son las cargas de tránsito, especialmente las de mayor peso, la acción del clima manifestadas mediante la temperatura y las lluvias. Para mantener la calzada en buen estado es importante controlar estos factores para que así la vía entregue comodidad, economía y seguridad.

Los demás elementos (bermas, obras de drenaje, taludes, etc.) si bien tienen funciones relacionadas con la comodidad y la seguridad de los usuarios, su función principal, en cuanto a la preservación de la vía, es limitar los efectos del clima sobre la calzada, especialmente los relacionados con el agua. Los efectos del agua son los que ocasionan los mayores impactos pues, cuando se producen, deterioran aceleradamente la infraestructura de la carretera.

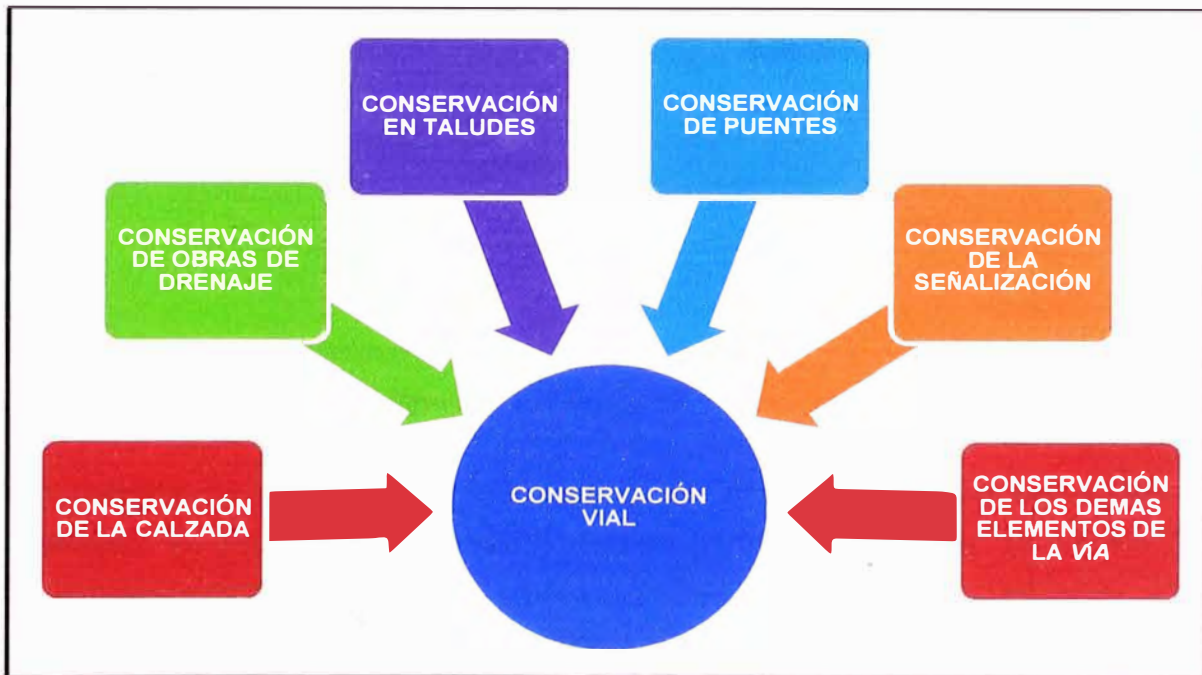
Es importante tener presente que los agentes climáticos como la lluvia y la temperatura son responsables por un 30% a 45% del deterioro de una vía asfaltada en el rango climático de árido a húmedo. El tránsito vehicular y en especial el tránsito de vehículos pesados, es responsable del resto del deterioro. Lo anterior explica por qué es difícil mantener carreteras en buen estado, cuando fueron construidas, desde el principio, con sistemas de drenaje insuficientes o deficientes.

Se debe tener presente que el mejor comportamiento de las vías se logra si en el diseño y en la construcción se conciben las obras atendiendo rigurosamente la interdependencia entre la calzada y los demás elementos, y si en la operación, los planes y programas de conservación atienden, de manera integral y estricta, todos los elementos de la carretera (calzada, bermas, sistemas de drenaje, taludes, obras de contención, puentes, terreno natural, vegetación, etc.)

Por último se debe tener claro que los efectos del clima se enfrentan mediante la conservación o mantenimiento rutinario entendido como un conjunto de actividades permanentes y de carácter preventivo que se realizan para evitar que

se dañe la vía. Los efectos del tránsito se contrarrestan con la conservación o mantenimiento periódico que comprenden un conjunto de actividades y de obras que tienen como fin recuperar las condiciones iniciales de la vía como es el caso de la colocación de refuerzos o recapados en los pavimentos asfálticos o la reposición de material granular en los caminos afirmados.

Figura N° 3.09 Elementos que Intervienen en la Conservación Vial

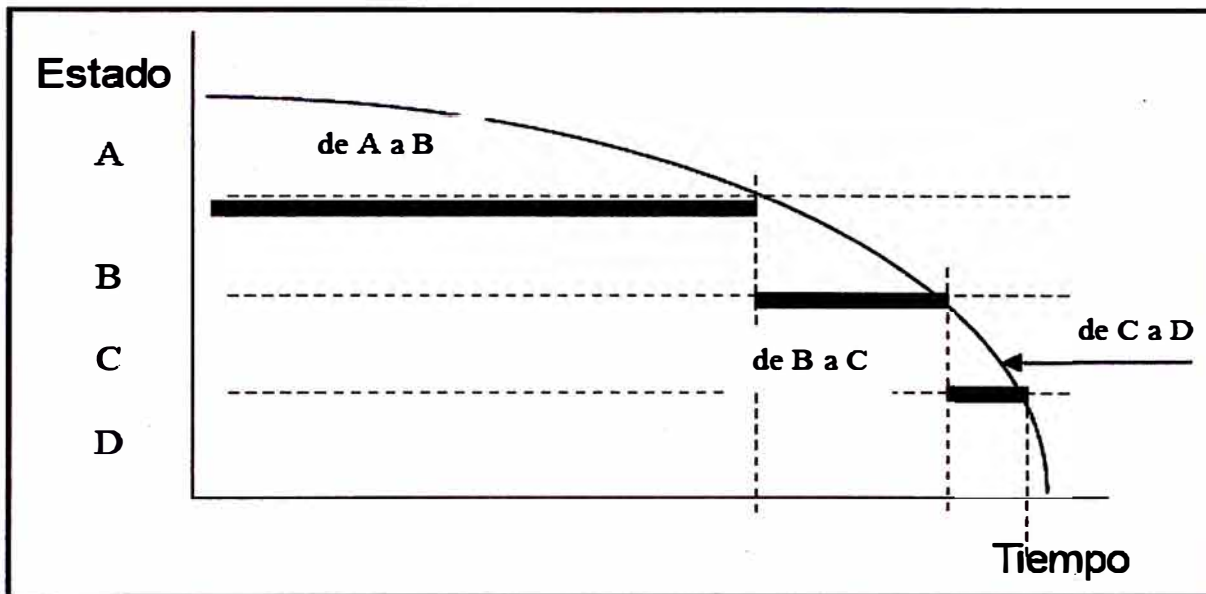


Fuente: Elaboración Propia

d) Consideración Técnico-Económica de la Conservación Vial.

A continuación se ilustra el proceso de deterioro vial cuando una vía no es atendida adecuadamente con el propósito de entender la importancia de la conservación vial. Previo al análisis de la figura mostrada a continuación definiremos los tres estados que forman parte del análisis. El estado A corresponde a un pavimento en buen estado, el estado B corresponde a uno en estado regular, el estado C corresponde a uno en mal estado y el estado D corresponde a un pavimento en pésimo estado.

Figura N° 3.10 Curva de Comportamiento de una Calzada sin Conservación Adecuada



Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones

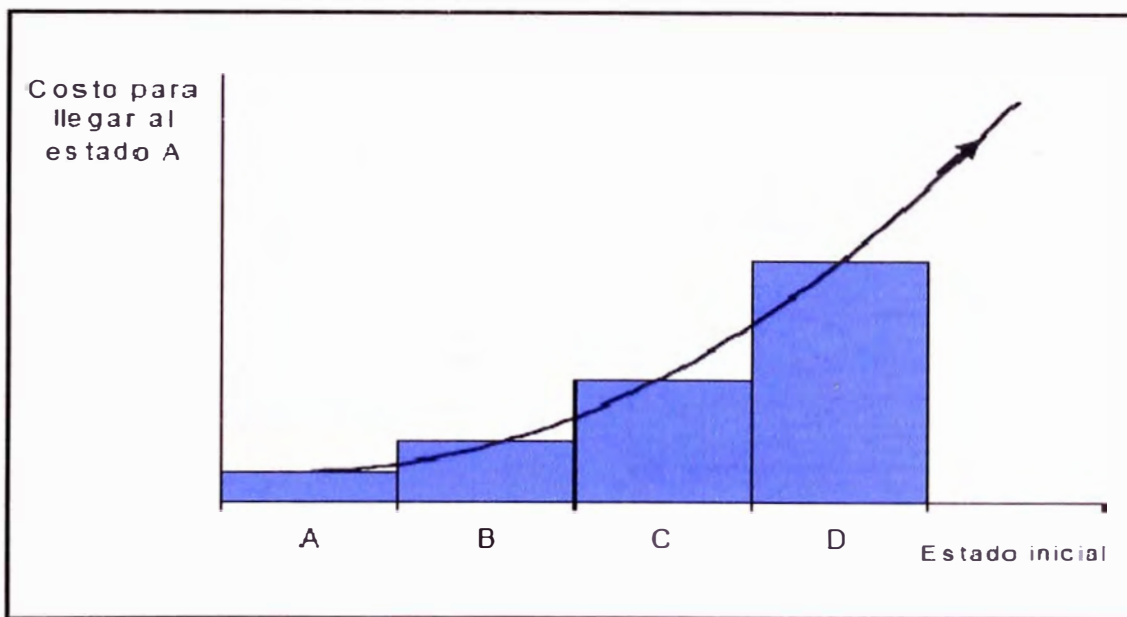
Una calzada en buen estado inicial demora varios años para pasar del estado A al estado B, pero luego demorará menos tiempo para pasar al estado C, dependiendo de la suficiencia o insuficiencia de la conservación y, sin duda, aún menos tiempo para llegar al estado D, a partir del estado C. Esto se explica porque desde que se pierde la impermeabilidad de la capa de rodadura, la acción combinada del tránsito pesado y la agresividad del clima, aceleran de manera rápida e inevitable el proceso de degradación.

El modelo de comportamiento anterior se cumple estrictamente, en la realidad, en pavimentos flexibles, con capas de rodadura asfálticas delgadas y con capas de base y sub-base constituidas con materiales granulares y especialmente con los de insuficiente calidad. Haciendo una analogía con los pavimentos básicos los cuales poseen una capa de recubrimiento bituminoso, podemos intuir que si no realizamos la conservación tanto rutinaria como periódica en este tipo de vías obtendríamos un comportamiento muy parecido e incluso un deterioro más acelerado de la calzada de las vías, pues los pavimentos básicos estructuralmente hablando son de menor calidad que los pavimentos flexibles y como consecuencia de ello su deterioro se produce en un menor tiempo.

e) Criterio Económico para Definir Prioridades de Intervención.

De acuerdo con los conceptos del modelo esquemático de deterioro, es lógico que los recursos financieros necesarios para conservar una vía en buen estado (A), o llevarla a ese estado, depende del estado inicial y, los costos irán en aumento a medida que la vía se encuentre con mayor grado de deterioro. De esta manera, es razonable afirmar que conservar una vía en buen estado (A) es menos costoso si el estado inicial es A y tendrá mayores costos, si los estados iniciales son B, C o D, como se ilustra en la figura siguiente.

Figura N° 3.11 Esquema de Costos Comparativos de Conservación o Recuperación de las Calzadas en Diferentes Estados



Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones

Si la situación anterior se analiza con la relación Beneficio/Costo considerando, a manera de ejemplo, cuatro tramos con el mismo tránsito, pero cada uno en estado inicial diferente, A, B, C y D, se obtendrá el mismo costo global de operación de los vehículos después que las obras se han llevado a cabo y todos los tramos se encuentran estado A. Sin embargo, la relación Beneficio/Costo de las obras de recuperación y conservación es decreciente desde el estado inicial A al estado inicial D.

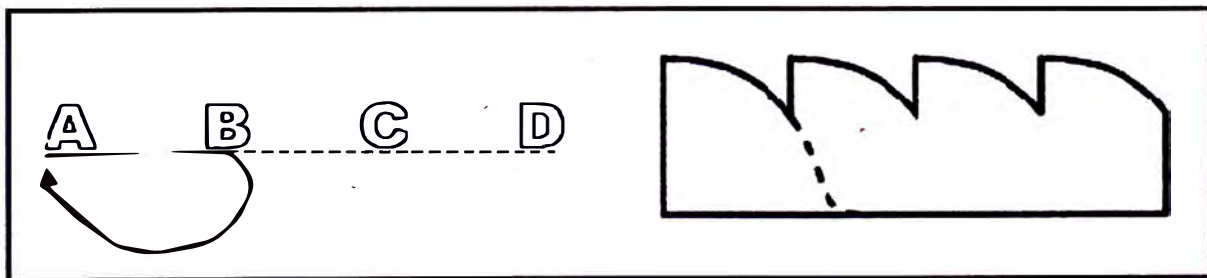
Con base en lo anterior, se puede concluir que, desde el punto de vista económico, ofrecen mejor relación Beneficio/Costo las vías que se encuentran en mejor estado relativo y por ello resulta conveniente dar prioridad, cuando los

recursos financieros son escasos, a la conservación de las vías que se encuentran en mejor estado.

f) Prioridades para la Conservación de Carreteras.

La conservación prioritaria de los tramos en mejor estado tiene el carácter preventivo y debe cubrir la calzada y demás elementos y, también, las intervenciones de emergencia que se presenten. Se trata de buscar permanentemente que las vías se mantengan en buen estado (A) y lo que se hace es efectuar el seguimiento de la evolución del tramo carretero, desde su estado inicial A hasta el estado B o estado regular y, cuando llegue a este último, proporcionar enseguida los correctivos necesarios para llevarlo de nuevo al estado A y evitar que evolucione hasta el estado C. La actividad anterior es lo que se denomina técnicamente realizar conservación o mantenimiento periódico.

Figura N° 3.12 Esquema del Ciclo de Conservación Vial Preventiva



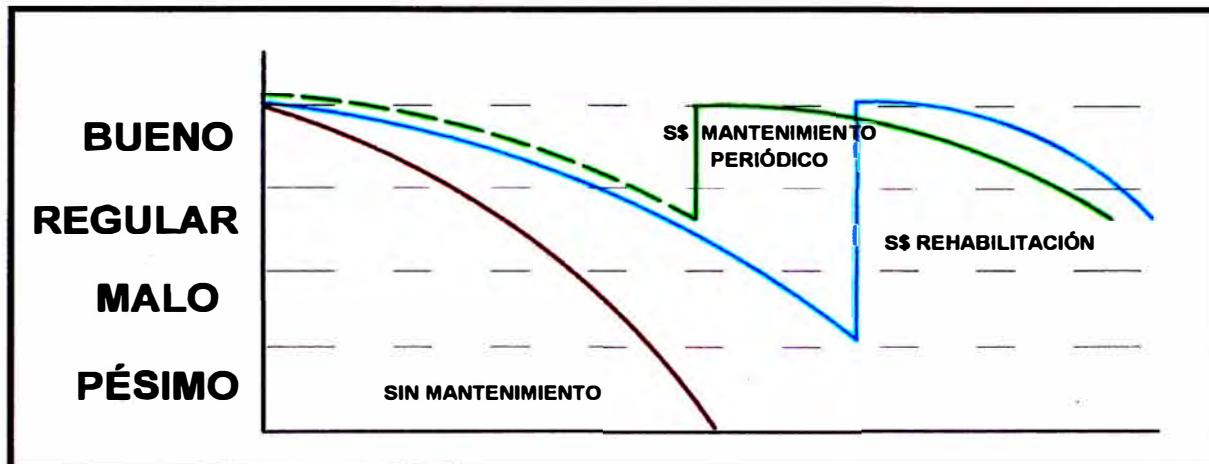
Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones

Si se analiza empleando la curva de deterioro de los caminos, lo que se pretende es establecer un ciclo efectivo de conservación que evite que las vías lleguen a los estados malo (C) o pésimo (D), porque estos últimos implican cuantiosas inversiones por rehabilitación o reconstrucción y gastos excesivos para los usuarios.

En las figuras siguientes se ilustra que técnica y económicamente conviene realizar la recuperación de la vía mediante conservación periódica, cuando ha llegado al estado regular (B) que corresponde a la llamada etapa crítica. Si no se realiza en dicha etapa, la vía se degradará rápidamente y en poco tiempo se necesitará hacer la rehabilitación o la reconstrucción, cuyos costos son varias

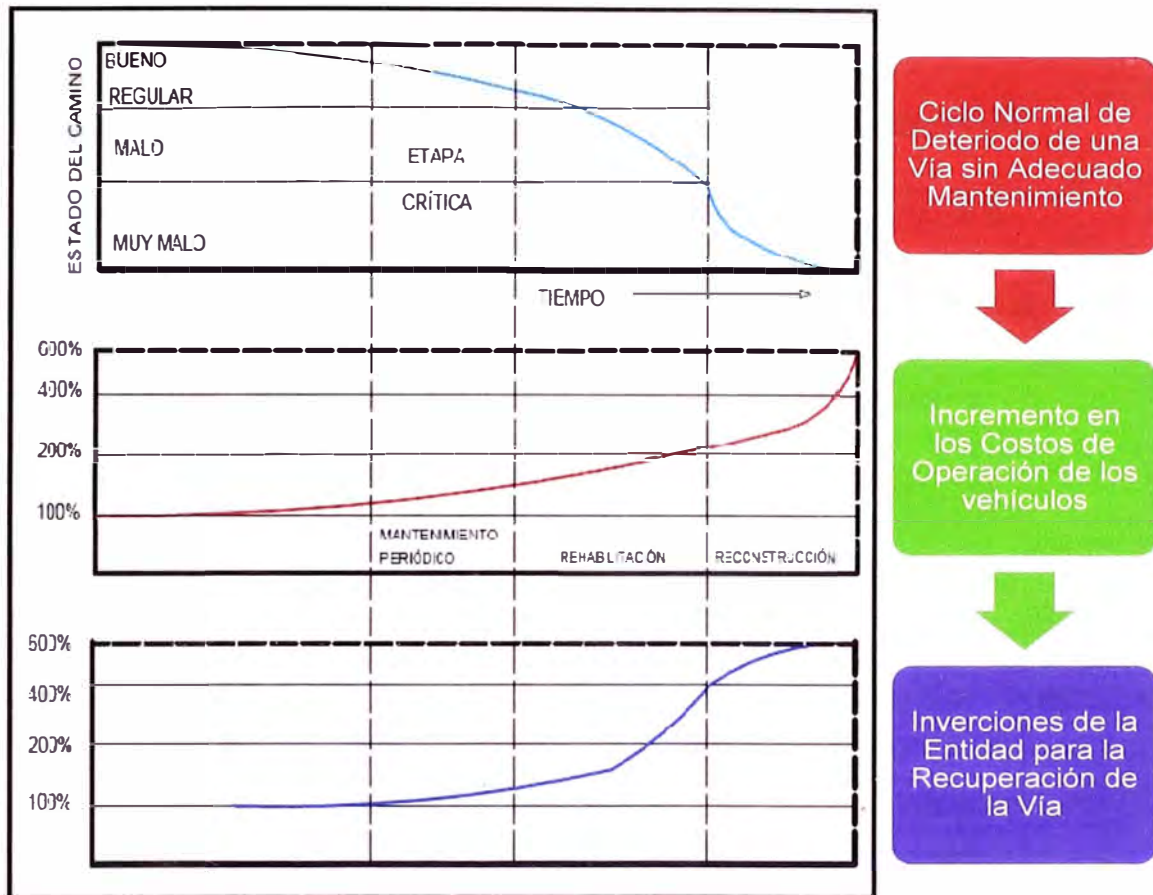
veces superiores a los correspondientes a la conservación periódica; además, se habrán incrementado varias veces los costos de operación vehicular.

Figura N° 3.13 Comparación de Costos de Intervenciones de Mantenimiento y Rehabilitación



Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones

Figura N° 3.14 Costos Comparativos de Conservación o Recuperación de Calzadas en Diferentes Estados



Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones

En la práctica, se trata de realizar la conservación vial rutinaria mediante intervenciones diarias, con el fin de preservar las condiciones de los elementos de la vía y de evitar que se produzca su deterioro prematuro. Asimismo, efectuar la conservación periódica, en forma cíclica, con operaciones oportunas para recuperar las condiciones viales que han sido afectadas por el uso. Esto quiere decir realizar las intervenciones adecuadas cuando el estado de la vía ha pasado de bueno a regular.

Al respecto, cabe mencionar que en algunos países se utiliza el Índice de Rugosidad Internacional IRI para definir el instante en el cual se debe implementar la intervención de conservación periódica. Para el Perú se han fijado los valores de IRI que se muestran en el cuadro siguiente:

Cuadro: 3.02 Estado Vial, según la rugosidad

	Pavimentadas	No pavimentadas
Estado	Rugosidad	Rugosidad
Bueno	$0 < IRI \leq 2,8$	$IRI \leq 6$
Regular	$2,8 < IRI \leq 4,0$	$6 < IRI \leq 8$
Malo	$4,0 < IRI \leq 5,0$	$8 < IRI \leq 10$
Muy malo	$5 < IRI$	$10 \leq IRI$

Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones

Respecto al caso de los pavimento básicos, es necesario realizar una investigación rigurosa para obtener un cuadro similar al anterior mostrado, con el fin de determinar en qué momento se debe realizar el mantenimiento periódico con el fin de que la vía retome las condiciones iniciales con las cuales fueron puestas en servicio y de esta manera también evitar los altos costos que se incurren por la rehabilitación o reconstrucción de la vía.

3.4.2 Conservación Rutinaria y Periódica para el Tramo Evaluado.

En base a la data histórica (años 2009 y 2010) del tramo evaluado, km 74+000-84+000, se calculó el modelo de deterioro de dicho tramo de vía, con el fin de determinar que actividades de conservación se realizarían para mantener la vía en buenas condiciones durante su tiempo de vida útil. Al no poseer la data histórica suficiente para proporcionar al modelo de deterioro una aceptable confiabilidad, es que en esta oportunidad se esta utilizando otro criterio para determinar las políticas de mantenimiento a aplicar en el tramo. El otro criterio esta basado en las visitas a la zona de evaluación, como por ejemplo la realizada durante el curso de titulación, donde se observó los principales tipos de fallas sobre la vía y en base a ello se intenta establecer que actividades según

las buenas prácticas de la ingeniería se pueden realizar para conservar la vía en buenas condiciones para el beneficio de los usuarios finales.

Hablar de conservación vial es hablar de conservación rutinaria y periódica, por ello a continuación se explica en que consiste cada uno de estos concepto y las actividades que están ligadas a cada una de ellas.

3.4.2.1 Conservación Rutinaria.

Es el conjunto de actividades que se ejecutan dentro del Presupuesto Anual para conservar la calzada, el sistema de drenaje, área lateral, la señalización y las obras de arte en general. Estos trabajos tienen el carácter de preventivo y se ejecutan, según sea el caso en diversa magnitud, durante todo el año para conservar la adecuada transitabilidad y evitar el deterioro prematuro de la carretera, de acuerdo a una programación elaborada en función de prioridades, estacionalidad y características de la carretera.

Entre las actividades de conservación rutinarias podemos describir las siguientes:

a) Parchado Superficial

Esta actividad consiste en la reparación de pequeños baches superficiales en el pavimento producto de la caída de rocas y/o concentración de fisuras, eliminando una capa delgada (1.5 pulg.) y reponiéndola con carpeta asfáltica en frío.

El propósito de realizar esta actividad es mantener los niveles de serviciabilidad de la carretera proporcionando mayor seguridad al usuario.

Esta actividad debe realizarse en donde se identifiquen deterioros superficiales concentrados en áreas pequeñas y donde los baches dificulten el normal tránsito de los vehículos por la vía pudiendo ocasionar accidentes.

Figura N° 3.15 Parchado Superficial



Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones – Supervisión Proyecto Perú

b) Tratamiento de Fisuras

Esta actividad consiste en el sellado de las fisuras y grietas de la carpeta asfáltica generadas por fatiga del pavimento por efecto de las cargas u otro origen.

El propósito de esta actividad es evitar filtraciones de agua a la estructura del pavimento que lo desestabilice.

Esta actividad debe realizarse cuando se presenten fisuras notoriamente abiertas y/o ramificadas que superen los 3mm de espesor.

c) Roce y Eliminación de Desmorte Manual.

Consiste en la eliminación de la vegetación que crece en las bermas y taludes a ambos lados de la carretera dentro del derecho de vía y en las zonas que no son accesibles por máquinas. No se considera el corte de vegetación en cunetas y zanjas de drenaje y de coronación, porque está contemplado en la actividad limpieza de cuneta y limpieza de zanjas de drenaje y de coronación.

Figura N° 3.16 Poda de Vegetación que Obstruye la Visibilidad en la Vía



Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones – Supervisión Proyecto Perú

d) Poda, Corte y Retiro de Árboles.

Se refiere a la eliminación de los árboles que presentan un peligro para los usuarios o aquellos que por la extensión de sus raíces pueden dañar la estructura vial. La operación se refiere al corte del tronco y eventualmente a la extracción y evacuación de la raíz. El diámetro de los árboles medidos a 50 cm del terreno natural es mayor que 10 cm.

Figura N° 3.17 Poda de Árboles



Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones – Supervisión Proyecto Perú

e) Limpieza de Obras de Arte (alcantarillas, drenajes, tuberías, pontones, puentes vehiculares y peatonales, viaductos, túneles, etc.).

Consiste en la eliminación de piedras, bloques sueltos y cualquier otro obstáculo sobre la carretera a fin de mantener su superficie libre de obstáculos, para un tránsito vehicular normal.

f) Limpieza de la Calzada y Bermas.

Se refiere a la remoción y eliminación de la arena natural u otro material depositado sobre la calzada y las bermas. El objetivo de la operación es mantener la carretera libre y segura para el tránsito vehicular. Además al mantener la calzada libre de materiales extraños evitamos el deterioro de ésta, producto de la interacción entre la calzada, el material extraño y los neumáticos de los vehículos.

Figura N° 3.18 Limpieza de Calzada



Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones – Supervisión Proyecto Perú

g) Limpieza de Cunetas, Rápidas y Zanjas de Coronación.

Se refiere a todo tipo de cunetas, cualquiera sea la forma de su sección transversal y el tipo de material de revestimiento (su lo hubiera). El objetivo de la operación consiste en dejar la cuneta sin piedras, basura, vegetación, material sedimentado y todo objeto que podría impedir el paso del agua.

Es importante resaltar que este tipo de trabajos tienen que ejecutarse por lo menos un mes antes del inicio de las temporadas de lluvias y en épocas de lluvias el trabajo debe realizarse en forma permanente, con el fin de evitar que el agua inunde la calzada y de esta forma llegue a las capas inferiores y cause daños a la estructura del pavimento.

Figura N° 3.19 Limpieza de Cunetas



Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones – Supervisión Proyecto Perú

h) Limpieza de Señales Verticales

Esta actividad está referida a la limpieza general de señales, letreros y rótulos que pertenecen al Ministerio de Transportes y Comunicaciones con el fin de proveer a la carretera de señales que guíen al usuario en forma segura. Las señales son de tipo preventivo, informativo y reglamentario. La señal o el rótulo pueden ser hechos de acero, acero galvanizado y fibra de vidrio o madera, aunque poco usual.

i) Pintura, Renovación de los Hitos Kilométricos.

Se refiere a la reparación y repintado de señales, letreros y rótulos que no se hayan caído al suelo y que pertenecen al Ministerio de Transportes y Comunicaciones, a fin de proveer a la carretera de señales que guíen al usuario en forma segura.

Se trata de las señales preventivas, informativas y reglamentarias.

Figura N° 3.20 Limpieza de Señales Informativas



Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones – Supervisión Proyecto Perú

j) Remoción de Derrumbes Localizados (de hasta 200 m³ por evento)

La presente actividad consiste en remover de la calzada y bermas las piedras (derrumbes) y materiales fangosos (huaicos) que frecuentemente caen del talud de corte, con el fin de mantener la vía libre y sin peligro para los usuarios. El volumen total de los materiales por evacuar no debe exceder los 200 m³.

Figura N° 3.21 Remoción de Derrumbes Localizados



Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones – Supervisión Proyecto Perú

k) Reposición de Señales, Hitos y Elementos de Seguridad Vial.

Consiste en la reposición o reemplazo de señales verticales: preventivas, informativas y reglamentarias, debido a su deterioro o pérdida o la instalación de nuevas señales en sitios que las requieran.

El objetivo es la reposición, reemplazo o instalación de las señales verticales con el fin ofrecer seguridad e información a los usuarios de la carretera.

Para ello es importante inspeccionar permanentemente el estado y la condición de las señales y tener especial cuidado para que se disponga de la señalización adecuada en los sitios y tramos de concentración de accidentes.

Figura N° 3.22 Reposición de Señales de Tránsito



Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones – Supervisión Proyecto Perú

3.4.2.2 Conservación Periódica.

En la conservación periódica no se incluyen las correspondientes a la conservación del derecho de vía, explanaciones, drenaje, cauces, estructuras y señalización, las mismas que están cubiertas absolutamente por la conservación rutinaria y/o las obras de conservación puntual complementaria.

Se entiende que anualmente las actividades de conservación rutinaria y las obras de conservación puntual deberán evitar el deterioro de la carretera.

La conservación periódica es la actividad que se ejecuta sólo para reconformar y restablecer las características técnicas de la superficie de rodadura. La actividad se repite en periodos de más de un año, según el efecto del tránsito.

Entre las actividades de conservación periódica podemos listar las siguientes:

a) Sello de Fisuras

El sello de fisuras (aberturas iguales o menores a 3 mm) y de grietas (aberturas mayores a 3 mm) consiste en la colocación de materiales especiales sobre o dentro de las fisuras o en realizar el relleno con materiales especiales dentro de las grietas.

El objetivo del sello de fisuras y de grietas es impedir la entrada de agua y la de materiales incompresibles como piedras o materiales duros dentro de ellas y, de esta manera, minimizar la formación de agrietamientos más severos como la posterior aparición de baches.

La actividad de sellado de fisuras y grietas debe ser realizada en el menor tiempo posible después de que ellas se han desarrollado y han hecho su aparición visible en el pavimento. Lo anterior requiere de inspecciones permanentes de la calzada con el fin de identificar su presencia prontamente después de su aparición. Especial atención se debe tener antes de las estaciones o periodos de lluvia.

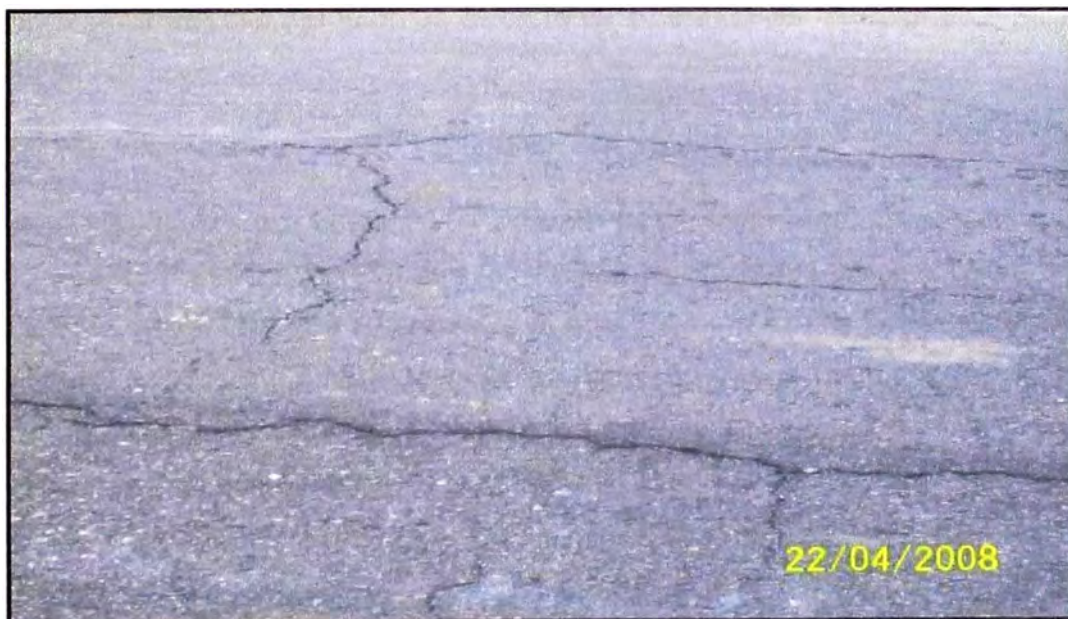
El Sellado de Fisuras y Grietas es eficaz para tratar los siguientes tipos de ellas:

- Áreas con fisuras o grietas de fatiga de la estructura del pavimento, caracterizadas por presentar una serie de ellas casi sin conexión entre sí y que no presenten evidencias de surgencia de agua y/o finos.
- Fisuras o grietas de borde, que se identifican por su forma semicircular y porque se localizan hasta unos 30 cm. del borde del pavimento. Es

conveniente sellarlas cuando presentan pérdidas de material. En todo caso debe tenerse en cuenta que, normalmente, se originan por falta del confinamiento lateral, como en este tipo de carreteras no existen bermas, se recomienda conformar hasta unos 30 cm. del borde de la vía para evitar que se produzca nuevamente el mismo fenómeno.

- Fisuras o grietas longitudinales coincidentes o sensiblemente paralelas al eje de la calzada. Se distinguen, entre ellas, las de junta, causadas por una débil unión constructiva entre carriles; las longitudinales de origen térmico o por fallas en la subrasante. Se deben sellar cualquiera sea su ancho.

Figura N° 3.23 Fisuras en la Vía



Fuente: Elaboración Propia

b) Bacheo Superficial

El Bacheo Superficial consiste en la reparación de baches, entendidos éstos como las desintegraciones parciales del pavimento en forma de hueco, cuya reparación se conoce como bacheo. Generalmente tienen su origen en mezclas mal dosificadas o con compactación insuficiente. Esta actividad es una de las más difundidas técnicamente en la conservación de pavimentos. El Bacheo Superficial comprende la reparación de baches y el reemplazo de áreas del

pavimento que se encuentren deterioradas, siempre que afecten exclusivamente a la carpeta de rodadura, encontrándose en buenas condiciones la base granular y demás capas de suelos. El objetivo del Bacheo Superficial es recuperar las condiciones para una adecuada circulación vehicular con seguridad, comodidad, rapidez y economía. Además, para minimizar o retardar la formación de daños más severos en el pavimento.

La actividad de Bacheo Superficial debe ser realizada en el menor tiempo posible después de que los baches se han desarrollado y su aparición es visible en el pavimento. Lo anterior requiere de inspecciones permanentes de la calzada, con el fin de identificar su presencia con la mayor prontitud después de su aparición. Especial atención se debe tener antes de las estaciones o períodos de lluvia.

El Bacheo Superficial es eficaz para tratar los siguientes tipos de daños:

- a) Áreas agrietadas por fatiga de la estructura del pavimento, caracterizadas por presentar una serie de grietas y fisuras interconectadas entre sí, pero con un grado de severidad que no muestra la presencia de trozos separados sueltos. Cuando la severidad de esta falla es baja, sin interconexión entre fisuras y grietas, se puede reparar también mediante el sellado de fisuras y grietas. Cuando el agrietamiento es más severo, la reparación se debe realizar mediante un bacheo profundo.
- a) Baches poco profundos, entendiéndose como tales, aquéllos cuya profundidad no alcanza a la base estabilizada. Los baches de mayor profundidad se deben reparar mediante un bacheo profundo.

El Bacheo Superficial, contribuye al refuerzo de una estructura que se encuentra débil y actúa como un sello que impide la infiltración de agua. Sin embargo, tiene efectos negativos sobre la rugosidad superficial (IRI) del pavimento y, en consecuencia, en el nivel de servicio y en la vida útil remanente del pavimento.

Los trabajos que se especifican se pueden realizar mediante procedimientos fundamentalmente manuales o mediante sistemas mecanizados.

c) Bacheo Profundo

El Bacheo Profundo consiste en la reparación, bacheo o reemplazo de una parte severamente deteriorada de la estructura de un pavimento, cuando el daño afecte a la base del pavimento.

Esta actividad incluye también reparar áreas que presenten fallas originadas por agrietamientos en la carpeta de rodadura o por debilitamiento de la base estabilizada, o de la subrasante.

El objetivo del Bacheo Profundo es recuperar las condiciones estructurales y superficiales para una adecuada circulación vehicular con seguridad, comodidad, rapidez y economía. Además, para minimizar o retardar la formación de daños más severos en el pavimento.

La actividad de Bacheo Profundo debe ser realizada en el menor tiempo posible después de que los baches se han desarrollado y su aparición es visible en el pavimento. Lo anterior requiere de inspecciones permanentes de la calzada con el fin de identificar su presencia prontamente después de su aparición. Especial atención se debe tener antes de las estaciones o períodos de lluvia.

El Bacheo Profundo es eficaz para tratar los siguientes tipos de daños en el pavimento:

- a) Baches profundos, entendiéndose como tales aquéllos cuya profundidad es mayor de 15 mm.
- b) Sectores que presenten surgencia o eyección de agua y/o finos desde el fondo del pavimento a través de las grietas.
- c) Grietas de borde de alta severidad, que se reconocen por su forma semicircular y porque se localizan hasta unos 30 cm del borde del pavimento. El pavimento debe encontrarse con roturas y con pérdida de material.

Figura N° 3.24 Bache con Presencia de Afloramiento de Agua



Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones – Supervisión Proyecto Perú

Figura N° 3.25 Fallas de Borde



Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones – Supervisión Proyecto Perú

d) Tratamiento Superficial

Esta actividad consiste en la colocación de una capa de revestimiento asfáltico de poco espesor, la que no da un refuerzo a la estructura sino simplemente la protege de la acción del tiempo y del desgaste con una capa superficial impermeable.

Tiene como fin dotar al pavimento de mejores condiciones de impermeabilidad suavidad para el manejo, control del proceso de fisuración y prolongar la vida útil del paquete estructural.

Esta actividad se debe realizar para tratar una superficie amplia de carretera en donde gran parte de la capa de rodamiento esté desgastada pero su estructura está en condiciones de recibir cargas.

También debe realizarse cuando la superficie de la carretera esta agrietada y permite la entrada de agua en la estructura del pavimento, la textura es inadecuada y se ha reducido la resistencia al deslizamiento.

Figura N° 3.26 Tratamiento Superficial



Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones – Supervisión Proyecto Perú

e) Recapeo (sobrecapa delgada)

Esta actividad consiste en el suministro, colocación, extendido y compactación de una mezcla de mortero asfáltico en caliente sobre la superficie de rodadura existente.

Es empleada para corregir pequeñas deformaciones, desgaste excesivo de la superficie de la vía y reforzar la estructura de pavimento existente.

Esta actividad se debe realizar en sectores en los que el IRI haya superado 5.0, para rellenar deformaciones superficiales pequeñas que son incómodas y peligrosas para el tráfico, para mejorar la textura superficial y como refuerzo de zonas debilitadas del pavimento.

Figura N° 3.27 Sobre Capa de 1cm de Espesor



Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones – Supervisión Proyecto Perú

3.4.2.3 Trabajos de Emergencia

Es el conjunto de actividades que se ejecutan para recuperar la inmediata transitabilidad de la carretera afectada por varios sectores por un evento extraordinario o de fuerza mayor.

Figura N° 3.28 Caída de Huayco



Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones – Supervisión Proyecto Perú

CONCLUSIONES

- Es necesario realizar investigaciones rigurosas con el fin de validar la clasificación del estado de la superficie de los pavimentos básicos de acuerdo al IRI, propuesta en el presente informe.
- Teniendo la clasificación del estado de los pavimentos básicos como el analizado en el presente informe podemos definir el instante donde debe realizarse la conservación periódica.
- Obtener un modelo de deterioro donde además del IRI se incorporen otras variables de análisis como pueden ser aquellas ligadas al tráfico, el clima, tipo de suelo de fundación, geomorfología, etc. con el propósito de obtener un mejor modelamiento del comportamiento de la vía de bajo volumen de tránsito en estudio y de esa manera poder tomar mejores decisiones al momento de determinar las actividades de conservación.
- Es de suma importancia realizar la tramificación en los pavimentos básicos, con el fin de que en los tramos homogéneos se ejecuten similares actividades de conservación, debemos tener presente que para lograr ello el monitoreo debe ser constante a lo largo de toda la carretera.
- Es importante reconocer la necesidad de poseer una cultura que dé prioridad a la prevención, cambiando el concepto tradicional de actuar para reparar lo dañado por el de actuar para evitar que se dañe.
- Se debe dar prioridad a la conservación de las vías que se encuentren en buen estado o en estado regular, pues económicamente hablando éstas son las que resultan más rentables.
- Dar prioridad a las actividades de conservación vial que tienen como fin impedir que el agua ingrese a las capas conformadas por materiales granulares, pues al introducirse el agua en estas capas produce grandes daños al pavimento.

RECOMENDACIONES

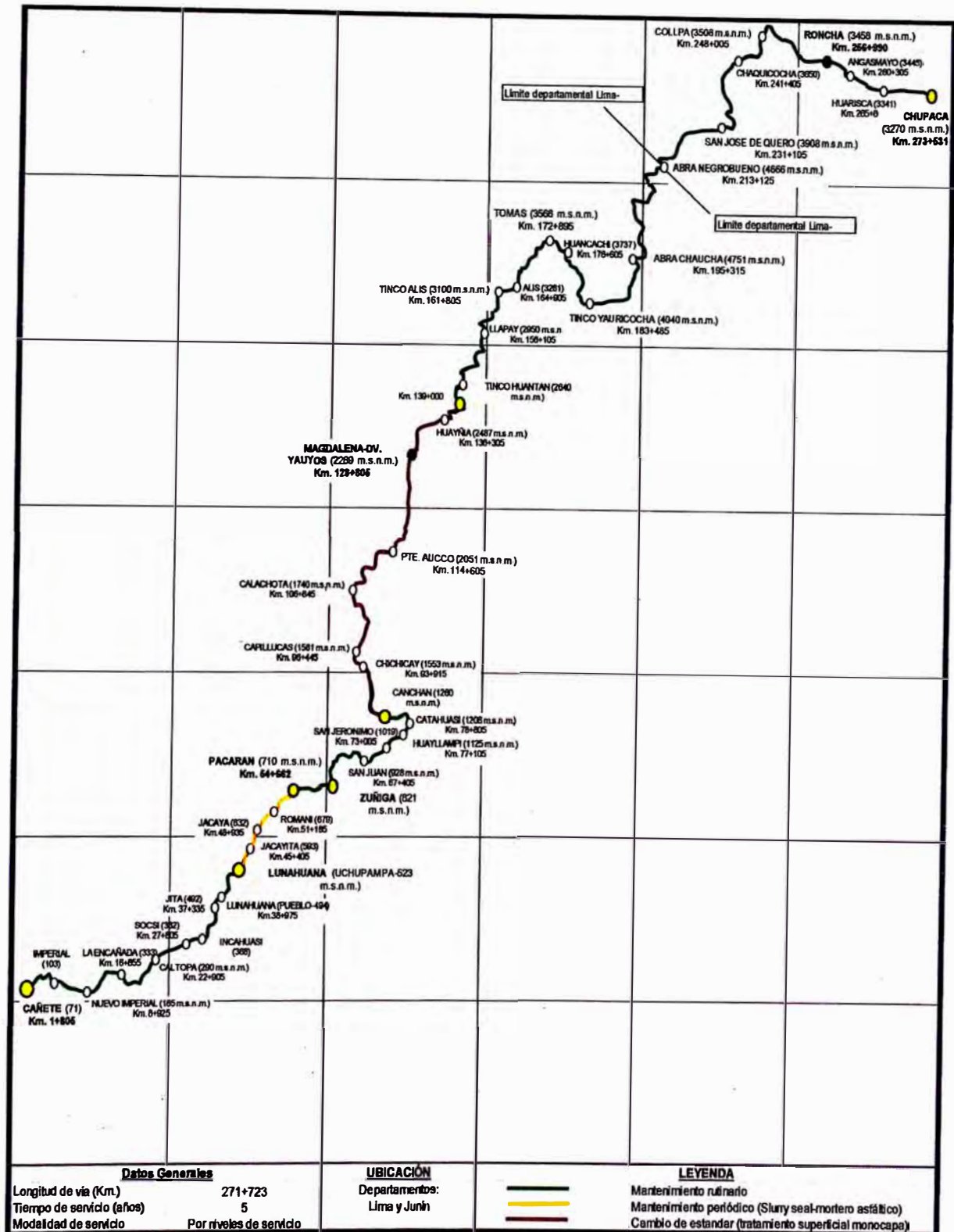
- Para realizar la evaluación funcional de las vías y en base a ello determinar las actividades de conservación a ejecutar, se recomienda contrastar los resultados de las evaluaciones usando la medición de la rugosidad mediante el IRI y otros métodos que evalúan la condición superficial del pavimento como es el caso del PCI, con el fin de identificar el tipo de falla encontrado y predecir la presencia de ellas para un determinado valor de IRI.
- Se recomienda hacer constantemente mediciones del IRI a la vía evaluada con el fin de obtener el comportamiento de esta en el tiempo y de esta manera estimar el comportamiento de este tipo de vías.
- Dar prioridad a la conservación de las vías que se encuentran en buen estado y regular estado, pues en estos estados económicamente hablando la conservación vial es más rentable.
- Se recomienda realizar inspecciones permanentes de la calzada con el fin de identificar prontamente las fallas después de su aparición y poder tratarlas adecuadamente. Las inspecciones deben darse con mayor frecuencia durante la época de lluvia, para mitigar los daños causados por el agua.
- Se recomienda tener una base de datos de los tipos de fallas en este tipo de pavimentos básicos con el fin de determinar que actividad de conservación se aplicara para un determinado tipo de falla.
- Se recomienda que las actividades de conservación rutinaria sean realizadas por micro-empresas de la zona pues para el Contratista Principal esto es mas rentable y a su vez de esta manera se impulsa el desarrollo en el interior del país.

BIBLIOGRAFÍA

- * Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Manual técnico de mantenimiento periódico para la red vial departamental no pavimentada, Lima 2006
- * Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Manual técnico de mantenimiento rutinario para la red vial departamental no pavimentada, Lima 2006
- * Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Manual para la conservación de carreteras no pavimentadas de bajovolumen de tránsito, volumen I, II, III., Tarea Asociación Gráfica Educativa, Lima 2008.
- * Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Manual para el diseño de carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito, Tarea Asociación Gráfica Educativa, Lima 2008
- * Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Especificaciones técnicas generales para la conservación de carreteras, Lima 2007
- * Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Manual de especificaciones técnicas generales para la construcción de carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito, Tarea Asociación Gráfica Educativa ,Lima 2008
- * Contrato de servicios MTC-CONSORCIO GESTIÓN DE CARRETERAS (2007).
- * www.mtc.gob.pe
- * www.camineros.com

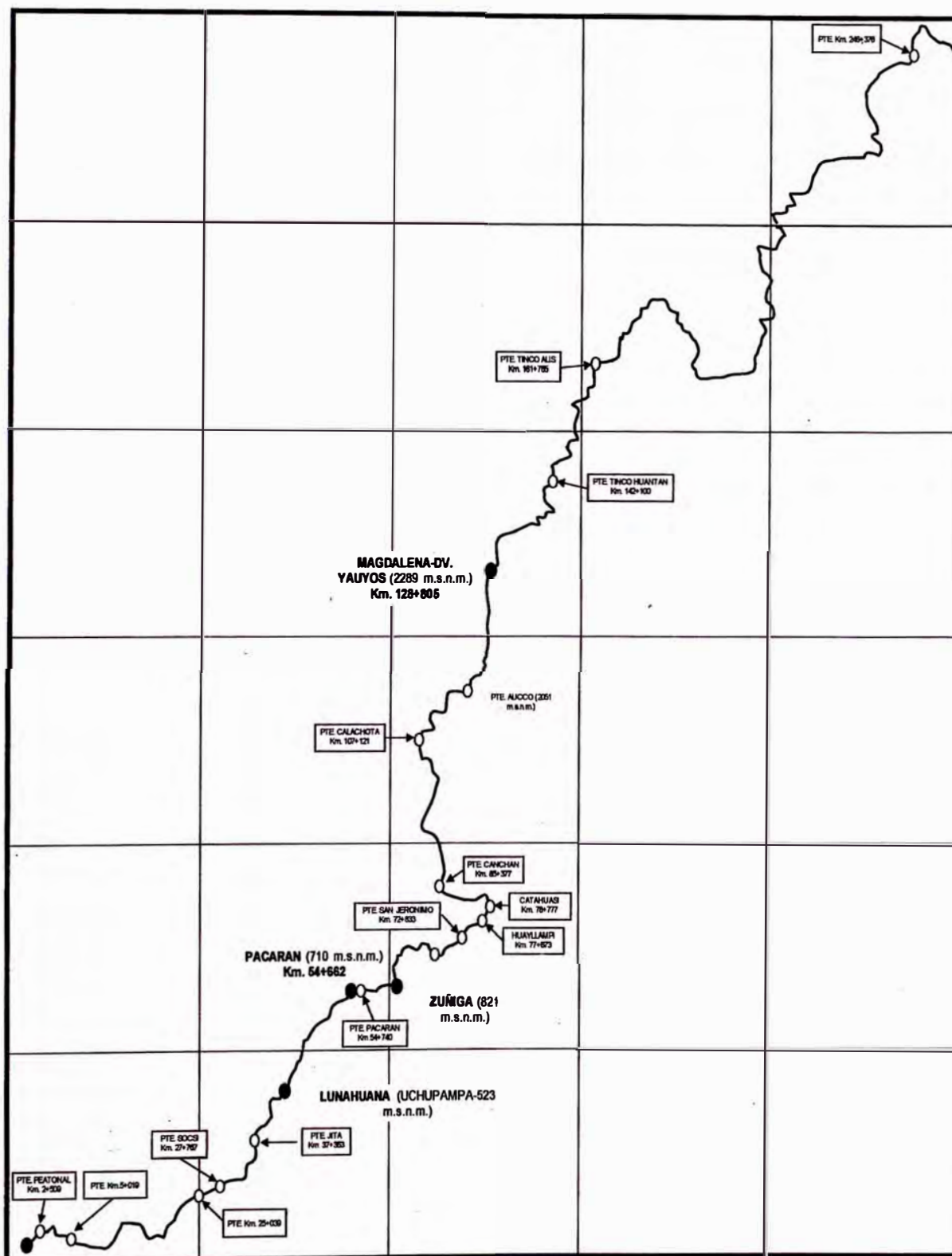
ANEXO A: PLANOS REFERENCIALES

PLANO CLAVE DE POBLADOS CORREDOR VIAL: CAÑETE-LUNAHUANA-PACARAN-ZUÑIGA-DV. YAUYOS-RONCHA-CHUPACA



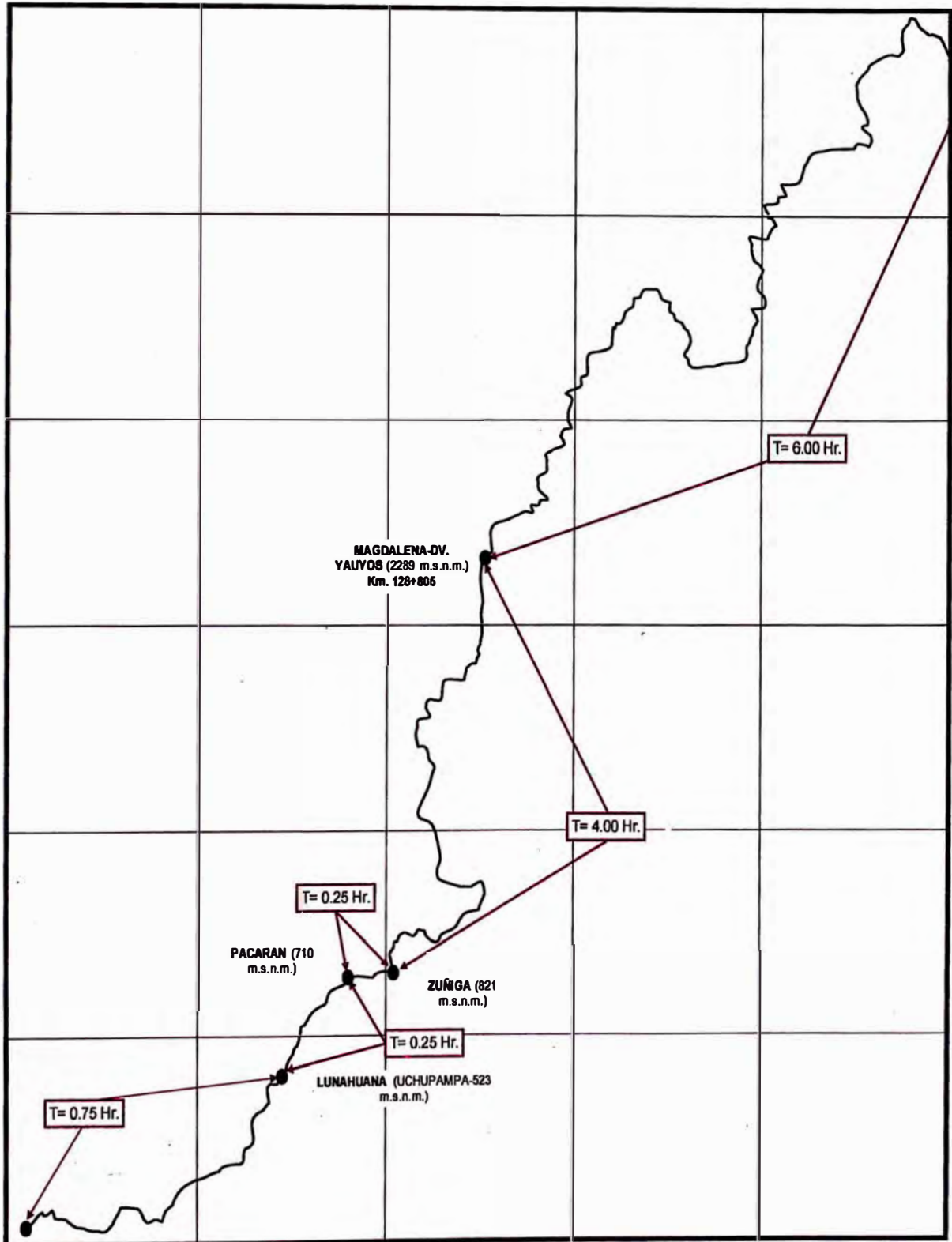
Fuente: Consorcio Gestión de Carreteras

PLANO CLAVE DE PUENTES CARRETERA CAÑETE-LUNAHUANA-PACARAN-ZUÑIGA-DV. YAUYOS-RONCHA-CHUPACA



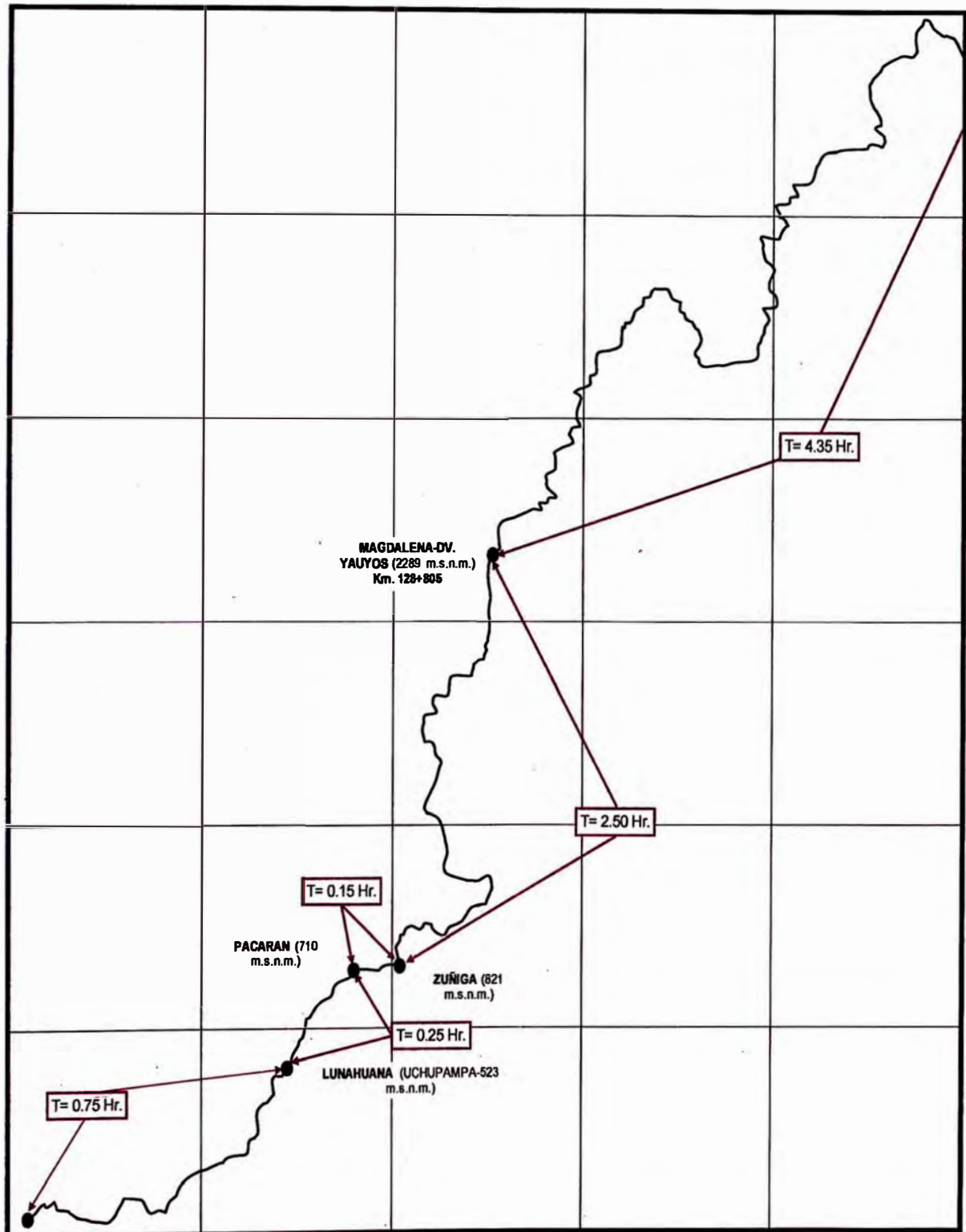
Fuente: Consorcio Gestión de Carreteras

PLANO DE TIEMPO DE RECORRIDO ANTES DE LA INTERVENCIÓN CARRETERA CAÑETE-LUNAHUANA-PACARAN-ZUÑIGA-DV. YAUYOS-RONCHA-CHUPACA



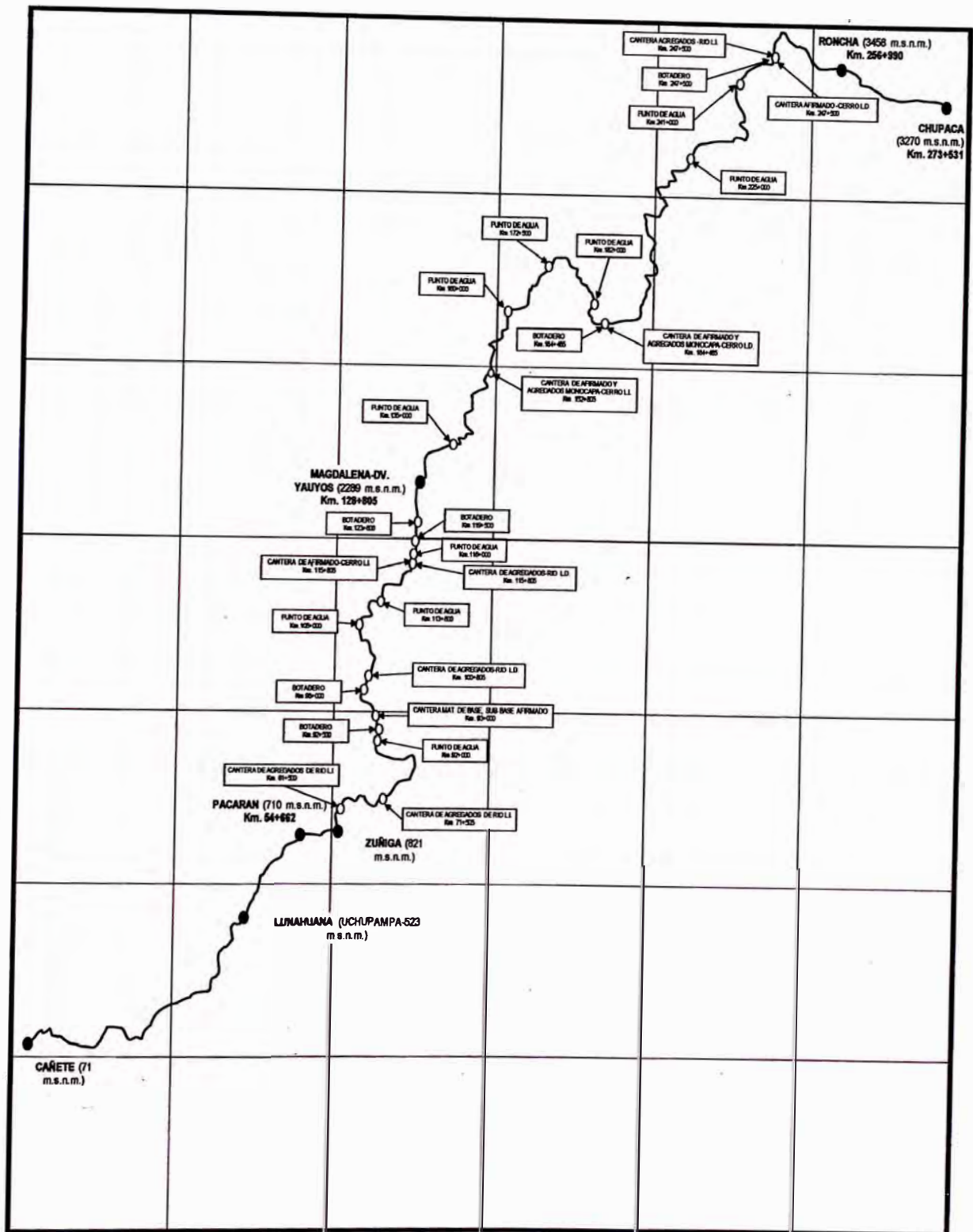
Fuente: Consorcio Gestión de Carreteras

PLANO DE TIEMPO DE RECORRIDO DESPUÉS DE LA INTERVENCIÓN CARRETERA CAÑETE-LUNAHUANA-PACARAN-ZUÑIGA-DV. YAUYOS-RONCHA-CHUPACA



Fuente: Consorcio Gestión de Carreteras

PLANO DE CANTERAS, BOTADEROS Y PUNTOS DE AGUA CARRETERA CAÑETE-LUNAHUANA-PACARAN-ZUÑIGA-DV. YAUYOS-RONCHA-CHUPACA



Fuente: Consorcio Gestión de Carreteras

**ANEXO B:
MANTENIMIENTO RUTINARIO**

Limpeza de Cunetas Tramo: Lunahuaná– Pacaran (Km. 46-00)



Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones – Supervisión Proyecto Perú

Limpeza de Derrumbe Menor Tramo: Zuñiga – Desvío Yauyos (Km. 60+900)



Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones – Supervisión Proyecto Perú

Roce de Vegetación y limpieza Tramo: Zuñiga – Desvío Yauyos (Km. 105-350)



Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones – Supervisión Proyecto Perú

Parchado Superficial Tramo: Desvío Yauyos – Roncha (Km. 160+500)



Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones – Supervisión Proyecto Perú

Mantenimiento de Pontones: Desvío Yauyos – Roncha (Km. 183+350)



Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones – Supervisión Proyecto Perú

Mantenimiento de Señales de Tránsito: Desvío Yauyos – Roncha (Km. 235+400 al Km. 237+400)



Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones – Supervisión Proyecto Perú

**ANEXO C:
MANTENIMIENTO PERIÓDICO**

**Colocación de Sobrecapa Tramo: Zuñiga – Desvío Yauyos
(Km. 58-405 al Km. 128+805)**



Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones – Supervisión Proyecto Perú

**Tratamiento Superficial Tramo: Desvío Yauyos – Roncha
(Km. 135-639)**



Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones – Supervisión Proyecto Perú

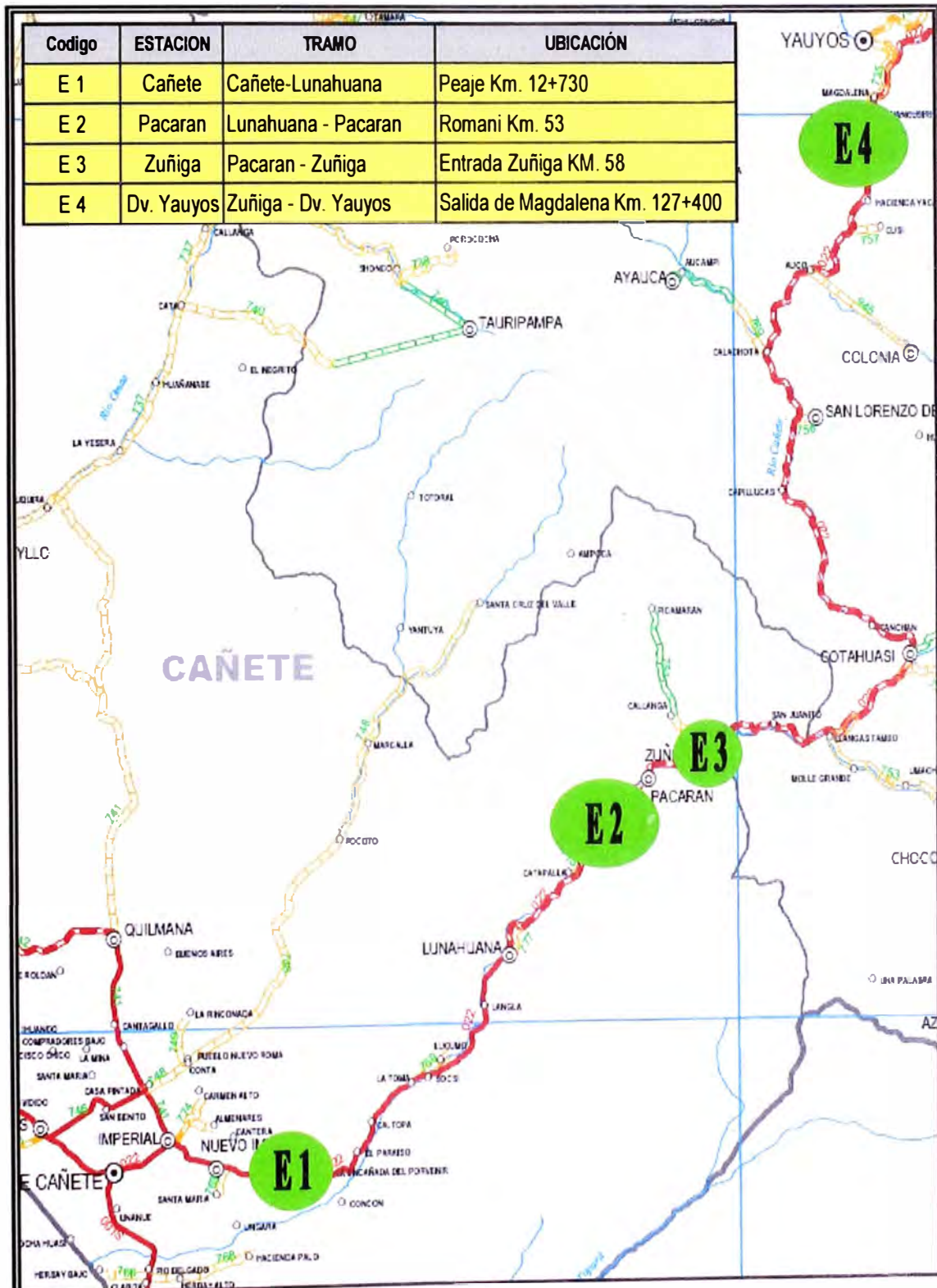
**Parchado Profundo Junto al Borde Tramo:
Desvío Yauyos – Roncha (Km. 233+050)**



Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones – Supervisión Proyecto Perú

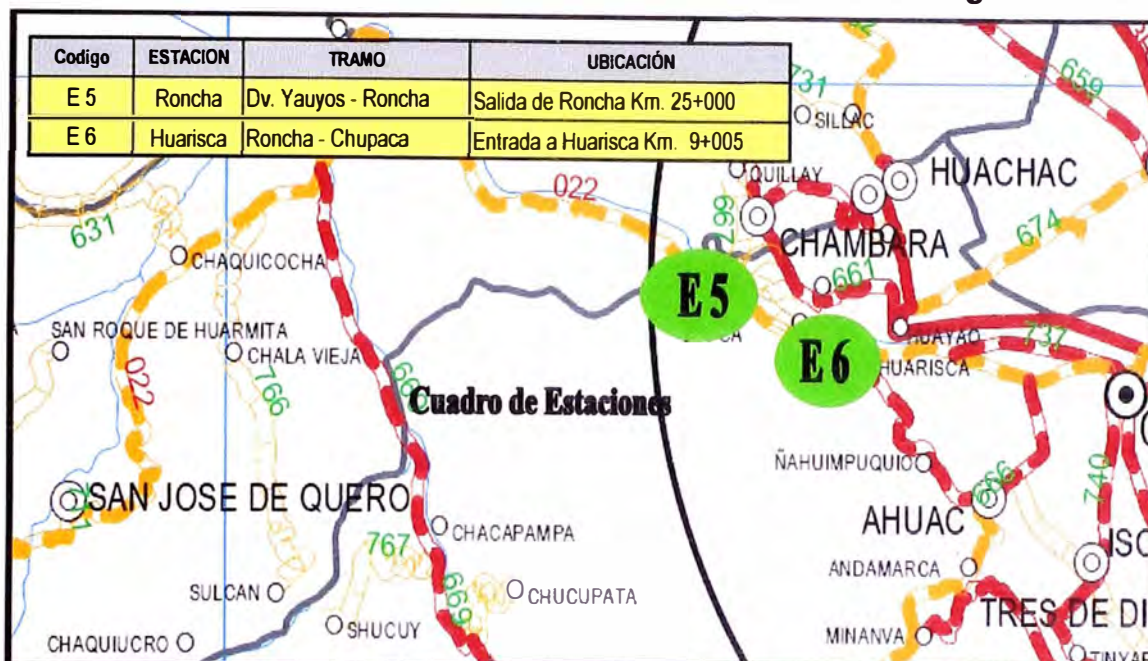
**ANEXO D:
ESTUDIO DE TRÁFICO**

Gráfico de Ubicación de las Estaciones de Control de la Región Lima



Fuente: Consorcio Gestión de Carreteras

Gráfico de Ubicación de las Estaciones de Control de la Región Junín



Fuente: Consorcio Gestión de Carreteras

Índice Medio Diario de la Carretera Cañete –Yauyos - Chupaca

Descripción vehículo	IMD (veh/día)									
	Zúñiga	Pacaran	Zúñiga	San Juan	Pueblo Nuevo	Chichica y	Capillucas	Dv. Yauyos	Alis	San Jose de Quero
	56+600	52+857	56+600	65+600	66+580	92+110	94+640	127+000	163+100	229+300
	Ronchas	Zúñiga	San Juan	Pueblo Nuevo	Chichica y	Capillucas	Dv. Yauyos	Alis	San Jose de Quero	Ronchas
	255+185	56+600	65+600	66+580	92+110	94+640	127+000	163+100	229+300	255+185
		3.74	9.00	0.98	25.53	2.53	32.36	36.10	66.20	25.89
Auto	1	76	6	6	3	2	1	1	1	9
Camioneta	9	147	194	194	289	58	20	20	20	208
Combi rural	4	105	74	74	61	18	4	4	4	37
Micro	0	17	48	48	68	8	0	0	0	5
Omnibus 2	15	8	15	15	14	13	8	8	8	8
Omnibus +2	9	0	1	1	0	1	0	0	0	0
Camión 2 Ejes	0	36	47	47	42	30	9	9	9	37
Camión 3 Ejes	7	8	9	9	4	2	11	11	7	7
Camión 4 Ejes	0	2	1	1	2	2	0	0	0	0
Semitraylers	1	19	28	28	53	98	0	0	20	36
Traylers	0	0	38	38	33	0	0	0	0	0
IMD	46	418	461	461	569	232	53	53	69	347

Fuente: Consorcio Gestión de Carreteras