

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



**EVALUACIÓN DE LA RUGOSIDAD CON EQUIPO MERLIN,
CARRETERA CAÑETE – CHUPACA
POLITICA DE MANTENIMIENTO**

INFORME DE SUFICIENCIA

Para optar el Título Profesional de:

INGENIERO CIVIL

ROLANDO QUILCA MAMANI

Lima- Perú

2011

**A mis padres por sus enseñanzas
mi familia por su amor
y mis amigos por su apoyo**

ÍNDICE	PAG.
RESUMEN	3
LISTA DE CUADROS	4
LISTA DE FIGURAS	5
LISTA DE SÍMBOLOS Y DE SIGLAS	6
INTRODUCCION	7
CAPÍTULO I: GENERALIDADES	8
1.1. ANTECEDENTES.....	8
1.1.1 Programa: Proyecto Perú.....	8
1.2. UBICACIÓN Y GEOGRAFÍA.....	9
1.3. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS.....	11
1.4. CLIMA Y TOPOGRAFÍA.....	12
1.4.1 Clima.....	12
1.4.2 Topografía.....	13
1.5. ESTUDIO DE TRÁFICO.....	14
CAPÍTULO II: POLÍTICAS DE MANTENIMIENTO	18
2.1. OBJETIVOS.....	18
2.1.1. Concepto de Serviciabilidad.....	18
2.1.2. Índice de Rugosidad Internacional (IRI) y el equipo MERLIN.....	20
2.1.3. Relaciones entre PSI e IRI.....	22
2.2. INTERPRETACIÓN DE LA CURVA DE DETERIORO.....	22
2.2.1. Fase A: Construcción.....	23
2.2.2. Fase B: Deterioro Lento y Poco Visible.....	23
2.2.3. Fase C: Deterioro Acelerado y Quiebre.....	24
2.2.4. Fase D: Descomposición Total.....	26
2.3. TRAMIFICACIÓN DE LA VÍA.....	26
2.3.1. Variación del IRI según tráfico.....	26
2.3.2. Variación del IRI según clima.....	27
2.4. EVALUACIÓN DE ESTRATEGIAS.....	29
2.4.1. Esquema Inteligente de Conservación Vial.....	30
2.4.2. Determinación del Momento Óptimo de Intervención.....	36
CAPÍTULO III: APLICACIÓN DE ESTRATEGIA DE POLITICA DE MANTENIMIENTO	39
3.1. FACTORES INVOLUCRADOS.....	39
3.1.1. Factores Involucrados Directamente.....	39

3.1.1. Factores Involucrados Indirectamente.....	39
3.2. ACTIVIDADES PREVENTIVAS.....	40
3.2.1. Levantamiento Topográfico y replanteo del eje.....	40
3.2.1. Levantamiento de Información Relevante.....	40
3.3. ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO RUTINARIO.....	41
3.4. ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO PERIÓDICO.....	43
3.5 MANIFESTACIONES DE DETERIORO EN PAVIMENTOS FLEXIBLES.....	43
CAPITULO IV: VERIFICACION CON EL PROGRAMA HDM-III.....	46
4.1. ALCANCES DE HDM-III.....	46
4.2. APLICABILIDAD A LA CARRETERA.....	46
4.2.1 Datos de Entrada.....	46
4.2.1 Resultados.....	48
CAPITULO V: PROPUESTA DE POLITICA DE MANTENIMIENTO.....	50
5.1. PROPUESTA DE POLITICA DE MANTENIMIENTO.....	50
5.1.1. Actividades Preventivas.....	52
5.1.2. Actividades de Mantenimiento Rutinario (AMR).....	54
5.1.3. Actividades de Mantenimiento Periódico (AMP).....	55
5.2. APLICACIÓN DE LA PROPUESTA AL TRAMO 74+000 AL 84+000.....	57
5.2.1. Actividades Preventivas.....	57
5.2.2. Medición del IRI con el Equipo MERLIN.....	58
5.2.3. Análisis de la grafica IRI vs Progresivas.....	62
5.2.4. Panel Fotográfico del Trabajo de Campo.....	64
CONCLUSIONES.....	67
RECOMENDACIONES.....	68
BIBLIOGRAFÍA.....	69
ANEXOS.....	70

RESUMEN

La carretera Cañete – Chupaca, es la ruta PE-24, mediante su recorrido une los departamentos de Lima y Junin, desde Cañete hasta Chupaca, pasando por Lunahuana, Zúñiga, Catahuasi, Dv. Yauyos, Alis, Tomas, San Jose de Quero y Ronchas por citar algunos poblados importantes. Altitudinalmente recorre desde los 71 msnm en Cañete, pasando por el abra Chaucha a 4752 msnm y llegar a Chupaca en 3270 msnm.

Debido al Convenio UNI-MTC, el presente informe pretende dotar de una guía de criterios con los cuales se pueda desarrollar una Política de Mantenimiento teniendo como parámetro funcional la variación del IRI de la carretera.

Dependiendo la variación del IRI de la carretera se analizará el momento oportuno para determinar el tipo de intervención necesario para elevar el nivel de serviciabilidad.

El tramo 74+000 al 84+000 de la carretera se divide en dos sectores bien demarcados, del 74+000 al 79+000 tiene un superficie de Slurry Seal y del 79+000 al 84+000 una superficie de Monocapa más Slurry Seal; en el primer sector se obtuvo un IRI de 3,41 m/km y 3.89 m/km en el siguiente sector.

Según la propuesta del presente trabajo la intervención debe realizarse cuando el valor del IRI este cerca al límite inferior del rango Regular (3.0 ~ 4.5)

Según la proyección de la curva de deterioro evaluado por un informe anterior al presente, se prevé que en el tramo 74+000 al 84+000 se llegará al valor de IRI 4.5 m/km en aproximadamente 15 años.

LISTA DE CUADROS	PAG.
CUADRO 1.01: PRINCIPALES LOCALIDADES QUE ATRAVIESA LA CARRETERA CAÑETE – CHUPACA.....	11
CUADRO 1.02: DISTANCIAS POR TRAMOS Y TIPOS DE SUPERFICIE DE RODADURA.....	12
CUADRO 1.03: UBICACIÓN DE LAS ESTACIONES DE CONTROL VOLUMEN Y CLASIFICACIÓN VEHICULAR.....	15
CUADRO 1.04: UBICACIÓN DE LAS ESTACIONES DE CONTROL VELOCIDAD VEHICULAR.....	15
CUADRO 1.05: RESUMEN DEL IMDA 2008 – 2009 POR ESTACIÓN DE CONTROL (VEH/DÍA).....	16
CUADRO 1.06: TASA PROMEDIO DE CRECIMIENTO 2008 – 2009 POR ESTACIÓN DE CONTROL.....	17
CUADRO 1.07: RESUMEN DE VELOCIDADES CARRETERA CAÑETE – CHUPACA (KM/H).....	17
CUADRO 2.01: ESCALA DE CALIFICACIÓN DE LA SERVICIABILIDAD SEGÚN AASHO [AASHO, 1962].....	19
CUADRO 2.02: ESTADO VIAL DE LAS CARRETERAS NO PAVIMENTADAS SEGÚN RUGOSIDAD.....	38
CUADRO 3.01: DEFECTOS SUPERFICIALES EN PAVIMENTOS FLEXIBLES.....	44
CUADRO 5.01: PRPUESTA DE RANGOS DEL IRI.....	52
CUADRO 5.02: CUADRO RESUMEN DE POLITICA DE MANTENIMIENTO PARA CARRETERAS DE BAJO VOLUMEN DE TRÁNSITO.....	57
CUADRO 5.03: RESUMEN DE DATOS CON EQUIPO MERLIN A TRAVÉS DEL TIEMPO Y POR TRATAMIENTO SUPERFICIAL EMPLEADO EN EL CARRIL DERECHO.....	59
CUADRO 5.04: RESUMEN DE DATOS DE CAMPO TRAMO 74+000 AL 84+000.....	62

LISTA DE FIGURAS	PAG.
FIG. 1.01: PLANO CLAVE CARRETERA CAÑETE CHUPACA.....	10
FIG. 1.02: PERFIL LONGITUDINAL DE LA CARRETERA CAÑETE – CHUPACA.....	14
FIG. 2.01: RUGOSIMETRO MERLIN.....	21
FIG. 2.02: DETERIORO DE LOS CAMINOS CON EL TRANSCURSO DEL TIEMPO.....	23
FIG. 2.03: EFECTO CONJUNTO DEL TRANSITO Y DEL MEDIO AMBIENTE.....	28
FIG. 2.04: REHABILITACIÓN DE LA SUPERFICIE DEL PAVIMENTO CON ISA=3.0.....	30
FIG. 2.05: REHABILITACIÓN ATRASADA DE LA SUPERFICIE DEL PAVIMENTO CON ISA=2.0.....	30
FIG. 2.06: POLÍTICAS ÓPTIMAS Y NO ÓPTIMAS PARA CAMINOS CASO A: EFECTOS PARA LA AGENCIA VIAL.....	32
FIG. 2.07: POLÍTICAS ÓPTIMAS Y NO ÓPTIMAS PARA CAMINOS CASO B: EFECTOS PARA LOS USUARIOS.....	33
FIG. 2.08: ESCALA DE RUGOSIDAD IRI (M/KM).....	37
FIG. 4.01: PAGINA DE INICIO DEL PROGRAMA HDM III.....	47
FIG. 5.01: DIAGRAMA DE FLUJO.....	50
FIG. 5.02: CURVA DE DETERIORO TEORICO.....	51
FIG. 5.03: LAMINA DE INFORMACION DE CAMPO.....	53
FIG. 5.04: MODELO DE COMPORTAMIENTO IRI VS TIEMPO EN EL TRATAMIENTO CON SLURRY SEAL.....	59
FIG. 5.05: MODELO DE DETERIORO DEL PSI VS TIEMPO EN EL TRATAMIENTO CON SLURRY SEAL.....	60
FIG. 5.06: MODELO DE COMPORTAMIENTO IRI VS TIEMPO EN EL TRATAMIENTO CON MONOCAPA.....	61
FIG. 5.07: MODELO DE DETERIORO DEL PSI VS TIEMPO EN EL TRATAMIENTO CON MONOCAPA.....	61
FIG. 5.08: VARIACION DEL IRI EN EL TRAMO 74+000 AL 81+000.....	63
FIG. 5.09: FOTOGRAFÍA DE LA PROGRESIVA KM 74+000.....	64
FIG. 5.10: FOTOGRAFÍA DE LA PROGRESIVA KM 74+800.....	64
FIG. 5.11: FOTOGRAFÍA DE LA PROGRESIVA KM 75+400.....	65
FIG. 5.12: FOTOGRAFÍA DE LA PROGRESIVA KM 75+800.....	65
FIG. 5.13: FOTOGRAFÍA DE LA PROGRESIVA KM 76+500.....	66
FIG. 5.14: FOTOGRAFÍA DE LA PROGRESIVA KM 80+200.....	66

LISTA DE SÍMBOLOS Y DE SIGLAS

- AASHTO:** American Association of State Highways and Transportation Officials.
- CGC:** Consorcio Gestión de Carreteras.
- D:** Rugosidad en unidades MERLIN
- Dv.:** Desvio.
- HDM:** Desarrollo y gerencia de carreteras o Highway Development and Management.
- IRI:** Índice de Rugosidad Internacional o International Roughness Index.
- MERLIN:** Acronimo del ingles Machine for Evaluating Roughness usin Lowcost Instrumentation.
- MTC:** Ministerio de Transporte y Comunicaciones.
- PSI:** Indice de Serviciabilidad Presente o Present Serviciability Index o tambien se puede expresar como ISA (Indice de Serviciabilidad Actual).

INTRODUCCIÓN

El presente Informe de Suficiencia se realizó con el fin de proponer una política de mantenimiento a la carretera Cañete – Chupaca, según la variación del IRI en la carretera.

Además se realizó la medición del IRI con el equipo MERLIN del tramo 74+000 al 84+000 para poder generar su curva de deterioro y determinar el momento y las características de la intervención si fuese necesario.

En el Capítulo I se describe las generalidades de la carretera, como los antecedentes, ubicación y geografía, características técnicas actuales, clima y topografía y el estudio de tráfico realizado por el Consorcio Gestión Vial.

En el Capítulo II se hace mención de las políticas de mantenimiento, para los cuales se requiere los objetivos, interpretación de la curva de deterioro, tramificación de la vía y las evaluaciones de estrategias.

En el Capítulo III se refiere a la aplicación de estrategias de política de mantenimiento, para ello se requiere determinar los factores involucrados, definir las actividades preventivas, las actividades de mantenimiento rutinario y las actividades de mantenimiento periódico.

En el Capítulo IV se analiza la aplicabilidad del programa HDM-III, desde el punto de vista de la rugosidad.

En el Capítulo V, se evalúa si es necesario realizar un mantenimiento periódico o rutinario, de acuerdo a los datos obtenidos del IRI, en el tramo 74+000 al 84+000. Además de proponer una Política de Mantenimiento para una carretera de Bajo Volumen de Tráfico Pavimentada.

Se tiene que entender que esta carretera en estudio no tiene una solución geométrica, si bien se cuenta con el Manual de Diseño Geométrico para Carreteras de Bajo Volumen de Tráfico sean Pavimentadas y no Pavimentadas, a esta carretera aun no se le aplica esta norma.

CAPÍTULO I: GENERALIDADES

1.1 ANTECEDENTES

El desarrollo de un país debe sustentarse en la integración de las distintas poblaciones a los mercados nacionales e internacionales, fomentando el intercambio entre ellas que permita potenciar sus ventajas competitivas. Para cumplir este objetivo el Ministerio de Transportes y Comunicaciones del Perú ha desarrollado un ambicioso Plan de Desarrollo Vial, sustentado en la consolidación de Ejes de Infraestructura Vial, denominado “Proyecto Perú”¹

1.1.1 Programa: Proyecto Perú

El Estado Peruano tiene el compromiso de promover la inversión privada y la inversión pública en infraestructura a efectos de incentivar la competitividad y la integración nacional y regional, asegurando la cobertura, la calidad y el mantenimiento de los servicios en el tiempo, con precios adecuados. Asimismo, tiene el compromiso de desarrollar en forma específica la infraestructura vial, portuaria, aeroportuaria, de saneamiento, de telecomunicaciones y de energía, con inversiones tanto privada y como pública.

“Proyecto Perú” implementa un sistema de actividades de conservación de infraestructura vial, mediante contratos en los cuales las prestaciones se controlan por niveles de servicio y plazos iguales o superiores a tres años, que se pagan por resultados y no por volumen de trabajo.

Este sistema desarrolla una cultura preventiva para evitar el deterioro prematuro de las vías mediante intervenciones rutinarias y periódicas con los recursos económicos necesarios. Esto significa actuar permanentemente para mantener las carreteras en óptimas condiciones.

Asimismo, desarrolla la innovación tecnológica con el uso de estabilizadores en las actividades de colocación de pavimentos básicos que son una tecnología

¹ Extraído de la presentación del Ing. John Vega

intermedia entre afirmado y asfaltado tradicional, el mismo que busca incrementar el tráfico en los corredores.

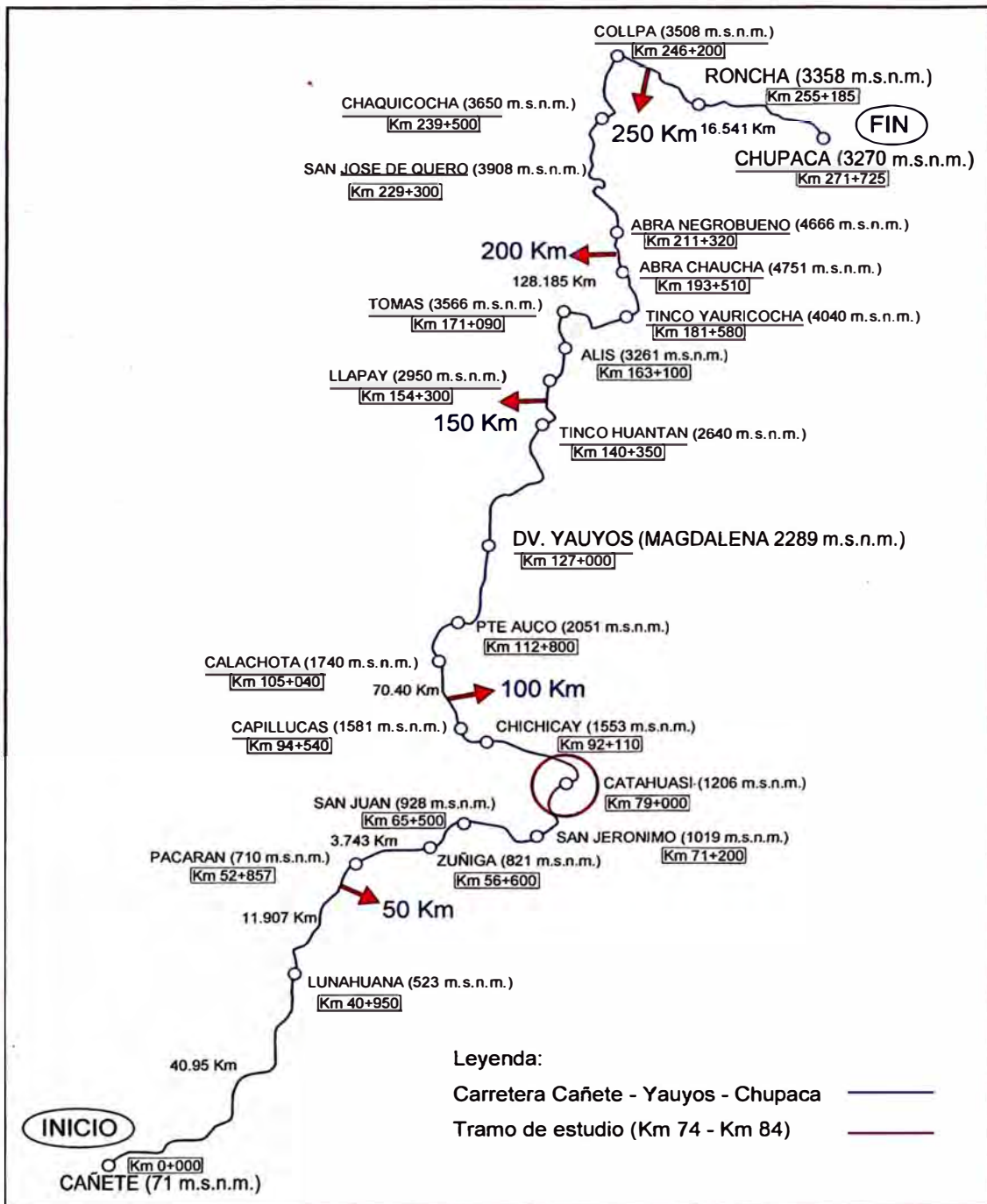
Una vez que se logra tener el tráfico necesario se realizan intervenciones mayores de ingeniería, caso contrario, los corredores quedan con los pavimentos básicos, pero con contratos de conservación permanente que aseguren comodidad para los usuarios.

1.2 UBICACIÓN Y GEOGRAFÍA

La carretera en estudio corresponde a una carretera de tercer orden Ruta N° PE-24, Cañete – Lunahuaná – Pacarán – Chupaca, la cual une los departamentos de Lima y Junín, atravesando por las provincias de Cañete, Yauyos, Concepción y Chupaca; y tiene una longitud de 271.73 km.

La carretera en el plano geográfico une la región de la costa con la región sierra, yendo desde los 71 m.s.n.m. (Cañete) hasta los 3270 m.s.n.m. (Chupaca), siendo la parte más alta el abra Chaucha, ubicado en el kilómetro 193 y con una altura de 4751 m.s.n.m. (Ver figura 1.01)

FIG. 1.01 PLANO CLAVE CARRETERA CAÑETE CHUPACA



Fuente: Convenio UNI- Provias Nacional

Por las descripciones realizadas anteriormente se puede apreciar que la vía tiene una variada geografía por la cual transita, además de un recorrido que une localidades importantes (ver Cuadro 1.01)

**CUADRO 1.01 PRINCIPALES LOCALIDADES QUE ATRAVIEZA LA CARRETERA
CAÑETE – CHUPACA**

LISTA DE LOCALIDADES QUE ATRAVIEZA LA CARRETERA CAÑETE – CHUPACA					
Localidad	Kilómetro de la Vía	Altitud (m.s.n.m.)	Localidad	Kilómetro de la Vía	Altitud (m.s.n.m.)
Cañete	0+000	71	Tinco Huantan	140+360	2640
Lunahuaná	40+950	523	Llapay	154+300	2950
Pacarán	52+857	710	Alis	163+100	3261
Zuñiga	56+600	821	Tomas	171+090	3566
San Jerónimo	71+200	1019	Abra Chaucha	193+510	4751
Catahuasi	79+000	1206	Abra Negro Bueno	211+320	4666
Chichicay	92+110	1553	San Jose de Quero	229+300	3908
Capillucas	94+640	1851	Chaquicocha	239+600	3650
Calachota	105+040	1740	Collpa	246+200	3508
Puente Auco	112+800	2051	Roncha	256+990	3358
Dv. Yauyos	128+805	2289	Chupaca	271+726	3270

Fuente: Convenio UNI- Provias Nacional

1.3. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

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

Clasificación de la vía:	Red vial nacional
Corredor vial:	Numero 13
Categoría de la vía:	3ra categoría
Velocidad directriz:	30 Km/hr.
Ancho de la vía:	2.60 a 5.00m.
Bombeo:	2.5 %
Años de servicio:	más de 50 años.
Ejes proyectados:	W18=1.69E+06

Además la carretera presenta una superficie variable de acuerdo a los trabajos de puesta a punto del contrato de conservación, según Cuadro 1.02

CUADRO 1.02: DISTANCIAS POR TRAMOS Y TIPOS DE SUPERFICIE DE RODADURA

CARRETERA	TRAMO	TIPO DE CARPETA DE RODADURA	LONGITUD KM
Antes del cambio de estándar.	Cañete - Lunahuana	Carpeta asfáltica	40.95
	Lunahuan – Pacarán	Tratamiento superficial	11.91
	Pacarán – Zuñiga	Afirmado	3.74
	Zuñiga – Dv. Yauyos	Afirmado	70.40
	Dv. Yauyos – Roncha	Afirmado	128.19
	Roncha – Chupaca	Afirmado	16.54
	Total		271.73
Después del cambio de estándar (noviembre 2010).	Cañete - Lunahuana	Carpeta asfáltica	40.95
	Lunahuan – Pacarán	Tratamiento superficial	11.91
	Pacarán –Catahuasi	Slurry Seal	24.14
	Catahuasi – Dv. Yauyos	Monocapa + SS	50.00
	Dv. Yauyos – Tinco – Alis - Roncha	Monocapa (33Km) Afirmado (95.185 Km)	128.19
	Roncha – Chupaca	Afirmado	16.54
	Total		271.73

Fuente: Convenio UNI- Provias Nacional

1.4. CLIMA Y TOPOGRAFÍA

1.4.1 Clima

La carretera en estudio une los departamentos de Lima y Junin, iniciando en Cañete y llegando a Chupaca, además de pasar por 07 de 08 regiones del Perú, según la clasificación del Dr. Javier Pulgar Vidal (expuesta en su "Geografía del Perú").

A continuación se señalan las temperaturas típicas que se dan en estas regiones:

Yunga Maritima: Corresponde desde los 500m de altitud hasta los 2 500 m sobre el nivel del mar, esta región se caracteriza por ser de sol dominante durante casi

todo el año. La temperatura fluctúa entre 20°C y 27°C durante el día; las noches son frescas, a causa de los vientos que bajan de las regiones más altas.

Quechua: Se extiende desde 2 500m hasta 3 500m de altitud sobre los dos flancos de la cordillera, el clima es templado con notable diferencia entre el día y la noche, el sol y la sombra. La temperatura media anual fluctúa entre 11°C y 16°C; las máximas entre 22°C y 29°C; y las mínimas entre 7°C y -4°C. La humedad atmosférica es poco sensible, aún cuando el suelo es normalmente húmedo, como consecuencia de las lluvias que caen con regularidad en el verano (diciembre a marzo).

Suni o Jalca: Se halla situado entre 3 500m y 4 100m sobre el nivel del mar, el clima es frío debido a la elevación y a los vientos locales. La temperatura media anual fluctúa entre 7°C y 10°C, máximas superiores a 20°C y mínimas invernales de -1°C a -16°C. El aire es transparente y las nubes se presentan en grandes cúmulos aborregados, simulando nítidas y caprichosas esculturas, muy blancas y brillantes. La precipitación promedio es de 800 mm por año.

Puna: Se encuentra entre 4 100m y 4 800m de altitud ocupando el área geográfica de las altas mesetas andinas. La temperatura media anual es superior a 0°C e inferior a 7°C. La máxima entre setiembre y abril, es superior a 15°C llegando hasta 22°C. Las mínimas absolutas, entre mayo y agosto oscilan entre -9°C y -25°C. La precipitación fluctúa entre 200mm y 1000mm al año.

1.4.2 Topografía

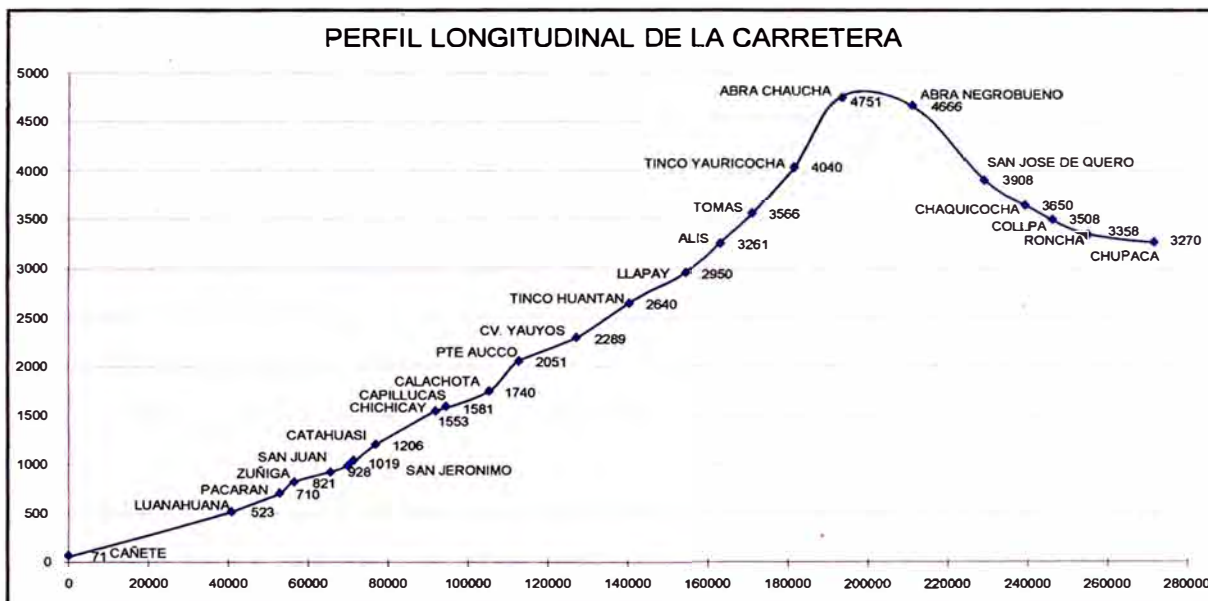
La carretera en estudio presenta una topografía accidentada en las zonas altas y ondulada llana en la zona costera.

Su inicio es en la ciudad de Cañete, típica ciudad costera con la topografía llana y un valle amplio, la sección de la carretera generalmente está en relleno, hasta el poblado de Lunahuana en donde el valle se angosta y se tiene una topografía ondulada y un poco accidentada, la sección de la carretera se encuentra a media ladera con corte medianamente alta, esto continúa hasta el poblado de Catahuasi, de acá en adelante las laderas de los cerros es más

pronunciada con cortes altos y la sección de la carretera sigue siendo a media ladera, esta topografía característica continua hasta la ciudad de Chupaca.

La carretera atraviesa los poblados descritos en el cuadro 1.01, y los cuales tienen diferentes altitudes generan un perfil longitudinal de la carretera, según Figura 1.02.

FIG. 1.02 PERFIL LONGITUDINAL DE LA CARRETERA CAÑETE – CHUPACA



Fuente: Convenio UNI- Provias Nacional

1.5. ESTUDIO DE TRÁFICO

La empresa contratista ICCGSA, perteneciente al Consorcio Gestión de Carreteras, realizó los estudios de tráfico en el 2008 y junio del 2009, con el objetivo de obtener la información básica para determinar los indicadores de tráfico (composición y volumen vehicular) y nivel de servicio en los diferentes tramos homogéneos en que se sección la Carretera “Cañete – Dv. Yauyos - Chupaca”, para la evaluación de funcionalidad en el tiempo.

Para la determinación de los tramos homogéneos de tráfico, los cuales no necesariamente coinciden con los tramos con características orográficas similares, si no que obedece al comportamiento de tráfico, las estaciones de

control de volumen vehicular según Cuadro 1.03, además de estaciones de control de velocidades según Cuadro 1.04.

**CUADRO 1.03: UBICACIÓN DE LAS ESTACIONES DE CONTROL
VOLUMEN Y CLASIFICACIÓN VEHICULAR**

CODIGO	TRAMO	NOMBRE	TAREA
E.1	Cañete – Lunahuana	Lunahuana	Conteo Continuo
E.2	Lunahuana - Pacaran	Pacaran	Conteo Continuo
E.3	Pacaran - Zuñiga	Zuñiga	Conteo Continuo
E.4	Zuñiga - Catahuasi	San Juan	Conteo Continuo
E.5	Catahuasi – Capillucas	Chichicay	Conteo Continuo
E.6	Capillucas - Dv. Yauyos	Yauyos	Conteo Continuo
E.7	Collpa - Dv. Yauyos (adicional)	Colpa	Conteo Continuo
E.8	Collpa - Huarisca	Ronchas	Conteo Continuo
E.9	Huarisca - Chupaca	Huarisca	Conteo Continuo

Fuente: Estudio de trafico 2009 - ICCGSA

**CUADRO 1.04: UBICACIÓN DE LAS ESTACIONES DE CONTROL
VELOCIDAD VEHICULAR**

CODIGO	TRAMO	INICIO	FIN
V.1	Cañete - Lunahuana	Km 12+730	Km 20+000
V.2	Lunahuana - Pacaran	Km 48+000	Km 53+000
V.3	Pacaran - Zuñiga	Km 55+000	Km 58+000
V.4	Zuñiga - Catahuasi	Km 67+500	Km 69+500
V.5	Catahuasi – Capillucas	Km 94+000	Km 96+000
V.6	Capillucas – Dv. Yauyos	Km 125+700	Km 128+700
V.7	Collpa – Dv. Yauyos (adicional)	Km 38+000	Km 39+000
V.8	Collpa – Huarisca	Km 25+000	Km 30+000
V.9	Huarisca - Chupaca	Km 9+700	Km 7+700

Fuente: Estudio de trafico 2009 - ICCGSA

La metodología para hallar el Índice Medio Diario (IMD), corresponde a la siguiente formula

$$\text{IMD} = \text{IMDs} \times \text{FC m}$$

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

Donde:

IMDs = Volumen clasificado promedio de la semana

- VI = Volumen clasificado día laboral (lunes, martes, miércoles, jueves, viernes).
- Vnl = Volumen clasificado días no laborables día sábado (Vs), domingo (Vd).
- FC m = Factor de corrección según el mes que se efectuó el aforo.

Cañete – Lunahuana – Zuñiga:

FC vehículos ligeros 1.04795

FC vehículos pesados 1.08937

Dv. Yauyos – Ronchas:

FC vehículos ligeros 1.02998

FC vehículos pesados 1.06158²

Las tablas incluidas a continuación, contienen el resumen por grandes tipos de vehículos y velocidades, ver cuadros 1.05, 1.06, y 1.07.

CUADRO 1.05: RESUMEN DEL IMDA 2008 – 2009 POR ESTACIÓN DE CONTROL (VEH/DÍA)

ESTACION	Tipo Vehículo														
	VL (Auto + SW + Camioneta)			Camioneta Rural + Micro			Ómnibus			Camión Unitario (2, 3, 4 Ejes)			Camión Acoplado		
	IMDa			IMDa			IMDa			IMDa			IMDa		
	2008	2009	Tasa %	2008	2009	Tasa %	2008	2009	Tasa %	2008	2009	Tasa %	2008	2009	Tasa %
LUNAHUANA	707	750	6	220	555	152	11	32	191	53	103	94	19	37	95
PACARAN	210	273	30	132	154	17	10	14	40	49	84	71	16	30	88
ZUÑIGA	223	230	3	122	170	39	8	13	63	46	82	78	19	25	32
SAN JUAN	200	386	93	122	499	309	16	31	94	57	70	23	66	167	153
CHICHICAY	292	361	24	129	144	12	14	32	129	48	45	-6	86	140	63
YAUYOS	21	29	38	4	15	275	8	12	50	20	34	70	0	0	0
COLLPA	0	208		0	24		0	4		0	41		0	28	
RONCHA	217	309	42	42	30	-29	8	6	-25	44	47	7	36	38	6
HUARISCA	336	519	54	38	36	-5	9	7	-22	41	48	17	30	32	7
TOTAL	2206	3065		809	1627		84	151		354	554		272	497	

Fuente: Estudio de tráfico – ICCGSA

2 Fuente: Gerencia de Operaciones Zonales – Provias Nacional.

CUADRO 1.06: TASA PROMEDIO DE CRECIMIENTO 2008 – 2009 POR ESTACIÓN DE CONTROL.

ESTACION	IMDa		Tasa Prom. Crec. 2009/2008
	2008	2009	
LUNAHUANA	1010	1477	46.2%
PACARAN	417	555	33.1%
ZUÑIGA	418	520	24.4%
SAN JUAN	461	1153	150.1%
CHICHICAY	569	722	26.9%
YAUYOS	53	90	69.8%
COLPA	0	305	
RONCHA	347	430	23.9%
HUARISCA	454	642	41.4%

Fuente: Estudio de tráfico – ICCGSA

CUADRO 1.07: RESUMEN DE VELOCIDADES CARRETERA CAÑETE – CHUPACA (KM/H).

TRAMO	SENTIDO	Vehículos ligeros	CR	Micros	Buses	Camiones unitarios	Acoplados
CAÑETE - LUNAHUANA	Cañete - Lunahuana	53	48	43	45	29	25
	Lunahuana - Cañete	59	51	53		51	38
LUNAHUANA - PACARAN	Lunahuana - Pacaran	51	51	47	51	38	46
	Pacaran - Lunahuana	51	46	44		39	43
PACARAN - ZUÑIGA	Pacaran - Zuñiga	65	57		63	44	50
	Zuñiga - Pacaran	62	52			49	43
ZUÑIGA - CATAHUASI	Zuñiga - Catahuasi	45	32		47	42	
	Catahuasi - Zuñiga	43	56	51		46	
CATAHUASI - CAPILLUCAS	Catahuasi - Capillucas	34	39		31	24	
	Capillucas - Catahuasi	31	30	26	28	23	
CAPILLUCAS - DV. YAUYOS	Capillucas - Dv. Yauyos	61	51			29	
	Dv. Yauyos - Capillucas	30	26		30	28	
DV. YAUYOS - COLLPA	Dv. Yauyos - Collpa	69	72	58	73	64	
	Collpa - Dv. Yauyos	63	65		80	45	44
COLLPA - HUARISCA	Collpa - Huarisca	48	42	31	39	32	15
	Huarisca - Collpa	42	42		40	34	31
HUARISCA - CHUPACA	Huarisca - Chupaca	51	47		43	42	23
	Chupaca - Huarisca	61	65			56	52

Fuente: Estudio de tráfico – ICCGSA

CAPÍTULO II: POLÍTICAS DE MANTENIMIENTO

2.1. OBJETIVOS

El objetivo de dar conservación a la superficie de un pavimento, es incrementar su servicio y/o conservarla muy semejante a la que esta vía tenía cuando se terminó su construcción. El índice de servicio es función de la edad de un pavimento, al iniciar su operación es muy alto y conforme se sujeta a la acción del tránsito y clima, se va deteriorando la superficie de rodamiento debido a la operación de deterioros y fallas, disminuyendo así su servicio y aumentando los costos de operación de los usuarios.

Se entiende como mantenimiento de una carretera aquella actividad que prevé y soluciona los problemas que se presentan, a causa de su uso, y así brindar al usuario el nivel de servicio para el que la carretera fue diseñada. La vida de un camino está en función de una adecuada respuesta al mantenimiento para prolongar su vida útil.

2.1.1. Concepto de Serviciabilidad

La medición de la calidad de un pavimento presenta una dificultad conceptual porque depende de para que se esta evaluando, si lo que interesa es la situación estructural, o bien la condición funcional de su superficie. Aunque esto se tenga resuelto, si no se utilizan herramientas o metodologías estandarizadas de evaluación, los resultados no serán comparables con las mediciones hechas por otra persona, ni entre un pavimento y otro.

Para resolver esta dificultad los investigadores Carey e Irick [Carey, 1959] desarrollaron para la prueba AASHO, en el año 59, un procedimiento que se explica a continuación:

- El pavimento debe proporcionar confort y seguridad al usuario.
- El confort y la calidad de rodado es un aspecto subjetivo o de opinión del usuario.
- La serviciabilidad puede determinarse a partir del promedio de las evaluaciones de todos los usuarios. Este promedio da origen al índice

Present Serviciability Rating (PSR), el cual por naturaleza, tiene carácter subjetivo.

- Hay algunas características físicas del pavimento que pueden medirse objetivamente y pueden relacionarse con las evaluaciones subjetivas. Este procedimiento permite obtener un índice objetivo denominado Present Serviciability Index (PSI).
- El comportamiento del pavimento puede ser representado por la historia de la serviciabilidad de dicho pavimento.

Como se dijo la serviciabilidad es entonces la percepción que tienen los usuarios del nivel de servicio del pavimento. Se definió una escala de evaluación de 0 a 5, (ver cuadro 2.01).

CUADRO 2.01. ESCALA DE CALIFICACIÓN DE LA SERVICIABILIDAD SEGÚN AASHO [AASHO, 1962]

Calificación		Descripción
Numérica	Verbal	
5.0 4.0	Muy Buena	Solo los pavimentos nuevos (o casi nuevos) son lo suficientemente suaves y sin deterioro para clasificar en esta categoría. La mayor parte de los pavimentos construidos o recarpeteados durante el año de inspección normalmente se clasificarán como muy buenos.
4.0 3.0	Buena	Los pavimentos de esta categoría, si bien no son tan suaves como los "Muy Buenos, entregan un manejo de primera clase y muestran muy poco o ningún signo de deterioro superficial. Los pavimentos flexibles pueden estar empezando a mostrar evidencias de un leve deterioro superficial, como desconches y fisuras menores.
3.0 2.0	Regular	En esta categoría la calidad de manejo es notablemente inferior a la de los pavimentos nuevos, y puede presentar problemas para altas velocidades de tránsito. Los defectos superficiales en pavimentos flexibles pueden incluir ahuellamiento, parches y agrietamiento. Los pavimentos rígidos en este grupo pueden presentar fallas en las juntas, agrietamiento, escalonamiento y pumpig.
2.0 1.0	Mala	Los pavimentos en esta categoría se han deteriorado hasta un punto donde pueden afectar la velocidad de tránsito de flujo libre los pavimentos flexibles pueden tener grandes baches y grietas profundas; el deterioro incluye pérdida de áridos, agrietamiento y ahuellamiento, y ocurre en un 50% o más de la superficie. El deterioro en pavimentos rígidos incluye desconche de juntas, escalonamiento, parches, agrietamiento y bombeo.
1.0 0.0	Muy mala	Los pavimentos en esta categoría se encuentran en una situación de extremo deterioro. Los caminos se pueden pasar a velocidades reducidas y con considerables problemas de manejo. Existen grandes baches y grietas profundas. El deterioro ocurre en un 75% o más de la superficie.

Fuente: De Solminiac Hernan, Gestión de Infraestructura Vial

2.1.2. Índice de Rugosidad Internacional (IRI) y el equipo MERLIN

El IRI es un indicador estadístico de la irregularidad superficial del pavimento, representa la diferencia entre el perfil longitudinal teórico (recta o parábola continua perfecta, $IRI=0$) y el perfil longitudinal real existente en el instante de la medida.

El perfil real de una carretera recién construida tiene el estado cero, definido por su IRI inicial >0 , debido a condiciones constructivos. Una vez puesta en servicio, la geometría del pavimento se modifica lentamente en función del paso del tránsito evolucionado hacia valores más elevados del IRI (mayores irregularidades).

El IRI se determina mediante el cálculo matemático realizado con ordenadas o cotas de una línea del perfil longitudinal, obtenidas por cualquier técnica o equipo de medida de perfil longitudinal.

Las consideraciones más importantes sobre el IRI son:

- Su principal ventaja reside en que el IRI es un modelo matemático cuyo resultado es independiente de la técnica o equipo con el que se haya obtenido el perfil.
- Para el cálculo del IRI es importante de considerar la representatividad de las ordenadas que se introducen, es decir, la confiabilidad de la técnica o equipo con el que se obtiene el perfil y la frecuencia del muestreo del mismo.
- La precisión de los equipos de medida de la irregularidad superficial es uno de los temas más delicados y complejos de decidir y valorar.

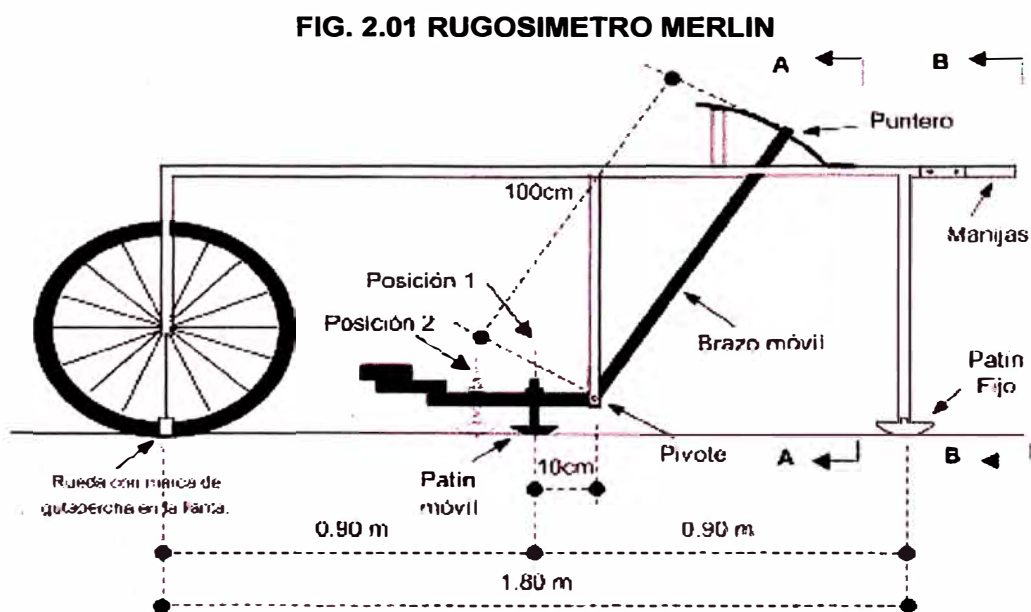
El rugosímetro MERLIN, es un instrumento versátil, sencillo y económico, pensado especialmente para uso en países en vías de desarrollo. Fue introducido en el Perú 1993.

De acuerdo con la clasificación del Banco Mundial los métodos para la medición de la rugosidad se agrupan en 4 clases, siendo los de Clase 1 los más exactos (Mira y Nivel, TRRL Beam, perfilómetros estáticos). La Clase 2 agrupa a los métodos que utilizan los perfilómetros estáticos y dinámicos, pero que no

cumplen con los niveles de exactitud que son exigidos para la Clase 1. Los métodos Clase 3 utilizan ecuaciones de correlación para derivar sus resultados a la escala del IRI (Bump integrator, Mays meter). Los métodos Clase 4 permiten obtener resultados meramente referenciales y se emplean cuando se requieren únicamente estimaciones gruesas de la rugosidad.

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

Consiste en una estructura metálica de 1.8 m longitud, con una rueda al frente, un pie de apoyo fijo atrás y un apoyo central oscilante (fig. 2.01), este último mide las desviaciones de cota de un punto respecto a la rasante que definen los otros dos puntos. El apoyo central unido a un brazo que en su extremo superior posee un puntero que permite registrar estas desviaciones en una planilla de papel.



Fuente: Del Águila Pablo, Metodología para la determinación de la Rugosidad de los pavimentos

2.1.3 Relaciones entre PSI e IRI

La relación entre la serviciabilidad y la rugosidad se establece a partir de los valores de rugosidad y los resultados de PSR. El IRI es el Índice de Rugosidad Internacional, que fue obtenido en cada tramo a través de del MERLIN, y que se expresa en m/km. Se debe recordar que el IRI del tramo es el promedio del IRI sobre el perfil de cada huella, y considerado para la longitud total del tramo que debe ser 400 metros. El PSR es el promedio para cada tramo de las calificaciones individuales de los miembros del panel evaluador. Cuando se establecen ecuaciones que predicen los valores del PSR a partir de mediciones objetivas como las de rugosidad entonces se habla de PSI o “Present Serviceability Index” para diferenciarlo del “Present Serviceability Rating” que proviene directamente del panel de usuarios.

- Modelo empleado por el HDM III (Paterson, 1987)

$$PSI = 5 \times e^{(-IRI/5.5)}$$

- Modelo desarrollado por B. Al-Olmari y M.I. Darter (Al-Omari)

$$PSI = 5 \times e^{(-0.261/IRI)}$$

- Modelo desarrollado por Dusisin –Arroyo (Dujisin 1995)

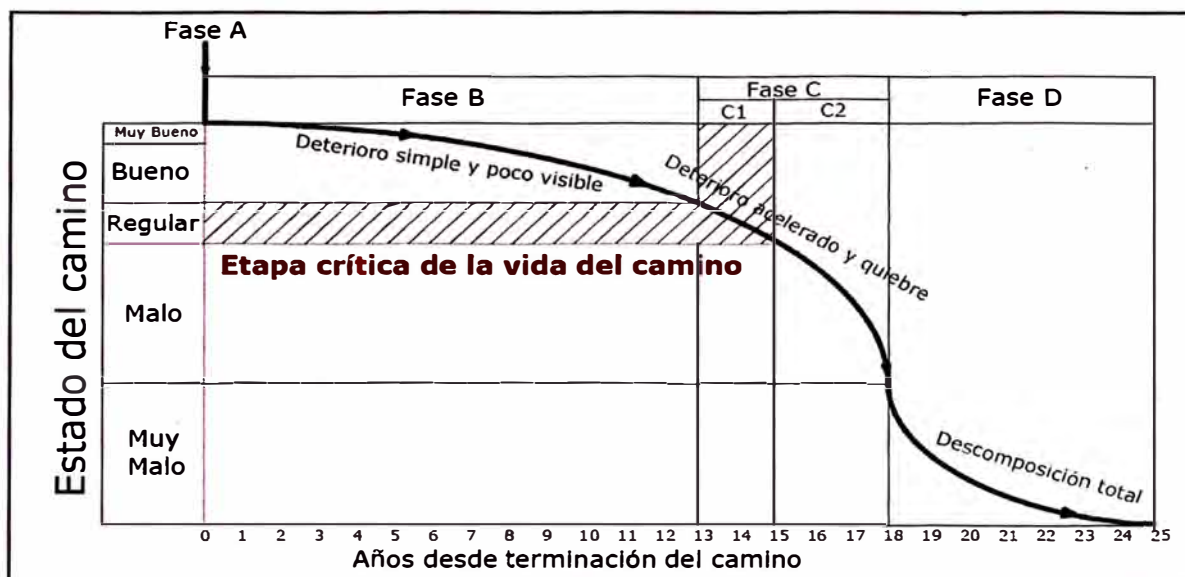
$$PSI = 5.85 - 1.68(IRI)^{(0.5)}$$

2.2 INTERPRETACION DE LA CURVA DE DETERIORO

La evaluación del comportamiento o performance del pavimento implica ineludiblemente estudiar la respuesta funcional de un tramo o sección del camino. Para analizar este comportamiento funcional del pavimento se necesita información de la calidad de rodadura durante el periodo en estudio y de los datos históricos del tránsito que ha estado solicitando el pavimento durante ese periodo. La historia del deterioro de la calidad de rodadura o nivel de servicio es lo que se define como la curva de comportamiento del pavimento.

Este ciclo consta de cuatro etapas, que serán descritas a continuación (ver figura 2.02).

FIG. 2.02: DETERIORO DE LOS CAMINOS CON EL TRANCURSO DEL TIEMPO



Fuente: Schliessler Andras, Bull Alberto (1994), "Camino: Un nuevo enfoque para la gestión de redes viales"

Para la descripción de estas etapas, se utilizara el ejemplo de los caminos pavimentados con materiales asfálticos que es muy similar a la carretera en estudio. Los detalles del ciclo presentan pequeñas diferencias entre ambos, el mensaje básico es el mismo, y consiste en que en ninguno de los casos deber permitirse el deterioro excesivo o la destrucción de su estructura básica.

Las cuatro etapas del ciclo normal de un camino, son las siguientes:

2.2.1 Fase A: Construcción

Un camino puede ser de construcción sólida, o con algunos defectos, o bien con un diseño o una ejecución de la construcción claramente deficiente. De todos modos, el camino entra en servicio apenas terminada la obra. El día de la inauguración y corte de cinta el camino suele encontrarse en excelentes condiciones y satisfacer plenamente las necesidades de los usuarios. (Véase el punto A de la figura 2.02).

2.2.2. Fase B: Deterioro Lento y Poco Visible

Durante un cierto número de años, el camino va experimentando un desgaste y un proceso de debilitamiento lento, principalmente en la superficie de rodadura, y

en un menor grado, en el resto de su estructura. Este desgaste se produce por la gran cantidad de vehículos pesados y livianos que circulan por él, aunque también por la influencia del clima, del agua de lluvias o las aguas superficiales, la radiación solar, los cambios de temperatura, y otros factores. Por otro lado, la velocidad del desgaste depende también de la calidad de construcción inicial.

Para frenar este proceso de desgaste y debilitamiento, es necesario aplicar, con cierta frecuencia, diferentes medidas de conservación principalmente en la superficie y en las obras de drenaje. Además, hay que efectuar las operaciones de mantenimiento rutinario.

Durante toda la fase B, el camino se mantiene aparentemente en buen estado y el usuario no percibe el desgaste, a pesar del aumento gradual de fallas menores aisladas, el camino sigue sirviendo bien a los usuarios y está en condiciones de ser conservado, en el pleno sentido del término. (Véase el punto B de la figura 2.02).

2.2.3. Fase C: Deterioro Acelerado y Quiebre

Después de varios años de uso, el pavimento y otros elementos del camino están cada vez más “agotados” y el camino entra en una etapa de deterioro acelerado y resiste cada vez menos al tránsito. (Véase el sector C de la figura 2.02). Al inicio de esta fase, la estructura básica del camino aún sigue intacta, las fallas en la superficie son menores, y el usuario común tiene la impresión de que el camino aún se mantiene bastante sólido; sin embargo, no es así (Véase el sector C1 de la figura 2.02). Avanzando un poco más en la fase C, se pueden observar cada vez más daños en la superficie y comienza a deteriorarse la estructura básica, que no es visible. En otras palabras, cuando el pavimento de un camino presenta graves fallas que se pueden detectar a simple vista, se puede asegurar que la estructura básica del camino también está seriamente dañada.

Estos daños comienzan siendo puntuales, y luego se van extendiendo hasta que finalmente afectan la mayor parte del camino. (Véase el sector C2 de la figura 2.02). La fase C es relativamente corta, ya que comprende un periodo de entre 2

y 5 años. Una vez que el daño de la superficie se generaliza, la destrucción es acelerada. En un esquema inteligente de conservación, la superficie del camino debe reforzarse al inicio de la fase C, período en el cual la condición del pavimento se torna crítica. (Véase el sector C1 de la figura 2.02). Los objetivos del refuerzo son los siguientes:

- Detener el deterioro acelerado del camino.
- Conservar intacta la estructura básica existente.
- Asegurar la capacidad estructural del camino de modo que pueda ser apto para el tránsito durante otro período prolongado.

Al inicio de la fase C (Véase el sector C1 de la figura 2.02), normalmente basta con reforzar la superficie del camino, lo que supone un costo relativamente bajo. Una vez efectuado el refuerzo, el camino vuelve a estar apto para su función y puede resistir al tránsito durante una buena cantidad de años más. Sin embargo, como al comienzo de la fase C las fallas no son detectables a simple vista y la marcha del vehículo no es muy incómoda, generalmente no se interviene en el momento preciso, y el deterioro se agudiza.

Si se avanza dentro de la fase C (Sector C de la figura 2.02), y dejamos pasar el momento óptimo de intervención, el simple refuerzo de la superficie ya no es suficiente. Primero deben repararse los daños que se han producido en la estructura básica del camino, lo que significa demoler y levantar las partes dañadas, reemplazándolas por componentes nuevos. Posteriormente se coloca el refuerzo sobre toda la superficie del camino. Cuanto más se atrase la intervención, mayor serán los daños y mayores también las reparaciones necesarias en la estructura básica del camino. Frecuentemente se utiliza el término "rehabilitación" cuando se alude a la combinación de reparaciones parciales en la estructura básica del camino con el refuerzo de su superficie. Al no intervenir en momento alguno durante la fase C, el camino llega al punto de quiebre, es decir, se produce una falla generalizada, tanto del pavimento como de la estructura básica. Durante toda la fase C, los vehículos siguen circulando, y aunque al principio lo hacen sin ningún problema, paulatinamente los usuarios van experimentando una cantidad creciente de molestias a causa de las irregularidades de la superficie: baches, grietas, depresiones y deformaciones.

Al finalizar la fase C y durante la fase D, sólo cabe reconstruir completamente el camino, a un costo que equivale de 120% a 140% del valor de un camino completamente nuevo.

2.2.4 Fase D: Descomposición Total

La descomposición total del camino constituye la última etapa de su existencia y puede durar varios años. Durante ese período, lo primero que se observa es la pérdida del pavimento. Cada vez que pasa un vehículo pesado se desprenden trozos de capa asfáltica, hasta que al final termina siendo un camino de grava y a la larga, de afirmado (Véase fase D en la figura 2.02). El paso de los vehículos se dificulta, la velocidad promedio de circulación baja bruscamente y la capacidad del camino queda reducida a sólo una fracción de la original. Los vehículos comienzan a experimentar daños en los neumáticos, ejes, amortiguadores y el chasis. En general, los costos de operación de los vehículos suben de manera considerable y la cantidad de accidentes graves también aumenta. En esta última etapa llega un momento en que los automóviles normales ya no pueden continuar transitando y sólo algunos camiones y jeeps lo siguen haciendo.

2.3. TRAMIFICACIÓN DE LA VÍA

La tramificación de la carretera se puede realizar de varias formas, dependiendo lo que se requiere evaluar, para la evaluación de la rugosidad se tiene en cuenta el tráfico y el clima, entonces la vía se puede tramificar en sectores homogéneos de tráfico y clima.

El estudio de tráfico cuenta con una repartición homogénea de la carretera y por eso las estaciones se colocaron de manera estratégica en ese sentido.

2.3.1. Variación del IRI según tráfico.

Visto desde el diseño estructural, los datos importantes del estudio de tráfico serían el IMDA (índice medio diario anual) y NEE (número de ejes equivalentes),

pero la evaluación del IRI es visto como un parámetro funcional, por lo tanto, el IMDA es un factor importante además del estudio de velocidades.

El IMDA para la evaluación de IRI, es importante porque nos determina el volumen de vehículos que circulan por el pavimento, cuantos más vehículos circulan por la vía mayor desgaste sufrirá la superficie y con ello se elevara el IRI característico de la carretera.

Del estudio de tráfico, también es importante saber la velocidad con la que circulan los vehículos, la velocidad está relacionada con la fricción que ejercen las llantas a la superficie, principalmente con el área de contacto, cuanto mayor es la velocidad mayor será el área de contacto, y mayor será la huella frenado, esta huella de frenado degradara rápidamente la superficie de la carretera y por ende el IRI característico se incrementara.

El estudio de tráfico realizado por el Consorcio en el 2008 y junio del 2009, no contempla el pesaje de los vehículos, el pesaje también es un factor directamente relacionado con el incremento del IRI, en vista que cuanto mayor sea la carga mayor será en desgaste de la superficie, ver cuadro 2.02.

2.3.2. Variación del IRI según clima

La variación del IRI con respecto al clima se puede definir por dos factores, la temperatura y las lluvias, estos efectos actúan directamente sobre la superficie de la carretera.

Los cambios de la temperatura del medio ambiente originan variaciones en la temperatura a distintas profundidades de la superficie.

Las bajas temperaturas producen congelamiento ya sea en la superficie del camino como en la subbase y subrasante. Al existir problemas de congelamiento en la superficie del camino, el agua que pueda existir en juntas o huecos del pavimento se expande generando tensiones que pueden producir grietas en el pavimento, a esto se debe agregar el efecto que producen las sales utilizadas para impedir el congelamiento de la superficie.

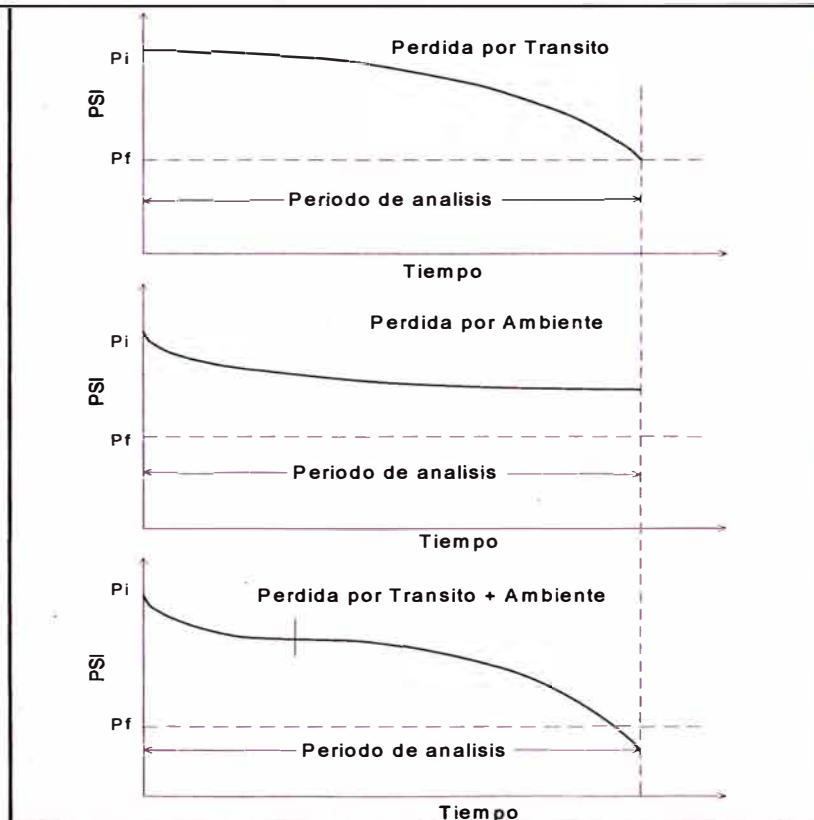
Las lluvias infiltran agua hacia la interfaz carpeta–base, produciéndose condiciones para el bombeo erosiones y movilización de finos bajo la carpeta, que modifican las condiciones de apoyo, y también influyen sobre la magnitud del gradiente hídrico al modificar las condiciones de humedad interna del pavimento.

En general, se tendrá las siguientes consecuencias:

- Cambio de volumen por variaciones de humedad en la carpeta.
- Alabeo de la carpeta hacia arriba cuando la superficie está más seca.
- Expansión de la carpeta
- Transporte de contaminantes en grietas y juntas.
- Reducción de la resistencia y estabilidad de la subbase y subrasante.
- Efectos sobre la resistencia al deslizamiento, aumento del IRI.

Se trata de explicar la variación del IRI con respecto al clima en la carretera según cuadro 2.03.

FIG. 2.03 EFECTO CONJUNTO DEL TRANSITO Y DEL MEDIO AMBIENTE



Fuente: AASHTO 1993

2.4. EVALUACIÓN DE ESTRATEGIAS

El propósito de dar conservación a la superficie de un pavimento, es incrementar su servicio y/o conservarla muy semejante a la que esta vía tenía cuando se terminó su construcción. El PSI es función de la edad de un pavimento, al iniciar su operación es muy alto y conforme se sujeta a la acción del tránsito y clima, se va deteriorando la superficie de rodamiento debido a la operación de deterioros y fallas, disminuyendo así su servicio y aumentando los costos de operación de los usuarios.

Como mínimo, este cálculo debería efectuarse cada dos o tres años. De este modo, la comparación servirá para poder evaluar el éxito o fracaso de una política de conservación de caminos. Lo ideal es que la evaluación sea anual, o incluso continua, aunque en la práctica no siempre se cuenta con los datos actualizados.

Las acciones a ejecutarse deben hacerse a través de un proceso sistematizado que conlleve a establecer un Sistema de Administración de Pavimentos.

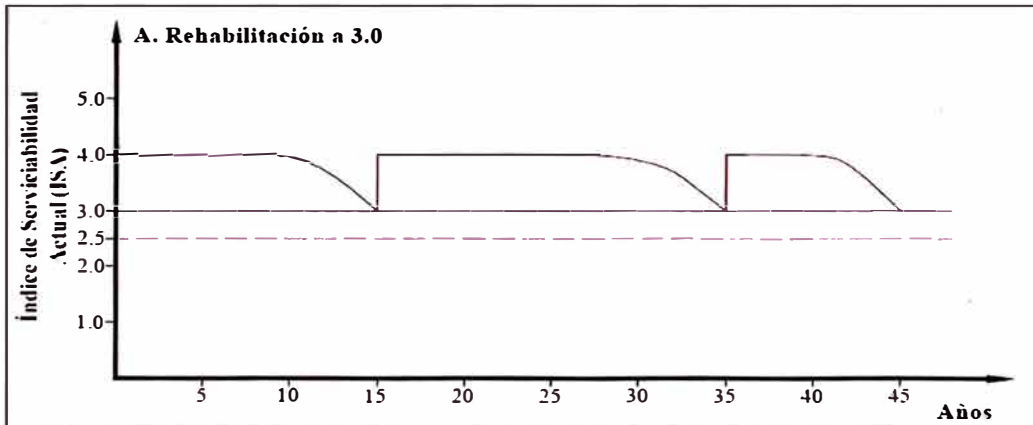
Debe considerarse que a este sistema, como todo sistema de administración, está fundamentado en un ciclo que comprende las etapas siguientes:

- Planeación.
- Programación.
- Ejecución y Control.
- Evaluación de Resultados / Retroalimentación.

Por ejemplo, el Sistema de Administración de Mantenimiento Vial debe tener implícito un Análisis de Factibilidad Técnica-Económica-Financiera y Ambiental, para evaluar lo más aproximado posible, el monto y el impacto de las acciones que se requieran para el mejoramiento del pavimento de las vías. Las acciones propuestas para esta área específica están enfocadas a preservar las inversiones en la infraestructura vial y reducir los costos de operación de los vehículos, así como para mitigar o prevenir el impacto al medio ambiente por las obras inducidas.

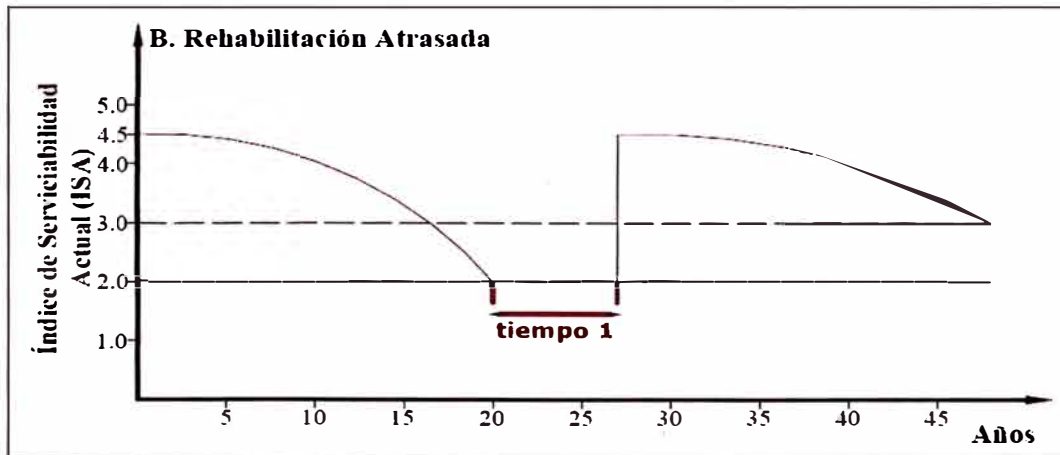
Las estrategias para planear el mantenimiento deben tomar en cuenta que no es más barato “diferir” estas acciones ya que, según el ciclo de vida de un pavimento, a medida que transcurre el tiempo, se disminuye la calidad de servicio de éste y los recursos presupuestales necesarios para renovarlo serán cada vez mayores. Más ejemplos de esto se pueden ver en las Figuras 2.04 y 2.05.

FIG. 2.04 REHABILITACIÓN DE LA SUPERFICIE DEL PAVIMENTO CON ISA=3.0



Fuente: Ballarin Miguel, Tesis de Grado

FIG. 2.05 REHABILITACIÓN ATRASADA DE LA SUPERFICIE DEL PAVIMENTO CON ISA=2.0



Fuente: Ballarin Miguel, Tesis de Grado

2.4.1. Esquema Inteligente de Conservación Vial

En las páginas anteriores, se ha intentado explicar que existe un momento preciso para efectuar ciertos trabajos de conservación de un camino. Por

ejemplo, en un camino con pavimento asfáltico, el refuerzo de la superficie debe efectuarse al principio de la fase C. Otro ejemplo es la limpieza de los drenajes de los caminos, trabajo habitual de mantenimiento rutinario, que debe efectuarse especialmente antes y durante la temporada de lluvias. Por cierto que esta acción tiene un costo, pero reduce los riesgos de que la agresión de las aguas pueda destruir partes del camino.

En síntesis, tiene un costo realizar las labores de conservación de los caminos de manera demasiado anticipada o postergarlas a un tiempo diferente del óptimo. Si se hace antes, se pierde la oportunidad de haber utilizado el capital en algo más rentable durante el período del adelanto. Los economistas lo llaman "*costo de oportunidad de capital*", y es equivalente al interés perdido por haber utilizado el capital antes de lo necesario. Sin embargo, mucho más grave es si se pasa del momento oportuno para intervenir y los trabajos de conservación necesarios se postergan. El atraso tanto en el refuerzo como en el mantenimiento rutinario, produce daños en la estructura básica del camino. En este caso, la pérdida es mucho mayor, pues el tipo de intervención necesaria será de rehabilitación, que tiene un costo mucho más alto que el correspondiente a trabajos de manera oportuna.

Como si lo señalado fuera poco, existe otro efecto perjudicial cuando se posterga la conservación. El deterioro de la superficie de rodadura trae como consecuencia el aumento de los "*costos de operación de los usuarios*". Este incremento es leve cuando el camino llega a estado regular, pero aumenta rápidamente al deteriorarse el estado superficial. Todo ello se traduce en un aumento de los costos de transporte, lo que significa una presión inflacionaria de carácter estructural.

En consecuencia y al contrario de lo que se puede pensar a simple vista, aplicar una política de conservación sana representa para nosotros, ahorrar ingentes recursos que serían útiles para su mejor desenvolvimiento.

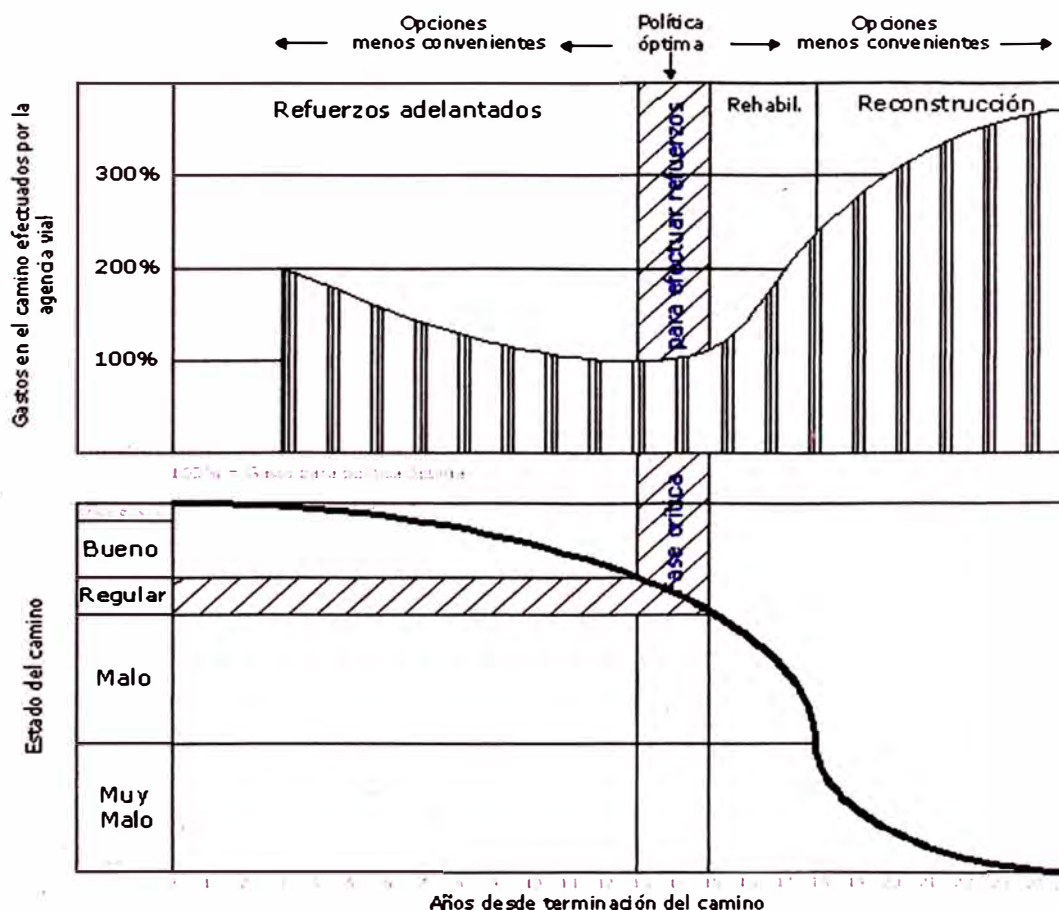
Es evidente entonces la necesidad de identificar el momento preciso para cada trabajo de conservación especialmente, para nuestro caso de estudio, cuando se trata de caminos de bajo volumen de tráfico, que por sus características técnicas

(valores IRI), puede contarse con un margen de tiempo más flexible para efectuar las intervenciones a comparación de los caminos de volumen de tráfico normal.

Las figuras 2.06 y 2.07 sobre "Políticas óptimas y no óptimas para los caminos" muestran las consecuencias de intervenir fuera del momento oportuno.

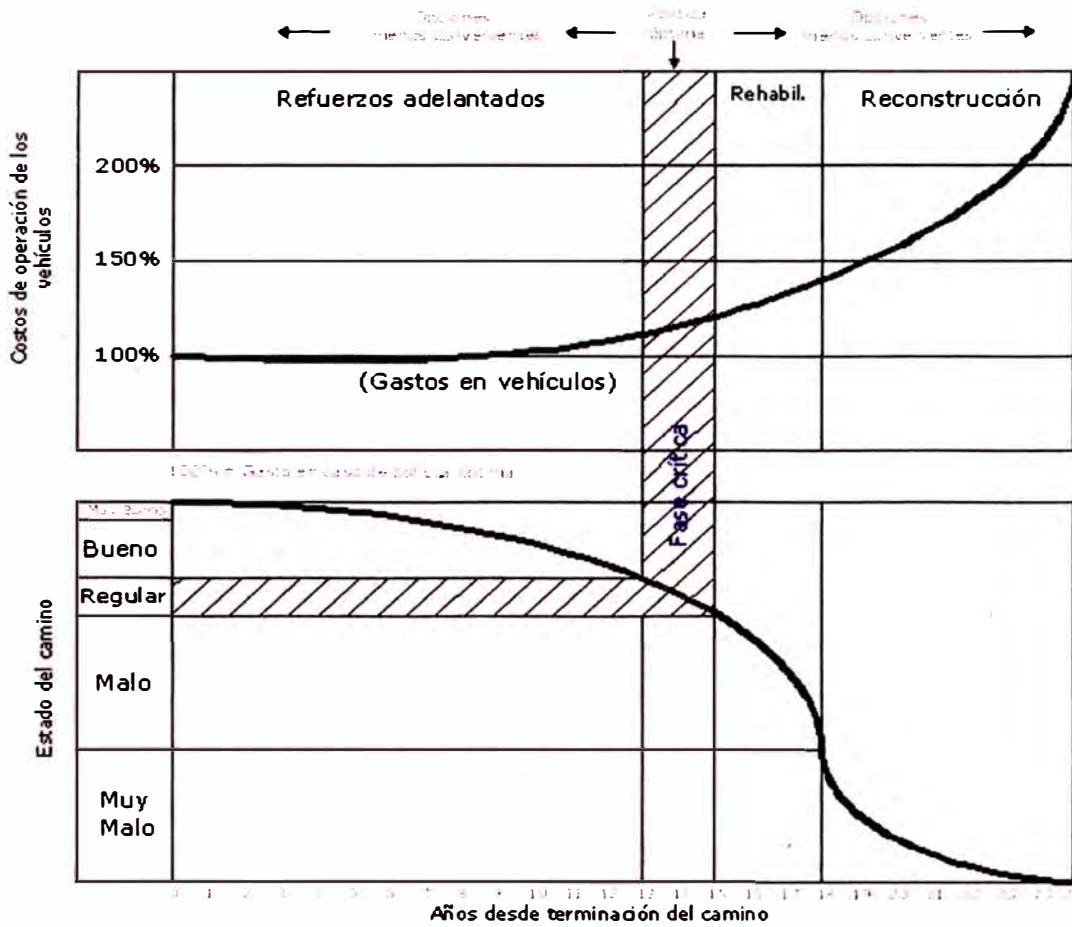
El primer diagrama, centrado en la agencia vial, señala que existe un costo adicional si se adelantan los trabajos de refuerzo del pavimento, pero que es significativamente menor que el costo adicional que significaría retrasarlos. El segundo diagrama ilustra el considerable aumento de los costos de los usuarios por concepto de mayores consumos de combustibles, neumáticos, repuestos, desgaste de los vehículos, tiempos de viaje y accidentes.

**FIG. 2.06: POLÍTICAS ÓPTIMAS Y NO ÓPTIMAS PARA CAMINOS
 CASO A: EFECTOS PARA LA AGENCIA VIAL**



Fuente: SCHLIESSLER Andreas, BULL Alberto (1994), "CAMINOS: Un nuevo enfoque para la gestión y conservación de redes viales".

**FIG. 2.07: POLÍTICAS ÓPTIMAS Y NO ÓPTIMAS PARA CAMINOS
CASO B: EFECTOS PARA LOS USUARIOS**



Fuente: SCHLISSLER Andreas, BULL Alberto (1994), "CAMINOS: Un nuevo enfoque para la gestión y conservación de redes viales".

Establecer el momento oportuno en que debe realizarse cada medida de conservación no es de ninguna manera algo sencillo, considerando que están en juego cifras significativas para la economía. De hecho, se requiere emplear complejos instrumentos de análisis para computar los costos de conservación y de operación que podrían generarse al adoptar diferentes opciones y determinar cuál es, para cada camino, el estado o condición límite que a largo plazo reduce al mínimo la suma total de los costos de los usuarios y de la agencia vial.

¿Cuáles son las tareas principales en la preparación de una política de mantenimiento que pretenda lo mejor para la red vial y para la economía nacional? La respuesta debe comenzar por identificar para cada camino lo siguiente:

- El momento preciso de cada intervención, y

- El tipo óptimo de intervención

Existen entonces dos opciones que deben manejarse en un esquema planificado de conservación:

- **La opción de tiempo (timing option)**

La opción de tiempo significa que cada obra de conservación debe ejecutarse habitualmente dentro de un tiempo preciso. El punto de partida para determinarlo es el conocimiento cabal de los caminos de la red vial, así como también de los efectos del tránsito en los caminos. Este conocimiento permite estimar los *momentos oportunos* para los diferentes tipos de intervención.

Esta estimación debe hacerse con varios meses o incluso años de anticipación si se trata de intervenciones importantes, como es el caso del mantenimiento periódico.

La opción de tiempo significa la posibilidad de adelantar acciones de conservación. Una vez detectados los momentos óptimos, puede decidirse sobre la conveniencia de anticipar ciertas intervenciones. Por el contrario, atrasar las actividades, muy pocas veces resulta ser una opción válida dentro del esquema propuesto. Se ha explicado que cuando se atrasa la intervención, muy rápidamente se observan daños físicos en el camino, los que aumentan desproporcionadamente con el tiempo.

Los motivos para adelantar (o muy excepcionalmente retrasar) las actividades de conservación pueden ser de tipo *operacional* o *financiero*. El motivo operacional más frecuente puede ser evitar altibajos en la ocupación de la capacidad física de las empresas contratistas o de los medios propios de ejecución; y para ello mostramos le siguiente ejemplo:

- Si se proyectan grandes volúmenes de trabajo para un determinado período de tiempo, que pudieran exceder de la capacidad instalada de los contratistas, la experiencia revela que los precios ofrecidos subirán.
- Además, la calidad de la mano de obra puede decaer.

- Si durante ciertos períodos hay poca oferta de trabajo, los contratistas no invertirán en equipos y tecnología y pueden incluso reducir su capacidad, que a su vez hace difícil la producción una vez que repunte el volumen de trabajo.
- La situación adicional es que se registre un flujo constante de trabajo, lo que redundaría en precios estables y promueve verdadera competencia entre los contratistas.
- Y por último, otra razón operacional para alterar la oportunidad de intervención podría ser evitar la ejecución de obras en períodos de mal tiempo, por las dificultades que ello implica.

Entre los motivos financieros pueden citarse:

- El intento de hacer compatibles los flujos de gastos con los flujos de ingresos, y esto es muy importante porque hay que considerar la dinámica de las tasas de interés en el mercado de capitales.

Otro motivo, que se basa en consideraciones de tipo operacional y financiero simultáneamente, puede ser la necesidad de evitar trastornos en la temporada de mayor densidad de tránsito, como suele ser la temporada de vacaciones o de fiestas patronales.

- **La opción de dimensionamiento (dimensioning option)**

Esta opción en definir la dimensión técnica de la intervención. Por ejemplo, el recapeo de la superficie o una capa adicional de Slurry Seal. Cada alternativa satisface objetivos inmediatos, consistentes en disminuir el IRI, evitar que las fallas sean estructurales y solo sean funcionales, y asegurar que el camino pueda servir algunos años más. La diferencia que existe entre las distintas opciones radica en el costo de la intervención, el tiempo que se necesita para ejecutarla y su durabilidad.

La regla general es que las intervenciones óptimas suelen ser aquellas que tienen una orientación a mediano o largo plazo. Las soluciones de corta duración suelen ser no tan buenas y, por ende, menos acertadas, aunque no por ello menos válidas en circunstancias especiales.

Los motivos que se tengan para elegir una u otra opción de dimensionamiento, pueden ser de carácter operacional o financiero, al igual que en el caso de las opciones de tiempo.

De lo anterior se desprende que la política de mantenimiento de un camino consiste en gran parte en la búsqueda del momento óptimo para tomar medidas adecuadas de conservación.

2.4.2 Determinación del Momento Óptimo de Intervención en el Camino

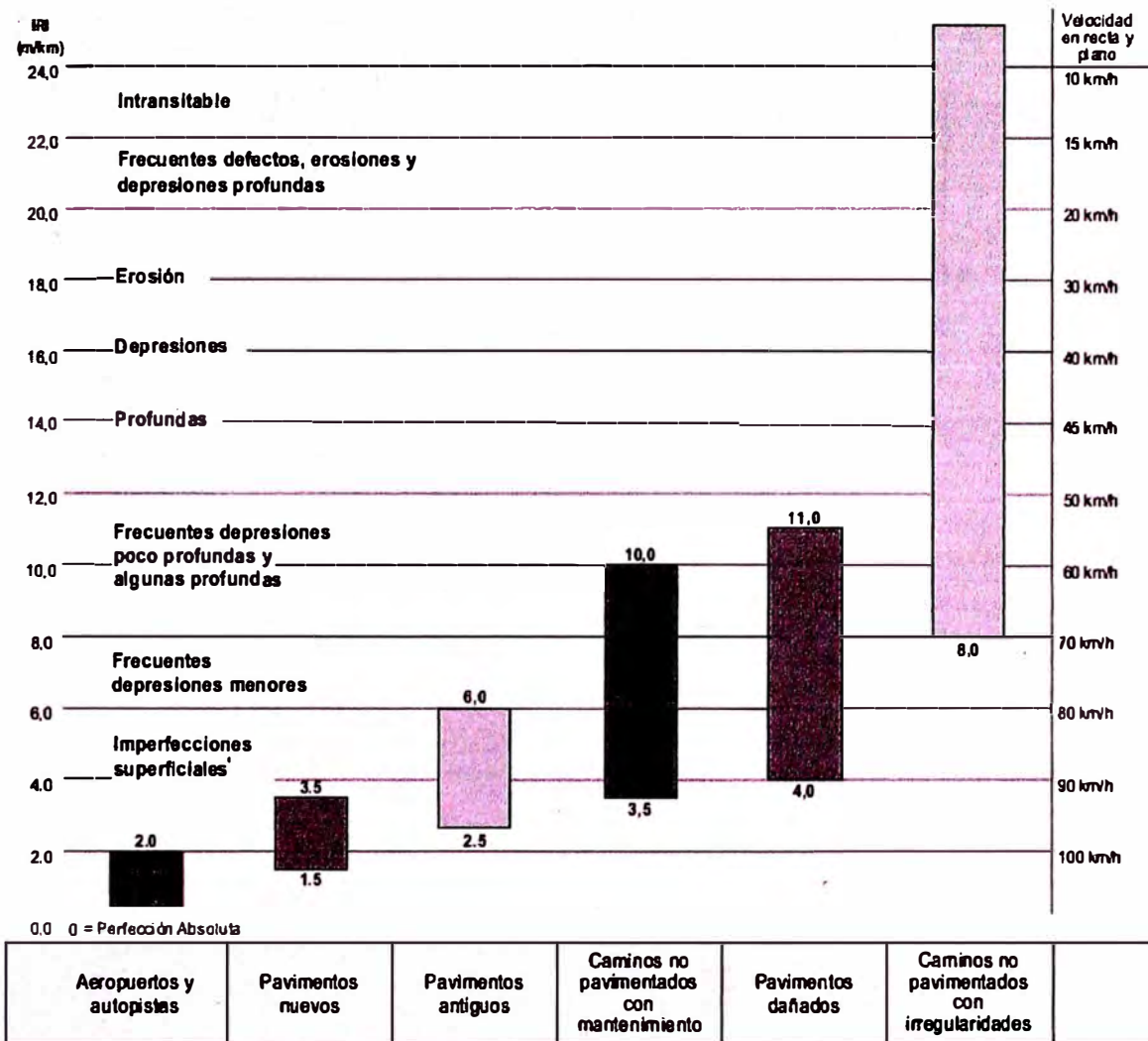
En este caso, se tiene que definir cuál es el momento ideal u óptimo para desarrollar actividades de conservación vial en una carretera de bajo volumen de tránsito. Las actividades básicamente consisten en la ejecución de tareas de mantenimiento periódico; como ya se ha mencionado anteriormente, el estado no construye caminos rurales, más bien se dedica a su rehabilitación y posterior desarrollo de acciones de conservación.

Las actividades de mantenimiento rutinario, como parte de la conservación vial del camino, son llevadas a cabo inmediatamente después de la rehabilitación de la vía.

Si bien es cierto, en los costos del mantenimiento periódico es recomendable tener parámetros técnicos de evaluación, que en este caso específico es el IRI de la carretera por tramos

Este parámetro de evaluación debe tenerse en cuenta para aquellos caminos de bajo volumen de tránsito. Lo que se "puede" suponer es que un camino con una planificación adecuada, retardará su momento preciso de intervención, porque si una de las características de planificar actividades es mantener el IRI de la superficie de rodadura, ésta podrá encontrarse en mejor estado que otra que no tenga actividades planificadas, para poder proponer un valor, se tiene la figura 2.08.

FIG. 2.08: ESCALA DE RUGOSIDAD IRI (M/KM)



Escala de rugosidad para pavimentos (IRI)

Teniendo en cuenta que en la red vial nacional, se cuenta con un porcentaje significativamente alto de caminos de bajo volumen de tráfico y dentro de ellos, con pocos kilómetros que se encuentren con contratos de conservación, todo ello contribuye a no poder establecer mediante criterios técnicos, cuál sería el momento ideal para la ejecución de los trabajos de mantenimiento periódico.

Según la calificación de la rugosidad para carreteras no pavimentadas de Bajo Volumen de Tráfico (ver cuadro 2.02), se tiene una calificación de 6 a más de 10.

**CUADRO 2.02:
ESTADO VIAL DE LAS CARRETERAS NO PAVIMENTADAS
SEGÚN RUGOSIDAD**

ESTADO	RUGOSIDAD
Bueno	$IRI \leq 6$
Regular	$6 \leq IR \leq 8$
Malo	$8 \leq IRI \leq 10$
Muy malo	$10 \leq IRI$

Fuente: MTC

CAPÍTULO III: APLICACIÓN DE ESTRATEGIA DE POLÍTICA DE MANTENIMIENTO

Para poder aplicar actividades de la política de mantenimiento se tiene que entender quienes son los factores involucrados, y tener presente las actividades de mantenimiento rutinario y periódico según los términos de referencia.

3.1. FACTORES INVOLUCRADOS

En este contrato de Conservación existen diferentes factores involucrados directa e indirectamente, los cuales tienen un nivel de participación muy importante.

3.1.1 Factores Involucrados Directamente:

Los factores que están involucrados directamente al mantenimiento de la carretera son los siguientes:

- Contratista o responsable del servicio, el contratista debe cumplir con el contrato de Conservación de la carretera, manteniendo a la misma en niveles de servicio aceptables estipuladas en el contrato, en este caso el Consorcio Gestión de Carreteras.
- Contratante o dueño, es el encargado de pagar al contratista según lo estipulado en el contrato, para esto contrata los servicios de una empresa encargada de supervisar y medir las actividades realizadas por el contratista elevando un informe de valorización mensual, en este caso el MTC.

3.1.2 Factores Involucrados Indirectamente:

Además, de los factores involucrados directamente, también existen otros factores que intervienen de manera indirecta y en algunos casos son los beneficiarios al hacer uso de la carretera.

- La Comunidad, la población es un factor involucrado indirectamente que hace uso de la carretera para trasladarse de un lugar u otro más cercano o lejano, se transportan a pie, llevando a sus animales de uso domestico.

- Los Transportistas, se puede considerar a los transportistas como un factor indirecto en la conservación, pero a la vez directo toda vez que el uso continuo de la carretera desgastan la superficie de la carretera, pero no están involucrados directamente en las decisiones para mantener la vía.

3.2. ACTIVIDADES PREVENTIVAS

Se considera actividades preventivas a todas aquellas que se realizaran antes de realizar cualquier actividad relacionada con el mantenimiento de la carretera.

3.2.1 Levantamiento Topográfico y Replanteo del Eje.

Se tiene que realizar un levantamiento topográfico de la plataforma existente, y sobre este levantamiento realizar el trazado del eje, posteriormente replantear el eje a lo largo de la carretera.

Según la metodología empleada para la toma de datos del IRI por el equipo MERLIN, estos se realizan sobre el carril derecho e izquierdo, a 1.00m del borde.

Sabiendo que el ancho de la superficie es variable y a la vez por el efecto de la curva interna y externa, llegado a los 400 metros, es muy común que no se llegue exactamente a la progresiva deseada.

3.2.2 Levantamiento de Información Relevante.

Esta actividad consiste en realizar un levantamiento de obras de arte (alcantarillas, puentes, badenes, etc.), de poblados, zonas críticas (curvas peligrosas, posibles deslizamientos, etc.)

Teniendo esta información plasmarla en los planos y realizar gráficos que permitan monitorear los valores IRI en estas zonas y realizar un análisis preliminar de causa – efecto.

3.3. ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO RUTINARIO

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 (limitada e ilimitada), 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.

Las actividades comprendidas en este rubro están determinadas y especificadas en los términos de referencia del contrato de Conservación.

Estas actividades son:

- **Roce y eliminación de desmonte manual**, es la eliminación 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 maquinas. Se hace una limpieza previa con fines de remover todos los objetos tales como piedras, fierros, bloques y otros materiales.
- **Poda, corte y retiro de árboles**, eliminar los árboles que presentan un peligro para los usuarios o aquellos que por la extensión de sus raíces pueden dañar la estructura vial. La actividad se refiere al corte de las ramas y del tronco, eventualmente a la extracción y transporte de la raíz. Se extraen las raíces si perjudican a la estabilidad de la carpeta de rodadura.
- **Limpieza de obras de arte (alcantarillas, drenajes, tuberías, pontones, puentes vehiculares y peatonales, viaductos, túneles, etc.)**, eliminación de materiales que obstruyen la libre circulación del agua en quebradas activas y en caso de lluvias para quebradas inactivas, estos obstáculos pueden ser desde maleza o ramas de árboles que estén dentro del cauce natural del río y quebradas, que puedan ocasionar algún su desborde. El trabajo debe ejecutarse en el anterior al periodo de lluvias.
- **Limpieza de calzada y bermas**, eliminación de bloques sueltos y cualquier otro obstáculo sobre la calzada y bermas, a fin de mantener libre la superficie para un tránsito vehicular normal.

- **Limpieza de cunetas, rápidas y zanjas de coronación**, remover de la cuneta, rápidas, y zanjas de coronación la vegetación, todos los materiales y objetos que estorban el paso de las aguas. El trabajo debe ejecutarse en el anterior al periodo de lluvias. En esta operación no se incluye el reperfilado de la cuneta no revestida.
- **Limpieza de señales verticales, hitos kilométricos, postes delineadores, defensas metálicas y defensas en concreto**, limpieza para su mejor visualización de estas señales lo cual son de necesidad para la seguridad vial.
- **Pintura, renovación de los hitos kilométricos**, reponer los hitos en las progresivas que estn deteriorados o destruidos, cuando los hitos estn sin ningún daño solo se procederá a pintar según los estándares establecidos.
- **Remoción de derrumbes localizados a lo largo de la Ruta contratada, en material común o conglomerados (de hasta 200m³ por evento), incluido el acarreo a los botaderos autorizados**, remover de la calzada y bermas las piedras y materiales fangosos 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 a evacuar no excede generalmente 200m³. Cuando el volumen es mucho menor al establecido se realizara de manera manual.
- **Sello de Fisuras**, este trabajo consiste en preparar la superficie que est libre de material suelto, e incorporación de material bituminoso con el objetivo de evitar la propagación y que la humedad llegue a la capa de base.
- **Bacheo superficial y profundo localizado**, consiste en reponer solo la carpeta de rodadura (asftica) o la capa de protección (tratamiento superficial) cuando se encuentran deterioradas y su infraestructura aún está resistente
- **Reposición de señales, hitos y elementos de seguridad vial**, esta actividad se realizara cuando las señales, hitos y elementos de seguridad se encuentren completamente dañados.

En la actualidad se tiene información actualizada de soluciones de pavimentos flexibles, existen una variedad de soluciones tanto a nivel de superficie de

rodadura como de estabilizaciones de la base granular, para que el contratista tome la mejor decisión.

3.4. ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO PERIÓDICO

La conservación periódica es la actividad que se ejecuta sólo para reconfigurar 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.

Las actividades comprendidas en este rubro están determinadas y especificadas en los términos de referencia del contrato de Conservación, estas actividades son:

- Bacheo de la carpeta asfáltica
- Tratamiento superficial.
- Re-nivelación de la carpeta asfáltica
- Re-nivelación de la carpeta asfáltica y tratamiento superficial
- Reciclado de la carpeta asfáltica y tratamiento superficial.
- Sobre carpeta de 5 cm de espesor.
- Sello de fisuras y sobre carpeta de 5 cm de espesor.
- Bacheo y sobre carpeta de 5 cm de espesor.

Se debe tener presente que estas actividades pueden ser tomadas en cuenta o no por el Consorcio de Gestión de Carreteras, además del tipo de material a utilizar, en vista que el contrato de conservación contempla índices de serviciabilidad, mas no exige que se realice actividades determinadas.

3.5 MANIFESTACIONES DE DETERIORO EN PAVIMENTOS FLEXIBLES

En el caso particular de pavimentos asfálticos, se encuentran los defectos superficiales (ver cuadro 3.01).

CUADRO 3.01 DEFECTOS SUPERFICIALES EN PAVIMENTOS FLEXIBLES

DESCRIPCION	CAUSA PROBABLE	MEDIDAS DE CORRECCION
<ul style="list-style-type: none"> • PERDIDA DE AGREGADO (Remoción de partículas $d > 6\text{mm}$ de la superficie) 	<ul style="list-style-type: none"> • Déficit de ligante. • Fracturación y/o desintegración de partículas debido a las cargas o la acción de heladas 	<ul style="list-style-type: none"> • Sello asfáltico de tratamiento superficial o Slurry Seal
<ul style="list-style-type: none"> • DESGRANAMIENTO (Pérdida progresiva de material desde la superficie hacia abajo) 	<ul style="list-style-type: none"> • Agregados sucios • Insuficiente contenido de asfalto. • Mala adherencia (asfalto-agregado) • Infiltración de agua por deficiente compactación de la mezcla. • Endurecimiento del asfalto por envejecimiento. 	<ul style="list-style-type: none"> • Sello sobre bacheo previo o colocación de mezcla en caso de una condición severa.
<ul style="list-style-type: none"> • AFLORAMIENTO DEL ASFALTO (EXUDACION) (Exceso litigante en la superficie permitiendo una textura suave y resbaladiza, preferente en la zona de circulación) 	<ul style="list-style-type: none"> • Exceso de contenido de asfalto en la mezcla con relación al contenido de huecos del agregado mineral. • Re pavimento directo sobre pavimentos que tienen excesos de asfalto. • Pavimento sobre bases con exceso de imprimante. 	<ul style="list-style-type: none"> • Repavimentación para una condición externa y severa. • Quemado y sello para una condición localizada.

Fuente: De Solminihac T. Hernan, Gestión de Infraestructura Vial, Chile 1998

De este cuadro se puede determinar las actividades que se requieren para poder satisfacer las necesidades según el tipo de falla a nivel de superficie.

Existen diferentes tipos de fallas en la superficie pero las fallas vinculadas directamente con el deterioro de la superficie son las descritas en la cuadro 3.01, además, se puede identificar las actividades comprendidas en la política de mantenimiento en pavimentos flexibles, como son las siguientes actividades:

- Reemplazo de carpeta en todo su espesor.
- Reemplazo de carpeta en parte de su espesor.
- Bacheo.

- Tratamientos Superficiales.
- Sello de grietas.

Los materiales y técnicas a emplear en estas actividades, el contrato de conservación lo deja a criterio del contratista para su evaluación y aplicación.

CAPITULO IV: VERIFICACION CON EL PROGRAMA HDM-III

4.1. ALCANCES DE HDM-III

Las Normas de Diseño y Modelo de Mantenimiento de Carreteras (HDM) fue desarrollado por el Banco Mundial para satisfacer las necesidades de las autoridades de carreteras, especialmente en los países en desarrollo, para evaluar las políticas, normas y programas de construcción y mantenimiento de carreteras. La última versión de HDM III es del año 1995.

El concepto de este programa es evaluar diferentes alternativas, para lo cual se necesitan datos actualizados de la carretera, una de las condiciones es que la carretera tenga una solución geométrica, además de datos actualizados de canteras, de tipos de vehículos que transitaran, el tráfico de vehículos e índices de evaluación como el IRI.

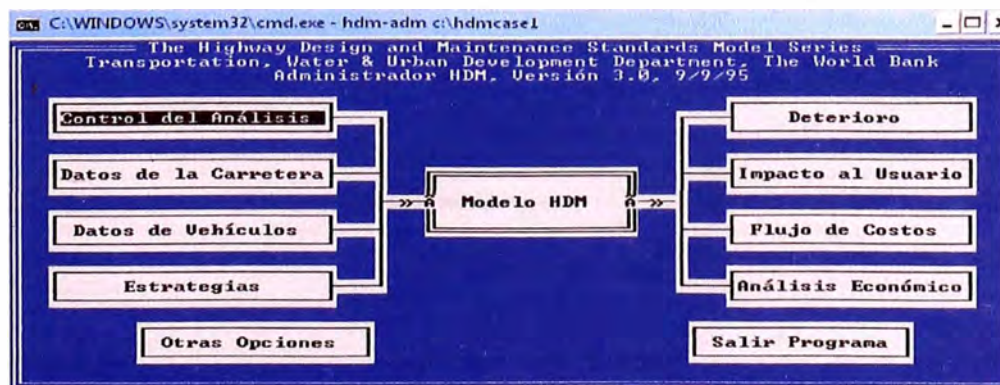
4.2. APLICABILIDAD A LA CARRETERA

De todas las versiones de HDM, la versión III, es la que más se ajusta a este tipo de carreteras, la versión IV es más avanzada y es para carreteras pavimentadas de segundo y primer orden.

4.2.1. Datos de Entrada.

El programa está estructurado por cuatro módulos de entrada de datos, de los cuales tres son de datos y la cuarta es de entrada de alternativas (fig. 4.01)

FIG. 4.01 PAGINA DE INICIO DEL PROGRAMA HDM III



A continuación se describen los módulos de entrada de datos.

- **Control de Análisis**

En este modulo se detallan los datos de entrada de la carretera como son:

- Descripción
- Fecha
- Tasa de descuento
- Año calendario
- Moneda de entrada y de salida
- Tipo de cambio.

- **Datos de la carretera.**

Los datos necesarios en este módulo son de tipo técnico y datos determinados por el diseño vial de la carretera como son:

- Geometría, datos del diseño geométrico.
- Medio ambiente, como precipitación.
- Superficie, espesores de la carpeta de rodadura.
- Base/Subrasante, datos como CBR, y estabilización de la base
- Resistencia, estos datos son opcionales, numero estructural y deflexiones.
- Estado, indicadores de evaluación superficial como IRI, grietas, peladuras, grietas anchas, baches, roderas.
- Factores de deterioro, se necesitan datos como iniciación de grietas, iniciación de peladuras, progresión de baches, factor de medio ambiente, progresión de grietas, progresión de roderas, progresión de rugosidad.
- Tráfico, se requieren datos de IMDa por tipo de vehículo, su tasa de crecimiento anual.
- Congestión, se tiene que definir si se incluye o no, si es si, se necesita ingresar el tipo de carretera, uso de la carretera y fricción lateral en la carretera.

- **Datos de vehículos**

En este modulo se dividen en dos grupos

- Parámetros requeridos, en esta parte se necesitan tres tipos de datos; características básicas, utilización del vehículo y costos económicos unitarios, todos estos datos por tipos de vehículos.

- Parámetros opcionales, el ingreso de datos en esta parte del programa es opcional y algunos datos como carga útil, coeficiente aerodinámico, potencia de operación, etc.

- **Estrategias.**

En este modulo se divide en tres grupos:

- Costos de operaciones, definir costos de las diferentes soluciones conocidas, tales como; perfilado, bacheo con grava, reposición de grava, mantenimiento de rutina, bacheo, sello, refuerzo, reconstrucción, mantenimiento rutinario de pavimento, y costo de construcción.
- Definición de estrategias, en esta parte del programa, se necesita la combinación de las actividades conocidas para poder evaluar.
- Bancos de datos de políticas, es la conjugación de diferentes actividades propuestas los que generan diferentes alternativas para los casos descritos:
 - Políticas de mantenimiento pavimentadas
 - Políticas de mantenimiento no pavimentadas.
 - Políticas de construcción
 - Políticas de costo-beneficio exógenos.

4.2.1. Resultados.

Una vez concluidos con los datos de entrada, se procede a ejecutar **Modelo HDM**, y con eso se obtienen los siguientes campos.

- **Deterioro**, en este modulo se obtienen tablas de deterioro (rugosidad, área total de grietas, área de baches, etc.) proyectadas al año de la intervención, además como la curva de deterioro de la carretera.
- **Impacto al usuario**, en este modulo se obtienen datos de proyección con respecto a los vehículos estimados (velocidad anual, costos de usuario, IMDa, etc.) en los años de proyección estimados.
- **Flujo de costos**, en este modulo se estiman los diferentes costos financieros que se generan con los datos iniciales de la carretera (costos económicos de operación de vehículos, costos financieros de capital de la agencia, etc.), y los costos que se generarían según las diferentes alternativas propuestas.

- **Valores Presentes y Tasa Interna de Retorno**, los resultados en este rubro son netamente financieros de acuerdo a las alternativas de acuerdo a la inversión, es decir, la evaluación de rentabilidad de cada una de las alternativas, cual de todas es más rentable económicamente, y no ve los temas sociales.

Se observa que la aplicabilidad de este programa HDM III a la carretera actualmente no sería objetivo, porque se carecen de datos, y si se asumieran algunos de ellos los resultados no se podrían validar.

Actualmente no se tiene todos los datos de entrada requeridos por el programa, se recomienda reorganizar el sistema de recopilación de datos, para poder plantear diferentes alternativas de solución.

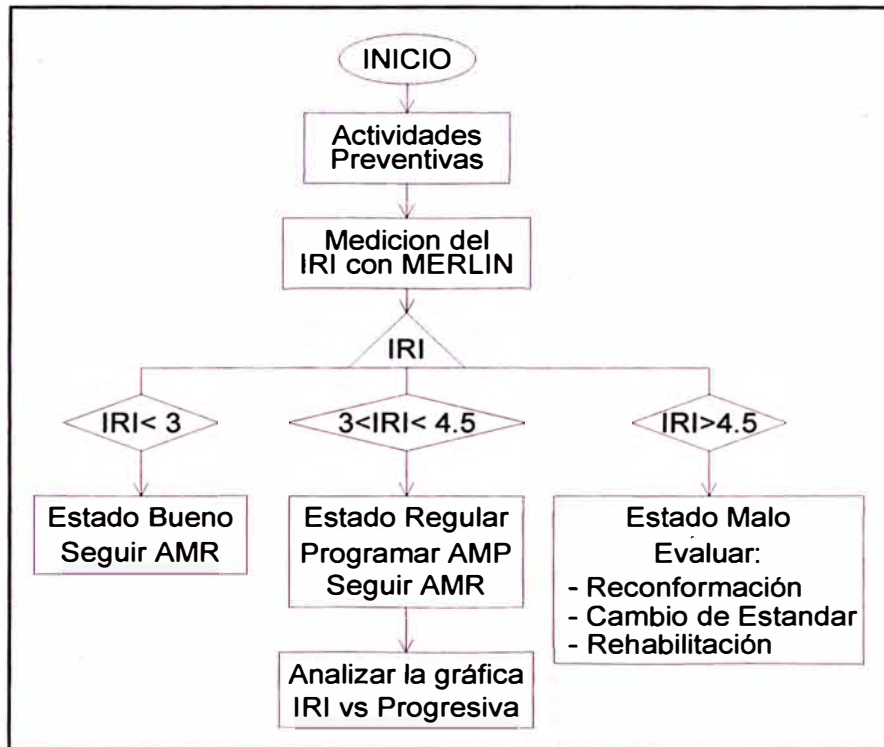
Para el tema en estudio que es referente a política de mantenimiento según la evaluación del IRI, la aplicabilidad del programa no sería concluyente.

CAPITULO V: PROPUESTA DE POLITICA DE MANTENIMIENTO

5.1. PROPUESTA DE POLITICA DE MANTENIMIENTO

Teniendo en cuenta que el valor del IRI será obtenido mediante el uso del equipo MERLIN, y con este valor se determinara en qué estado se encuentra la carretera.

FIG. 5.01: DIAGRAMA DE FLUJO



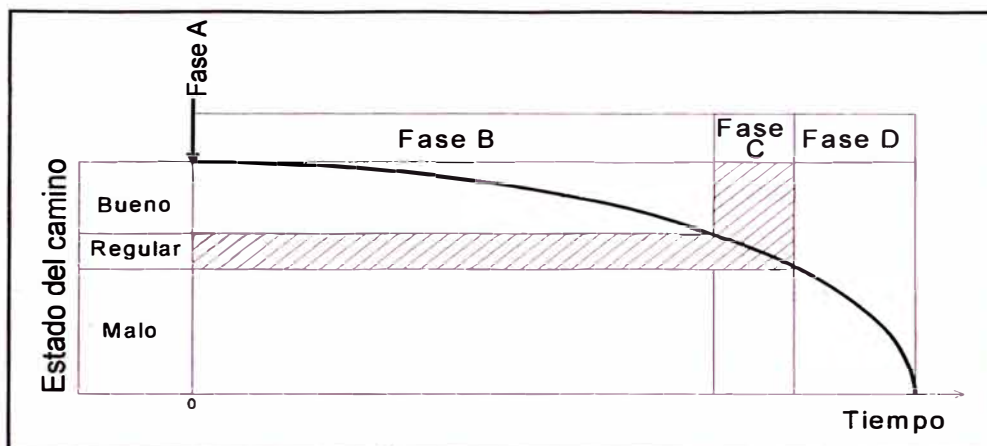
Fuente: Elaboración propia

El diagrama de flujo (fig. 5.01), grafica en forma secuencial los pasos de esta propuesta de política de mantenimiento.

Se debe precisar que el valor del IRI no identifica el tipo de falla que está presente en la carretera, pero si determina el nivel de serviciabilidad de la carretera. Un método de poder determinar el tipo de falla, su ubicación y las dimensiones de la misma, es la utilización de la *LAMINA DE INFORMACION DE CAMPO* (ver fig. 5.02), con la información obtenida de esta lamina se podrá dimensionar y ubicar los trabajos a ejecutar.

A continuación se presenta la curva de deterioro para la carretera (fig. 5.02).

FIG. 5.02: CURVA DE DETERIORO TEORICO



Fuente: Elaboración propia

Se define las siguientes fases de la carretera, según la curva del gráfico 5.01.

- **Fase A: Construcción**, es la fase durante la construcción de la carretera o el cambio de estándar de la carretera, el cual se representa en un instante en vista que antes de entregar la obra, no se tiene datos de evaluación, una vez entregada la obra se realizara la medición del IRI con el equipo MERLIN para tener el valor inicial de la curva.
- **Fase B: Deterioro Lento y Poco Visible**, es la etapa de desgaste lento de la carretera, en el cual influyen el clima y el tráfico, en esta etapa es necesario medir cada 6 meses el IRI con el equipo MERLIN, para poder calibrada la curva de deterioro y proyectar el momento que entra en la fase C.
- **Fase C: Deterioro Acelerado**, es la etapa de planificar el mantenimiento periódico de acuerdo al tipo de desgaste que presenta la superficie, en ésta fase se debe de tomar en cuenta el estudio de tráfico para evaluar el IMD y así elevar o no la categoría de la carretera y deje de ser una carretera de bajo volumen de transito, con esta evaluación se definirá dos alternativas:
 - Si el IMD es igual o menor a 400, entonces se planificara y ejecutaran las actividades necesarias del mantenimiento periódico.
 - Si el IMD es mayor a 400, entonces se deberá realizar los estudios necesarios para la rehabilitación de la carretera y así elevar su categoría según la importancia adquirida.

- **Fase D: Descomposición Total**, es la etapa que no se debe de llegar, porque la inversión para poder disminuir el IRI resultaría muy elevado, si se llega a esta fase es porque no se realizó ninguna actividad de mantenimiento periódico o las actividades de mantenimiento rutinario fueron muy deficientes.

Teniendo en cuenta la figura 2.07 y el cuadro 2.02, además, de los datos obtenidos del cuadro 5.03 se propone un valor IRI de 4.5 m/km como el valor estimado para desarrollar los trabajos de mantenimiento periódico para la conservación de la carretera y que además contribuirá para desarrollar la posterior evaluación económica de los mismos (ver cuadro 5.01).

CUADRO 5.01: PROPUESTA DE RANGOS DEL IRI

ESTADO	RUGOSIDAD
Bueno	IRI < 3.0
Regular	3.0 < IRI < 4.5
Malo	IRI > 4.5

Fuente: Elaboración propia

Se define el momento oportuno para realizar las actividades de mantenimiento periódico cuando el valor del IRI característico de la carretera sea igual a 4.5 m/Km.

5.1.1. Actividades Preventivas

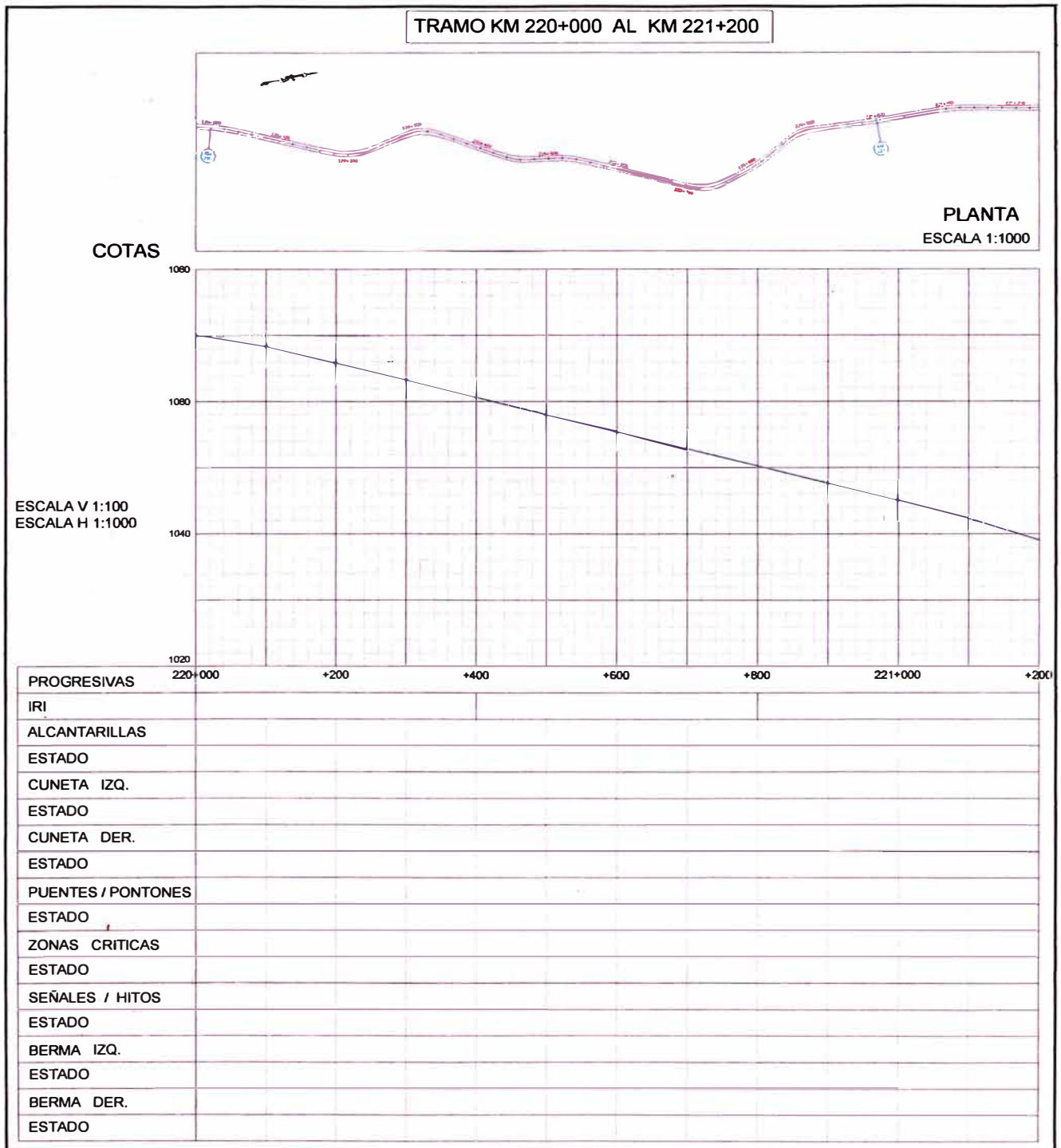
Se definen actividades preventivas las que se realizan antes de cualquier intervención a la carretera, y consiste en la toma de información relevante de la carretera, estas actividades son las siguientes:

- **Levantamiento Topográfico y Replanteo del Eje**, se tiene que realizar un levantamiento topográfico de la plataforma existente, y sobre este levantamiento realizar el trazado del eje, posteriormente replantear el eje a lo largo de la carretera.

- **Levantamiento de Información Relevante**, esta actividad consiste en realizar un levantamiento de obras de arte (alcantarillas, puentes, badenes, etc.), de poblados, zonas críticas (curvas peligrosas, posibles deslizamientos, etc.)

Estos datos se llenaran en la lámina de la figura 5.03.

FIG. 5.03: LAMINA DE INFORMACION DE CAMPO



Fuente: Elaboración propia

Es importante indicar que la información obtenida de estas láminas es de tipo cualitativo y detallan el estado en que se encuentran los diferentes elementos que conforman la carretera, si se tiene la información actualizada se puede obtener el dimensionamiento de los trabajos.

5.1.2. Actividades de Mantenimiento Rutinario (AMR).

Estas actividades se realizarán mensualmente según el reporte de la *LAMINA DE INFORMACION DE CAMPO* (ver fig. 5.03), el dimensionamiento será de acuerdo a la necesidad, estas actividades son:

- **Roce y eliminación de desmonte manual**, es la eliminación 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. Se hace una limpieza previa con fines de remover todos los objetos tales como piedras, fierros, bloques y otros materiales.
- **Poda, corte y retiro de árboles**, eliminar los árboles que presentan un peligro para los usuarios o aquellos que por la extensión de sus raíces pueden dañar la estructura vial. La actividad se refiere al corte de las ramas y del tronco, eventualmente a la extracción y transporte de la raíz. Se extraen las raíces si perjudican a la estabilidad de la carpeta de rodadura.
- **Limpieza de obras de arte (alcantarillas, drenajes, tuberías, pontones, puentes vehiculares y peatonales, viaductos, túneles, etc.)**, eliminación de materiales que obstruyen la libre circulación del agua en quebradas activas y en caso de lluvias para quebradas inactivas, estos obstáculos pueden ser desde maleza o ramas de árboles que estén dentro del cauce natural del río y quebradas, que puedan ocasionar algún su desborde. El trabajo debe ejecutarse en el anterior al periodo de lluvias.
- **Limpieza de calzada y bermas**, eliminación de bloques sueltos y cualquier otro obstáculo sobre la calzada y bermas, a fin de mantener libre la superficie para un tránsito vehicular normal.
- **Limpieza de cunetas, rápidas y zanjas de coronación**, remover de la cuneta, rápidas, y zanjas de coronación la vegetación, todos los materiales y objetos que estorban el paso de las aguas. El trabajo debe ejecutarse en el anterior al periodo de lluvias.

- **Limpieza de señales verticales, hitos kilométricos, postes delineadores, defensas metálicas y defensas en concreto**, limpieza para su mejor visualización de estas señales lo cual son de necesidad para la seguridad vial.
- **Pintura, renovación de los hitos kilométricos**, reponer los hitos en las progresivas que estén deteriorados o destruidos, cuando los hitos estén sin ningún daño solo se procederá a pintar según los estándares establecidos.
- **Remoción de derrumbes localizados a lo largo de la Ruta contratada, en material común o conglomerados (de hasta 200m³ por evento), incluido el acarreo a los botaderos autorizados**, remover de la calzada y bermas las piedras y materiales fangosos 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 a evacuar no excede generalmente 200m³. Cuando el volumen es mucho menor al establecido se realizara de manera manual.
- **Reposición de señales, hitos y elementos de seguridad vial**, esta actividad se realizara cuando las señales, hitos y elementos de seguridad se encuentren completamente dañados.

5.1.3. Actividades de Mantenimiento Periódico (AMP).

Estas actividades se darán cuando los valores del IRI de carretera este en el estado regular (ver cuadro 5.01), se presenta una lista de actividades, de las cuales se decidirá el uso de algunas de ellas o de todas, según sea el caso, estas actividades son:

- **Sello de fisuras superficiales**, este trabajo consistirá en la ejecución de las labores necesarias para el sellado de fisuras existentes en la superficie del pavimento, mediante la preparación de la superficie e incorporación de material bituminoso con el objetivo de evitar su propagación y que la humedad llegue a las capas granulares de la estructura del pavimento, produciendo su deterioro; también evitar la penetración de partículas extrañas.
- **Sello de grietas**, este trabajo consistirá en la ejecución de las labores necesarias para el sellado de las grietas existentes en la superficie del pavimento, mediante la preparación de la superficie e incorporación de

material ó mezcla bituminosa en la grieta, con el objetivo de evitar su propagación y que la humedad llegue a las capas granulares de la estructura del pavimento y produzca su deterioro; también evitar la penetración de partículas extrañas.

- ***Bacheo superficial***, esta actividad comprende la reparación de baches y el reemplazo de áreas de la carpeta de rodadura 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, esta actividad también está considerada en el mantenimiento rutinario, la diferencia es el área de afectación.
- ***Recapeo de carpeta en parte de su espesor***, cuando la carpeta de rodadura es de tipo Slurry Seal, esta actividad se realizara para completar el espesor necesario perdido por el deterioro o desprendimiento debido por un déficit en el proceso constructivo. Se debe limpiar la superficie libre de materiales sueltos y luego se vierte el tratamiento superficial.
- ***Recapeo en Tratamiento superficial Monocapa***, esta actividad se realiza en lugares donde el tratamiento superficial esta desprendiéndose, se tiene que limpiar la superficie de base en el área afectada, y proceder colocar una nueva capa del tratamiento superficial monocapa.

Las actividades necesarias a realizar cuando los valores del IRI superen el 4.5m/km, serán los siguientes.

- ***Reconformación del pavimento en todo su espesor***, la ejecución de esta actividad es debido porque la carpeta presenta excesiva deformación lo cual expresa una falla estructural de la base, por lo tanto debe ser reconformada desde la subrasante.
- ***Cambio de Estándar***, esta decisión se debe de tomar siempre y cuando la solución construida se deteriora antes de llegar al tiempo estimado en el diseño.
- ***Rehabilitación de la carretera***, para poder determinar la rehabilitación de la carretera, primero medir el IMD, para una nueva categoría de la carretera, realizar el perfil económico si la carretera es rentable para dicho proceso.

**CUADRO 5.02: CUADRO RESUMEN DE POLITICA DE MANTENIMIENTO PARA
CARRETERAS DE BAJO VOLUMEN DE TRÁNSITO**

ESTADO	IRI	CAUSA PROBABLE	MEDIDAS DE CORRECCION
BUENO	$0 \leq \text{IRI} \leq 3.0$	<ul style="list-style-type: none"> No presenta falla superficial en la carpeta de rodadura. Perdida de microtextura. Perdida de macrotextura. 	<ul style="list-style-type: none"> Mantener los trabajos de mantenimiento rutinario (*).
REGULAR	$3 < \text{IRI} \leq 4.5$	<ul style="list-style-type: none"> Fisuras superficiales poco profundas. Grietas poco profundas. En caso de carpeta de rodadura con espesor de 1", presenta peladura de la superficie. En caso de tratamiento monocapa, presenta desprendimiento superficial. 	<ul style="list-style-type: none"> Sello de fisuras superficiales Sello de grietas. Bacheo superficial Recapeo de carpeta en parte de su espesor Recapeo de tratamiento superficial monocapa.
MALO	$4.5 \leq \text{IRI}$	<ul style="list-style-type: none"> Presenta deformaciones excesivas que indican que la falla es desde la base. Presenta grandes áreas de desprendimiento y deterioro de la base. 	<ul style="list-style-type: none"> Reconformación del pavimento en todo su espesor desde la base. Cambio de estándar. Evaluar su Rehabilitacion.

Fuente: Elaboración propia

En el cuadro 5.02, en la columna de *CAUSA PROBABLE*, se estima que la carpeta de rodadura presenta fallas, la verificación de estas fallas se obtendrá de la información descrita en las *LÁMINAS DE INFORMACION DE CAMPO*.

5.2. APLICACION DE LA PROPUESTA AL TRAMO 74+000 AL 84+000

5.2.1 Actividades Preventivas

En noviembre del 2010, se realizó la evaluación de la carretera para determinar el IRI en el tramo del 74+000 al 84+000, utilizando el equipo MERLIN.

En la progresiva 79+000 se encuentra el poblado de Catahuasi el cual tiene una altitud de 1206 msnm, por lo tanto se encuentra en la región de Yunga (500 – 2500 msnm), del estudio de tráfico se tiene que el tramo está comprendido entre las estaciones San Juan y Chichicay, cuyos IMDa fueron:

- San Juan, 461 el 2008 y 1153 el 2009.

- Chichicay, 569 el 2008 y 722 el 2009.

El tramo se divide en dos sectores por el tipo de superficie, estos son

- Sector 1: 74+000 al 79+000 tratamiento superficial con Slurry Seal.
- Sector 2: 79+000 al 84+000 tratamiento superficial con Slurry Seal sobre Monocapa.

En esta etapa de las actividades preventivas no se levantaron los datos de alcantarillas, puentes o pontones, etc., debido al corto tiempo para poder realizar la visita a campo.

Tampoco se ubicaron los planos de planta y perfil de la carretera actual.

5.2.2. Medición del IRI con el Equipo MERLIN

Se realizó inicialmente la búsqueda de información referente a este tramo, obteniéndose valores sobre el carril derecho, y pocos promedios de los dos carriles.

Se realizaron los trabajos de campo en dos grupos, y cada grupo realizó las mediciones sobre un carril, en la etapa de discriminación de datos y procesamiento de la curva de deterioro, se determinó evaluar el deterioro de la superficie con los datos del carril derecho, pero la política de mantenimiento es referente a los dos carriles.

En cuadro 5.03, se resumen los datos considerados en los dos sectores (la base de datos de campo de noviembre del 2010 ver anexo 01).

**CUADRO 5.03:
RESUMEN DE DATOS CON EQUIPO MERLIN A TRAVÉS DEL TIEMPO Y POR
TRATAMIENTO SUPERFICIAL EMPLEADO EN EL CARRIL DERECHO**

RESUMEN DE DATOS DE EVALUACIÓN EN CAMPO						
Progresiva		Tipo de Tratamiento	Fecha	Número de mes	IRI	PSI
Inicial	Final					
Progresiva: 74+000 al 79+000 - Slurry Seal						
74 + 000	79 + 000	Slurry seal	jun-09	0	---	---
74 + 000	79 + 000	Slurry seal	jul-09	1	3.44	2.68
74 + 000	79 + 000	Slurry seal	nov-10	17	3.51	2.64
Progresiva: 79+000 al 84+000 – Monocapa						
79 + 000	84 + 000	Monocapa	mar-09	0	---	---
79 + 000	84 + 000	Monocapa	jun-09	3	3.85	2.48
79 + 000	84 + 000	Monocapa	oct-09	6	3.94	2.44
Progresiva: 79+000 al 84+000 - Monocapa + Slurry seal						
79 + 000	84 + 000	Monocapa + Slurry seal	nov-10	---	3.97	2.43

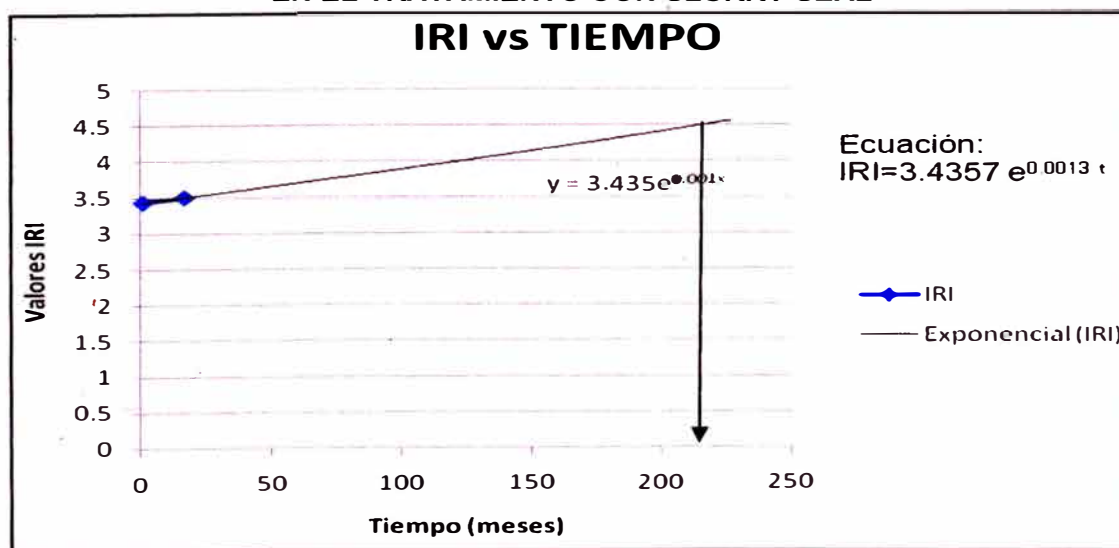
Fuente: Elaboración del grupo

A continuación se describen los sectores 1 y 2.

- **Sector 1: 74+000 al 79+000 tratamiento superficial con Slurry Seal.**

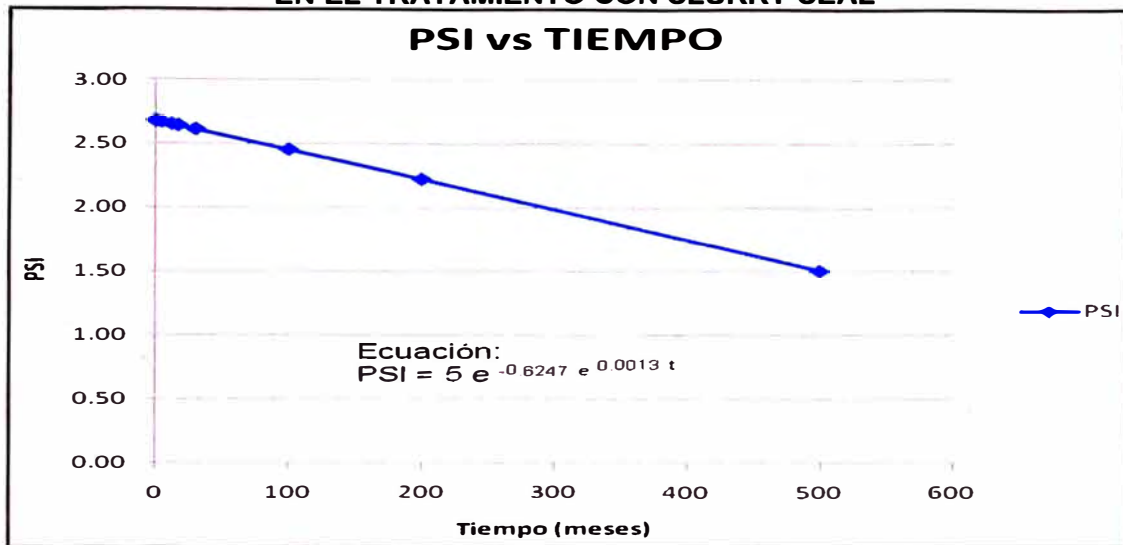
Con los datos del cuadro 5.01 se realizó las curvas de deterioro, según IRI y PSI del sector 1 (ver figura 5.04 y 5.05).

**FIG. 5.04: MODELO DE COMPORTAMIENTO IRI VS TIEMPO
EN EL TRATAMIENTO CON SLURRY SEAL**



Fuente: Elaboración propia

**FIG. 5.05: MODELO DE DETERIORO DEL PSI VS TIEMPO
EN EL TRATAMIENTO CON SLURRY SEAL**



Fuente: Elaboración propia

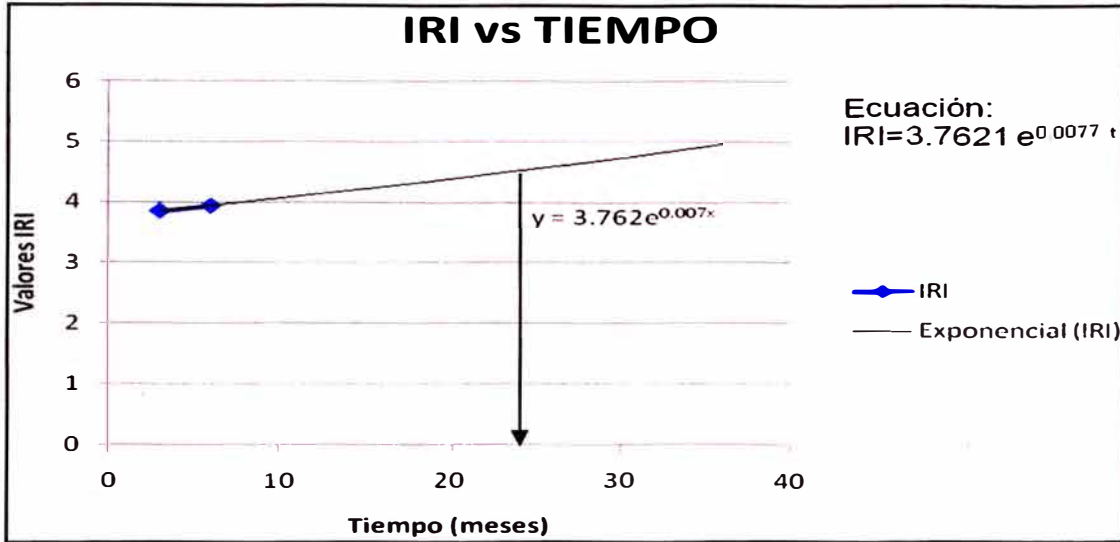
Analizando la grafica de la figura 5.04, cuando el valor del IRI tenga un valor de 4.5 el valor de PSI será de 2.2 (figura 5.05), y estará en el rango de regular (ver cuadro 5.01), el tiempo necesario para llegar a ese valor serán de 15 años.

Se concluye que con estos datos la carretera solo requiere mantenimiento rutinario y no necesita mayor intervención, ni cambio de superficie.

- **Sector 2: 79+000 al 84+000 tratamiento superficial con Slurry Seal sobre Monocapa.**

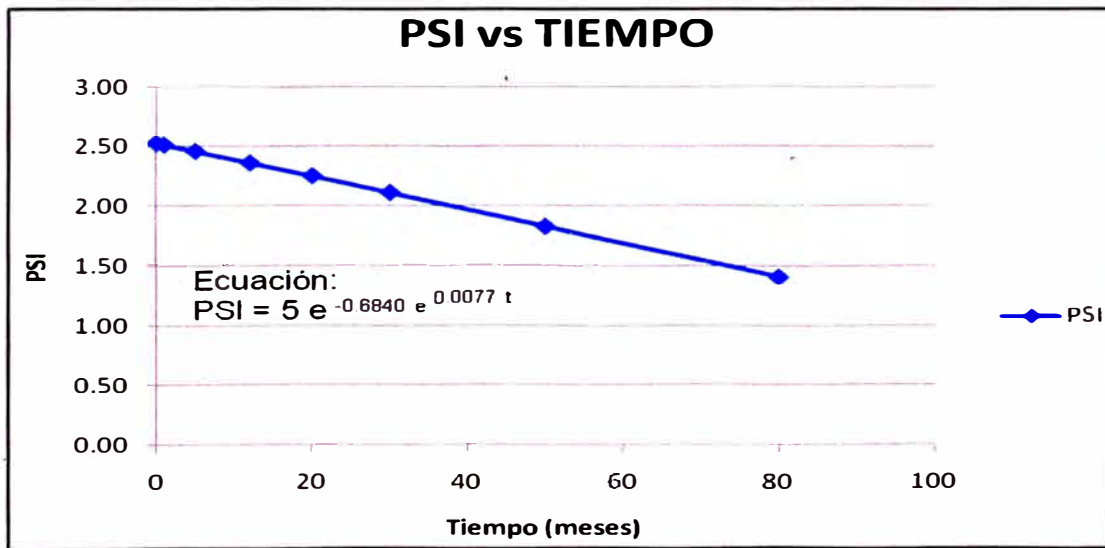
Según el cuadro 5.03, solo se obtuvieron datos del sector cuando estaba con tratamiento superficial de monocapa, en tal sentido las figuras 5.04 y 5.05 corresponden a esta etapa, en vista que en noviembre del 2010 se realizo la evaluación con superficie Slurry Seal.

FIG. 5.06: MODELO DE COMPORTAMIENTO IRI VS TIEMPO EN EL TRATAMIENTO CON MONOCAPA



Fuente: Elaboración propia

FIG. 5.07: MODELO DE DETERIORO DEL PSI VS TIEMPO EN EL TRATAMIENTO CON MONOCAPA



Fuente: Elaboración propia

Analizando el cuadro 5.03, el valor de PSI a los seis meses de colocado la monocapa el valor es 2.44, según la curva de la figura 5.06, el valor del IRI será mayor a 4.5 m/km antes de cumplir los años del contrato, y estará en el rango de deterioro acelerado.

El Consorcio Gestión de Carreteras, optó por colocarle adicionalmente Slurry Seal, para que la carretera mantenga los niveles de serviciabilidad esperado a los 5 años de finalizado el contrato.

Se observa que de octubre del 2009 a noviembre del 2010 el PSI solo decreció en 0.01, esto indica que el tratamiento superficial tipo Slurry Seal, puede durar hasta finalizar el tiempo de contrato, por tal razón se propone, que para corroborar esta tendencia se debe evaluar nuevamente entre marzo y abril del 2011.

5.2.3 Análisis de la grafica IRI vs Progresivas.

Para poder evaluar el tramo si necesita algún tipo de mantenimiento rutinario, es necesario revisar los datos obtenidos de IRI cada 400 metros, y según esos datos evaluar, ver cuadro 5.04.

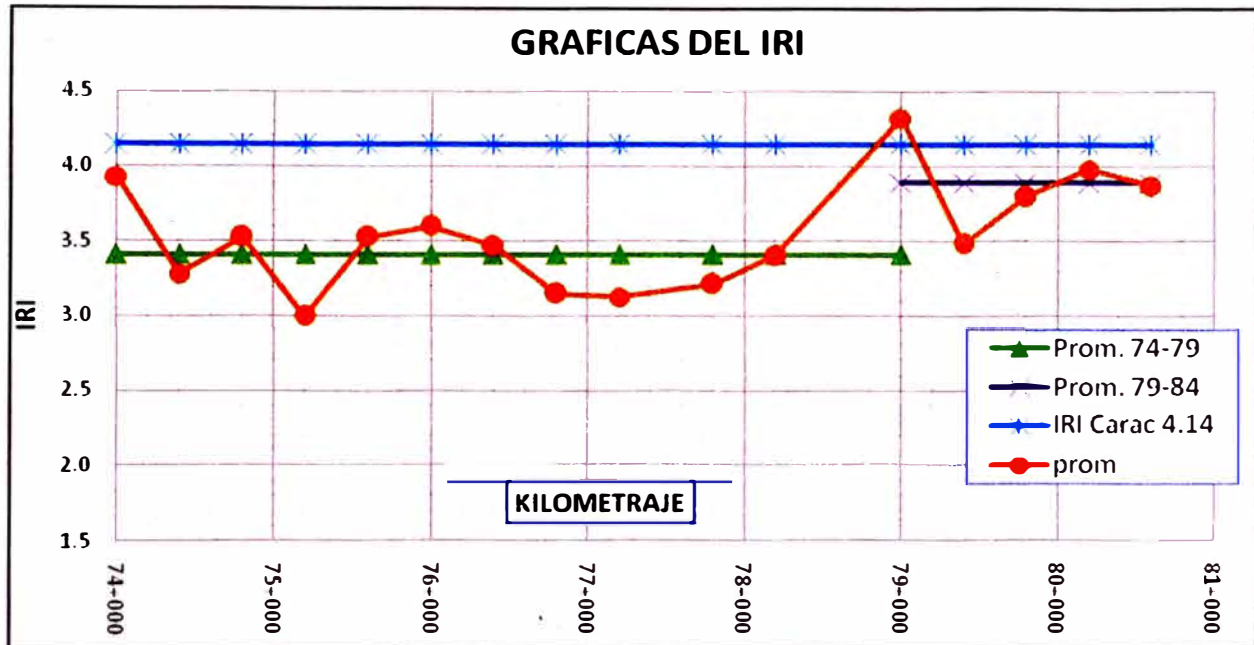
CUADRO 5.04: RESUMEN DE DATOS DE CAMPO TRAMO 74+000 AL 84+000

PROGR. INICIAL	PROGR. FINAL	TIPO DE TRATAMIENTO SUPERFICIAL	FECHA	IRI (m/km) MERLIN AUTOMAT (carril derecho)	IRI (m/km) MERLIN MANUAL (carril izquierdo)	Promedio
74 + 000	- 74 + 400	SLURRY SEAL	27/11/2010	4.16	3,70	3.93
74 + 400	- 74 + 800	SLURRY SEAL	27/11/2010	3.27	3,29	3.28
74 + 800	- 75 + 200	SLURRY SEAL	27/11/2010	3.76	3,30	3.53
75 + 200	- 75 + 600	SLURRY SEAL	27/11/2010	3.15	2,85	3.00
75 + 600	- 76 + 000	SLURRY SEAL	27/11/2010	3.76	3,30	3.53
76 + 000	- 76 + 400	SLURRY SEAL	27/11/2010	3.53	3,67	3.60
76 + 400	- 76 + 800	SLURRY SEAL	27/11/2010	3.65	3,28	3.46
76 + 800	- 77 + 200	SLURRY SEAL	27/11/2010	3.22	3,08	3.15
77 + 200	- 77 + 600	SLURRY SEAL	27/11/2010	3.06	3,20	3.13
77 + 600	- 78 + 000	SLURRY SEAL	27/11/2010		3,46	3.46
78 + 000	- 78 + 400	SLURRY SEAL	27/11/2010		3,10	3.10
78 + 400	- 78 + 800	SLURRY SEAL	27/11/2010		3,72	3.72
79 + 000	- 79 + 400	SLURRY SEAL+ MONOCAPA	27/11/2010	4.36	4,28	4.32
79 + 400	- 79 + 800	SLURRY SEAL + MONOCAPA	27/11/2010	3.70	3,27	3.48
79 + 800	- 80 + 200	SLURRY SEAL + MONOCAPA	27/11/2010	3.88	3,72	3.80
80 + 200	- 80 + 600	SLURRY SEAL + MONOCAPA	27/11/2010	4.31	3,65	3.98
80 + 600	- 81 + 000	SLURRY SEAL +MONOCAPA	27/11/2010	3.62	4,13	3.88

IRI promedio	3.5500
Desviación estándar	0.3589
IRI característico (IRI_p + 1.645 σ)	4.14

Con estos valores se elaboro el grafico de la figura 5.05, en el cual se logra apreciar las variaciones por cada 400 metros, con esta grafica se podrá ubicar en que sectores el IRI es elevado y analizar las soluciones en ese tramo.

FIG. 5.08: VARIACION DEL IRI EN EL TRAMO 74+000 AL 81+000



Fuente: Elaboración propia

Del grafico de la figura 5.08, se deduce que en los siguientes tramos presenta fallas superficiales:

- Inicio del tramo 74+000 al 74+400, en este tramo el IRI es de 3.97, esto nos indica que está sufriendo algún tipo de peladura.
- En el 79+000, poblado de Catahuasi, se observa un valor elevado de 4.32, es de esperar porque en ese tramo es un paradero informal utilizado por todos los vehículos que llegan y salen de Catahuasi.
- En el tramo final 80+000 al 81+000, se nota un IRI máximo de 3.98, también presenta peladura superficial.

Se recomienda en primer lugar hacer un levantamiento de obras de arte y detectar que agentes externos pueden estar afectando la superficie, por ejemplo: una cuneta obstruida, un pequeño derrumbe no registrado, etc.

5.2.4. Panel Fotográfico de los Trabajos de Campo.

Fig. 5.09: Fotografía de la progresiva Km 74+000, empezando la toma de datos sobre el carril derecho a 1 metro del borde.



Fuente: Elaboración propia

Fig. 5.10: Fotografía de la progresiva Km 74+800, presenta drenaje superficial por filtración del canal al lado derecho.



Fuente: Elaboración propia

Fig. 5.11: Fotografía de la progresiva Km 75+400, se observa que la carpeta de rodadura está en buen estado, esto se comprueba con los datos obtenidos.



Fuente: Elaboración propia

Fig. 5.12: Fotografía de la progresiva Km 75+800, se observa un pequeño hueco el cual debe ser sellado urgente para que no se extienda.



Fuente: Elaboración propia

Fig. 5.13: Fotografía de la progresiva Km 76+500, se observa la variación de los anchos de la carretera, esto puede ocasionar accidentes.



Fuente: Elaboración propia

Fig. 5.14: Fotografía de la progresiva Km 80+200, se observa un sector crítico con posibles derrumbes pequeños, en temporada de lluvias tener una cuadrilla permanente.



Fuente: Elaboración propia

CONCLUSIONES

- Para poder aplicar la política de mantenimiento en el tramo 74+000 al 81+000 se debe medir periódicamente el valor del IRI y determinar el rango en donde pertenece según el cuadro 5.01, el valor del IRI característico del tramo 74+000 al 81+000 es de 4.14 m/km con fecha 27 de Noviembre del 2010, este valor está dentro del rango de estado *REGULAR.*, según la curva obtenida en la gráfica 5.04 se proyecta que llegará al valor de 4.5 m/km en 15 años, por lo tanto, se requiere mantenimiento periódico en algunos sectores.
- Se debe aplicar actividades de mantenimiento periódico según las políticas de mantenimiento propuesto en el capítulo V del presente informe, en los tramos definidos según el gráfico 5.08; estos tramos son:
 - Tramo 74+000 al 74+40 y del 80+000 al 81+000 los valores de IRI son 3.97 y 3.98 respectivamente, la posible falla es peladura para ambos tramos la medida correctiva es el recapeo de carpeta en parte de su espesor.
 - Tramo 79+000, poblado de Catahuasi, el IRI es de 4.32, siendo la falla probable peladura y fisuras poco profundas, la medida correctiva sello de fisuras y recapeo de carpeta en parte de su espesor.
- El valor del IRI es un dato objetivo que define el estado actual de una carretera, sin embargo no determina los tipos de fallas presentes en la carpeta de rodadura.
- En el tramo 74+000 al 81+000 se debe desarrollar una cultura preventiva con la finalidad de evitar el deterioro prematuro de la vía mediante actividades de mantenimiento rutinario y periódico, enmarcadas en la política de mantenimiento según el capítulo V del presente informe, esto significa en la práctica actuar permanentemente para mantener la carretera en óptimas condiciones de serviciabilidad.

RECOMENDACIONES

- Las evaluaciones con el equipo MERLIN para obtener el IRI se deben realizar cada 6 meses, para poder tener calibrado la curva de deterioro y prevenir las actividades de mantenimiento enmarcadas en la política de mantenimiento.
- Se debe capacitar al personal técnico y profesional en cultura de prevención para que la política de mantenimiento se ejecute en el momento oportuno.
- Para poder mejorar los alcances de la política de mantenimiento se debe combinar con otros métodos de evaluación superficial como VIZIR y PASER, etc., los cuales definen tipos y dimensionamiento de fallas del pavimento.
- Se debe de implementar un sistema de monitoreo y recopilación de información según las mediciones del IRI por sectores homogéneos en tipo de clima y tráfico, en diferentes carreteras de nuestro país y definir el IRI característico para cada tipo de superficie, es decir, un $IRI_{Perú}$.
- En futuras licitaciones de contratos de conservación de Carreteras de Bajo Volumen de Tránsito se debe realizar el estudio de Diseño Vial según las Normas de Diseño Geométrico para Carreteras de Bajo Volumen de Transito Pavimentadas y no Pavimentadas, y evitar las zonas críticas por curvas cerradas y secciones angostas, como se presentan en esta carretera.

BIBLIOGRAFIA

- Del Águila Rodríguez, Pablo, "Metodología Para la Determinación de la Rugosidad de los Pavimentos". Grupo Camineros
- Del Águila Rodríguez, Pablo, "Desarrollo de la Ecuación de Correlación para la Determinación del IRI en Pavimentos Asfálticos Nuevos Usando el Rugosímetro Merlin". Grupo Camineros
- Del Águila Rodríguez, Pablo, "Experiencia y Resultados Obtenidos en la Evaluación de la Rugosidad de Más de 3000 km de Pavimentos en el Perú y Otros Países". Grupo Camineros
- De Solminihac T, Hernán, "Gestión de Infraestructura Vial". Tercera Edición, Alfaomega Grupo Editor, Colombia, 2005
- Townsend Pinto, Edgardo, "Determinación de Umbrales de Rugosidad (IRI) Obtenido de Base de Datos de Caminos con Controles Receptivos". Dirección de Vialidad de Coquimbo
- Martínez Obando Pedro Nicolás, "Definición De Un Índice De Rugosidad Intensivo De Pavimentos Orientado a Mantenimiento", Santiago de Chile, 2008
- Chang Arbitres Carlos, "Aplicabilidad del Modelo HDM-III en la Evaluación de Proyectos Viales", Ponencia XIII CONIC, 2006
- HDM Manager Version 3.0, 1995
- Programa De Asistencia Técnica En Transporte Urbano Para Las Ciudades Medias Mexicanas

ANEXOS

- HOJAS DE DATOS PROCESADOS PARA CALCULAR EL IRI EN EL TRAMO 74+000 AL 81+000.

PROCESAMIENTO DE LOS DATOS DE CAMPO – EQUIPO MERLIN

PROGRESIVA: DEL 74+000 AL 74+400

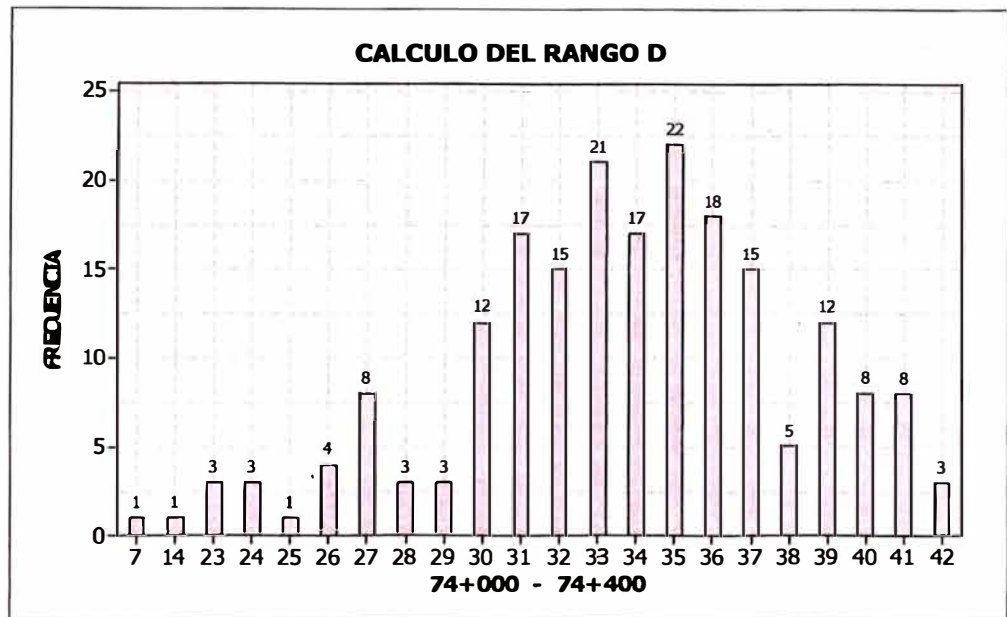
FECHA: 27/11/10

CARRIL : IZQUIERDO

DISTANCIA DEL BORDE: 1 m

CONTEO DE DESVIACIONES PARA EL CÁLCULO DEL IRI

7	1
14	1
23	3
24	3
25	1
26	4
27	8
28	3
29	3
30	12
31	17
32	15
33	21
34	17
35	22
36	18
37	15
38	5
39	12
40	8
41	8
42	3
TOTAL	



Histograma de la Distribución de frecuencia de 200 lecturas

$D < 42$	$D > 42$
$IRI = 0.0485 \times D$	$IRI = 0.593 + 0.0471 \times D$

D	D(mm)	Factor Corrección	D corregido	IRI(m/km)
14,875	74,375	0,88571	65,875	3,70

PROCESAMIENTO DE LOS DATOS DE CAMPO – EQUIPO MERLIN

PROGRESIVA: DEL 74+400 AL 74+800

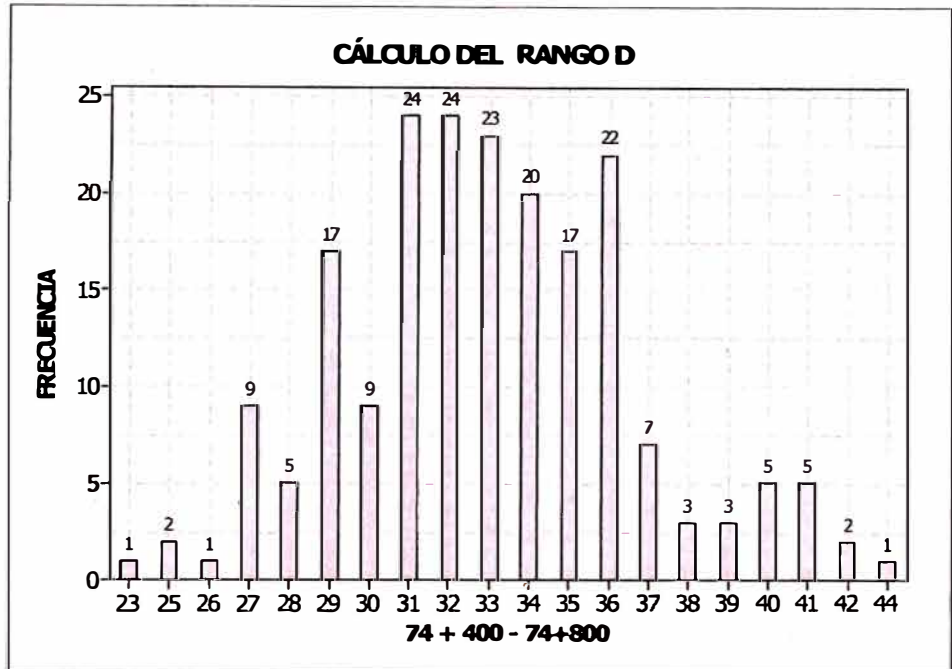
FECHA: 27/11/10

CARRIL : IZQUIERDO

DISTANCIA DEL BORDE: 1 m

CONTEO DE DESVIACIONES PARA EL CÁLCULO DEL IRI

23	1
25	2
26	1
27	9
28	5
29	17
30	9
31	24
32	24
33	23
34	20
35	17
36	22
37	7
38	3
39	3
40	5
41	5
42	2
44	1
TOTAL	200



Histograma de la Distribución de frecuencia de 200 lecturas

$D < 42$	$D > 42$
$IRI = 0.0485 \times D$	$IRI = 0.593 + 0.0471 \times D$

D	D(mm)	Factor Corrección	D corregido	IRI(m/km)
12,933	64,665	0,88571	57,274	3,29

PROCESAMIENTO DE LOS DATOS DE CAMPO – EQUIPO MERLIN

PROGRESIVA: DEL 74 + 800 AL 75+200

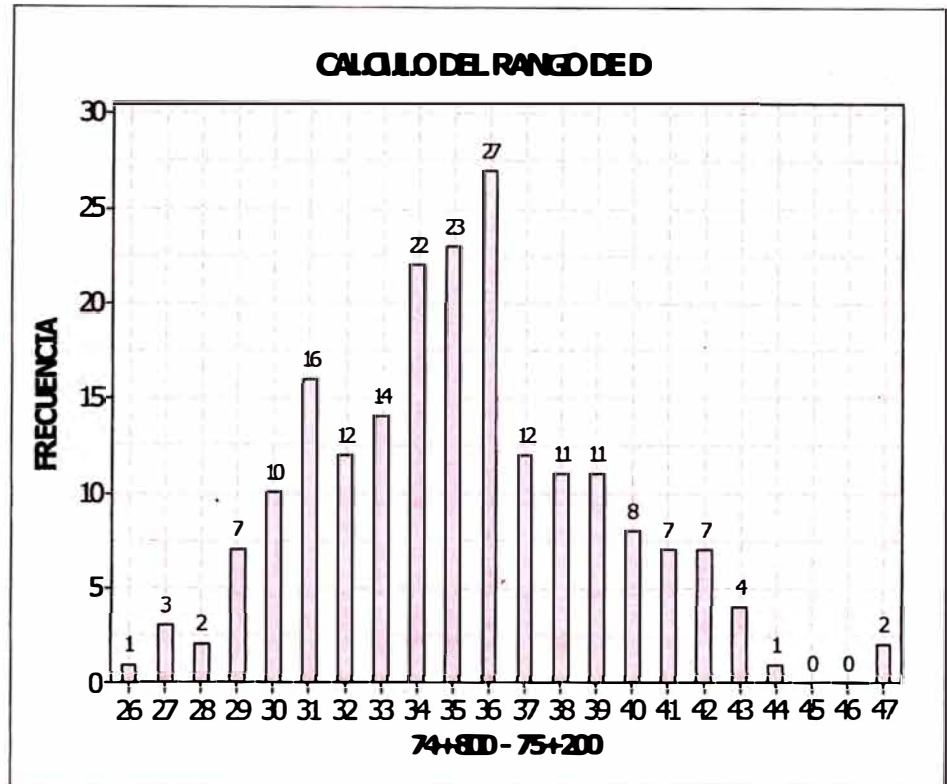
FECHA: 27/11/10

CARRIL : IZQUIERDO

DISTANCIA DEL BORDE: 1 m

CONTEO DE DESVIACIONES PARA EL CÁLCULO DEL IRI

26	1
27	3
28	2
29	7
30	10
31	16
32	12
33	14
34	22
35	23
36	27
37	12
38	11
39	11
40	8
41	7
42	7
43	4
44	1
45	0
46	0
47	2
TOTAL	200



Histograma de la Distribución de frecuencia de 200 lecturas

$D < 42$	$D > 42$
$IRI = 0.0485 \times D$	$IRI = 0.593 + 0.0471 \times D$

D	D(mm)	Factor Corrección	D corregido	IRI(m/km)
13	65	0,88571	57,5712	3,30

PROCESAMIENTO DE LOS DATOS DE CAMPO – EQUIPO MERLIN

PROGRESIVA: DEL 75+200 AL 75+600

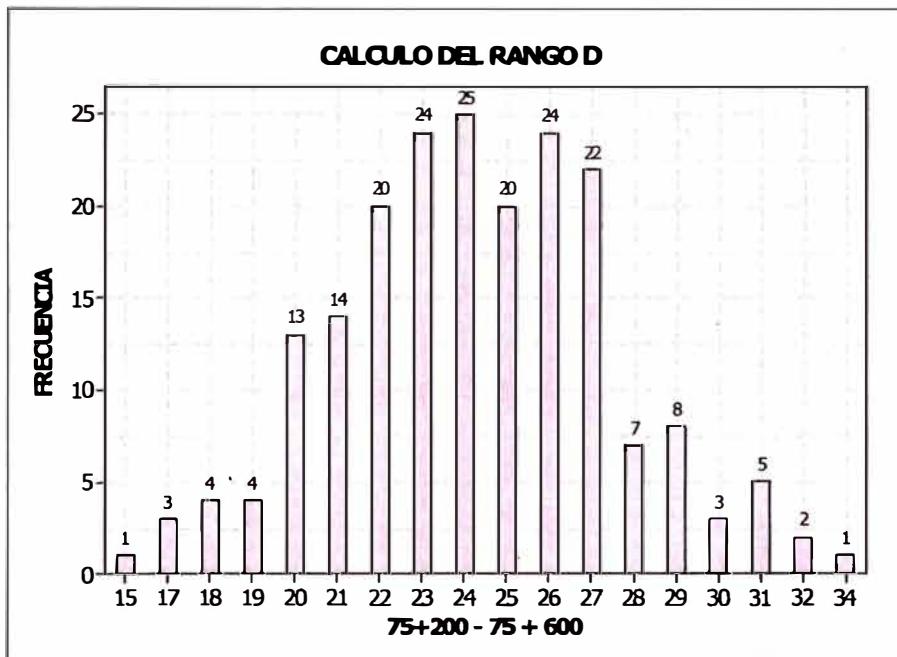
FECHA: 27/11/10

CARRIL : IZQUIERDO

DISTANCIA DEL BORDE: 1 m

CONTEO DE DESVIACIONES PARA EL CÁLCULO DEL IRI

15	1
17	3
18	4
19	4
20	13
21	14
22	20
23	24
24	25
25	20
26	24
27	22
28	7
29	8
30	3
31	5
32	2
34	1
TOTAL	200



Histograma de la Distribución de frecuencia de 200 lecturas

$D < 42$	$D > 42$
$IRI = 0.0485 \times D$	$IRI = 0.593 + 0.0471 \times D$

D	D(mm)	Factor Corrección	D corregido	IRI(m/km)
10,833	54,167	0,88571	47,976	2,85

PROCESAMIENTO DE LOS DATOS DE CAMPO – EQUIPO MERLIN

PROGRESIVA: DEL 75+600 AL 76+000

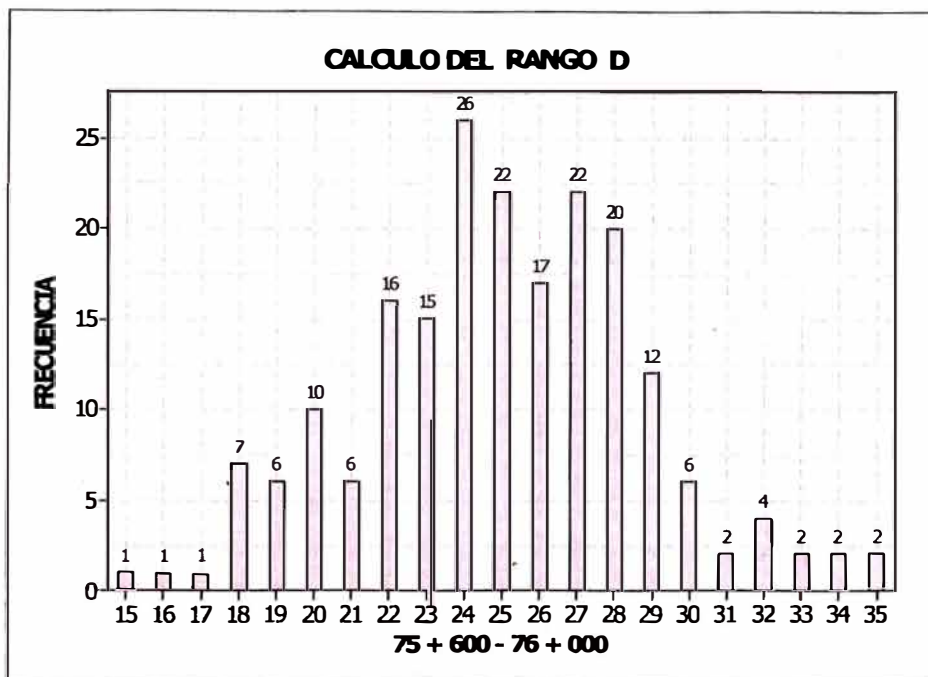
FECHA: 27/11/10

CARRIL : IZQUIERDO

DISTANCIA DEL BORDE: 1 m

CONTEO DE DESVIACIONES PARA EL CÁLCULO DEL IRI

15	1
16	1
17	1
18	7
19	6
20	10
21	6
22	16
23	15
24	26
25	22
26	17
27	22
28	20
29	12
30	6
31	2
32	4
33	2
34	2
35	2
TOTAL	200



Histograma de la Distribución de frecuencia de 200 lecturas

$D < 42$	$D > 42$
$IRI = 0.0485 \times D$	$IRI = 0.593 + 0.0471 \times D$

D	D(mm)	Factor Corrección	D corregido	IRI(m/km)
13	65	0,88571	57,57115	3,30

PROCESAMIENTO DE LOS DATOS DE CAMPO – EQUIPO MERLIN

PROGRESIVA: DEL 76+000 AL 76+400

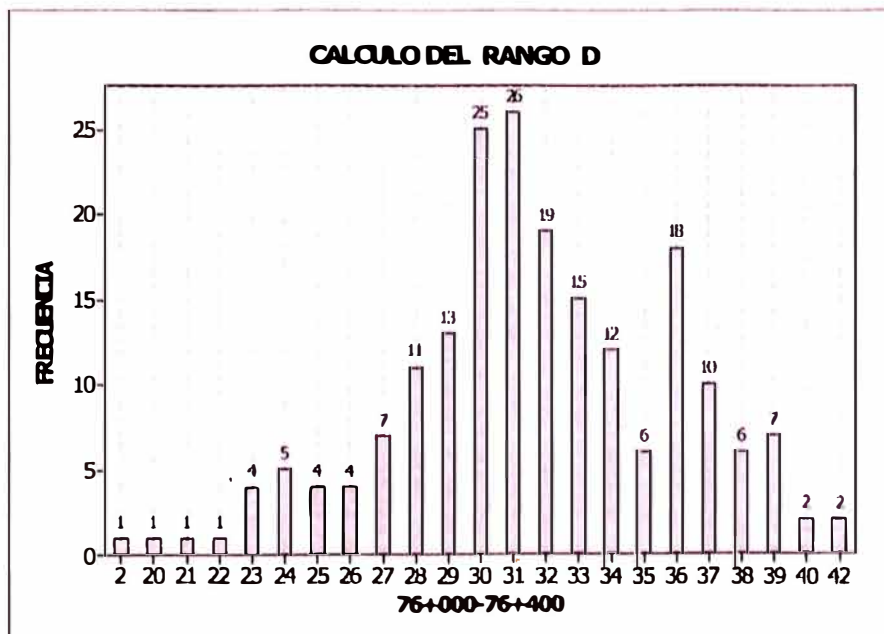
FECHA: 27/11/10

CARRIL : IZQUIERDO

DISTANCIA DEL BORDE: 1 m

CONTEO DE DESVIACIONES PARA EL CÁLCULO DEL IRI

2	1
20	1
21	1
22	1
23	4
24	5
25	4
26	4
27	7
28	11
29	13
30	25
31	26
32	19
33	15
34	12
35	6
36	18
37	10
38	6
39	7
40	2
42	2
TOTAL	200



Histograma de la Distribución de frecuencia de 200 lecturas

$D < 42$	$D > 42$
$IRI = 0.0485 \times D$	$IRI = 0.593 + 0.0471 \times D$

D	D(mm)	Factor Corrección	D corregido	IRI(m/km)
14,7428	73,714	0,88571	65,2892	3,67

PROCESAMIENTO DE LOS DATOS DE CAMPO – EQUIPO MERLIN

PROGRESIVA: DEL 76+400 AL 76+800

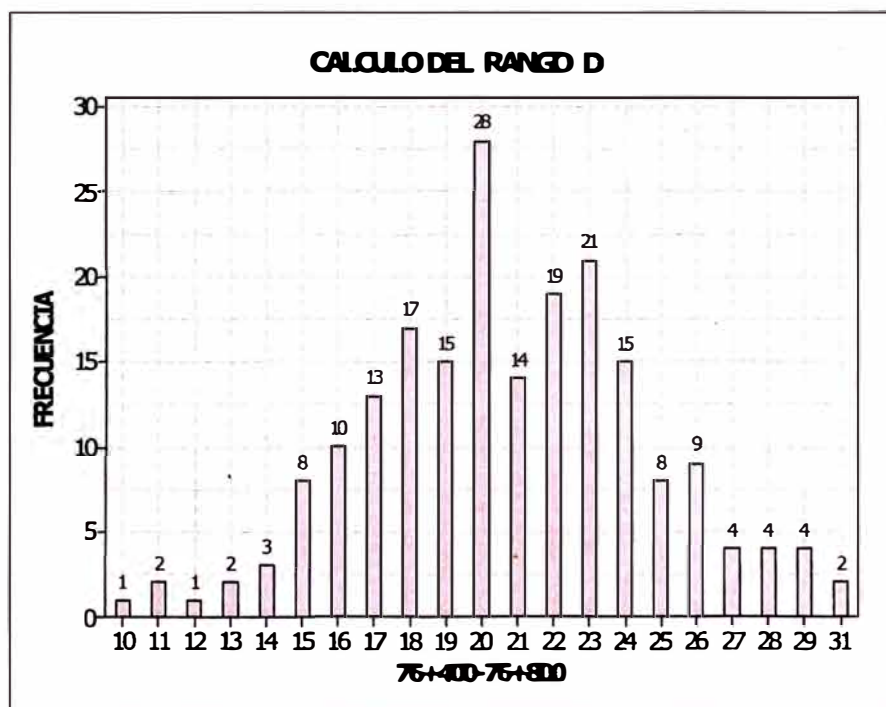
FECHA: 27/11/10

CARRIL : IZQUIERDO

DISTANCIA DEL BORDE: 1 m

CONTEO DE DESVIACIONES PARA EL CÁLCULO DEL IRI

10	1
11	2
12	1
13	2
14	3
15	8
16	10
17	13
18	17
19	15
20	28
21	14
22	19
23	21
24	15
25	8
26	9
27	4
28	4
29	4
31	2
TOTAL	200



Histograma de la Distribución de frecuencia de 200 lecturas

$D < 42$	$D > 42$
$IRI = 0.0485 \times D$	$IRI = 0.593 + 0.0471 \times D$

D'	D(mm)	Factor Corrección	D corregido	IRI(m/km)
12,875	64,375	0,88571	57,0176	3,28

PROCESAMIENTO DE LOS DATOS DE CAMPO – EQUIPO MERLIN

PROGRESIVA: DEL 76+800 AL 77+200

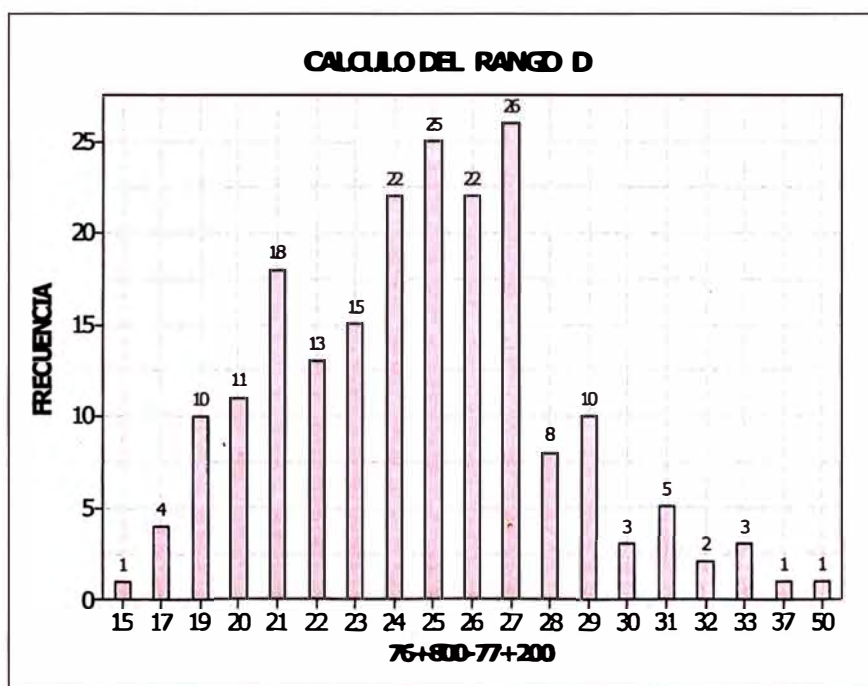
FECHA: 27/11/10

CARRIL : IZQUIERDO

DISTANCIA DEL BORDE: 1 m

CONTEO DE DESVIACIONES PARA EL CÁLCULO DEL IRI

15	1
17	4
19	10
20	11
21	18
22	13
23	15
24	22
25	25
26	22
27	26
28	8
29	10
30	3
31	5
32	2
33	3
37	1
50	1
TOTAL	200



Histograma de la Distribución de frecuencia de 200 lecturas

$D < 42$	$D > 42$
$IRI = 0.0485 \times D$	$IRI = 0.593 + 0.0471 \times D$

D	D(mm)	Factor Corrección	D corregido	IRI(m/km)
11,9	59,5	0,88571	52,6997	3,08

PROCESAMIENTO DE LOS DATOS DE CAMPO – EQUIPO MERLIN

PROGRESIVA: DEL 77+200 AL 77+600

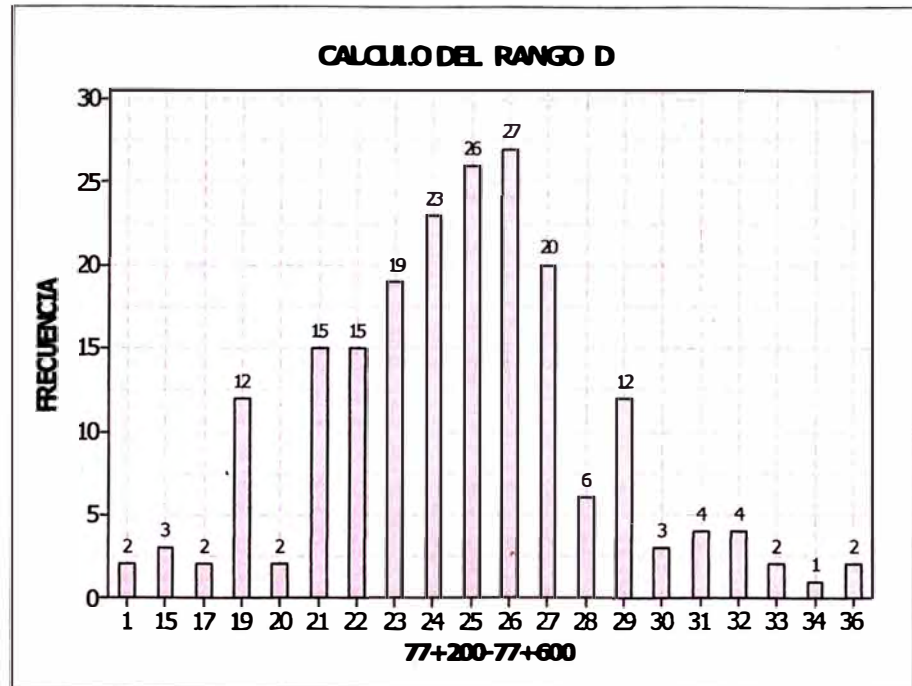
FECHA: 27/11/10

CARRIL : IZQUIERDO

DISTANCIA DEL BORDE: 1 m

CONTEO DE DESVIACIONES PARA EL CÁLCULO DEL IRI

1	2
15	3
17	2
19	12
20	2
21	15
22	15
23	19
24	23
25	26
26	27
27	20
28	6
29	12
30	3
31	4
32	4
33	2
34	1
36	2
TOTAL	200



Histograma de la Distribución de frecuencia de 200 lecturas

$D < 42$	$D > 42$
$IRI = 0.0485 \times D$	$IRI = 0.593 + 0.0471 \times D$

D	D(mm)	Factor Corrección	D corregido	IRI(m/km)
12,5	62,5	0,88571	55,3569	3,20

PROCESAMIENTO DE LOS DATOS DE CAMPO – EQUIPO MERLIN

PROGRESIVA: DEL 77+600 AL 78+000

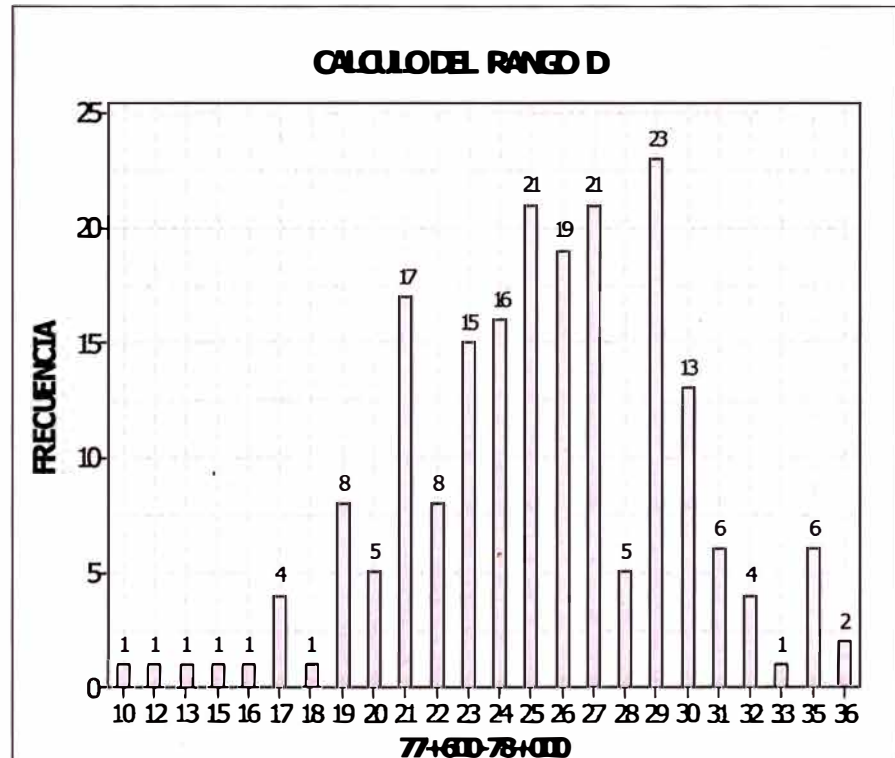
FECHA: 27/11/10

CARRIL : IZQUIERDO

DISTANCIA DEL BORDE: 1 m

CONTEO DE DESVIACIONES PARA EL CÁLCULO DEL IRI

10	1
12	1
13	1
15	1
16	1
17	4
18	1
19	8
20	5
21	17
22	8
23	15
24	16
25	21
26	19
27	21
28	5
29	23
30	13
31	6
32	4
33	1
35	6
36	2
TOTAL	200



D < 42	D > 42
IRI = 0.0485 x D	IRI = 0.593 + 0.0471 x D

D	D(mm)	Factor Corrección	D corregido	IRI(m/km)
13,75	68,75	0,88571	60,8926	3,46

PROCESAMIENTO DE LOS DATOS DE CAMPO – EQUIPO MERLIN

PROGRESIVA: DEL 78+000 AL 78+400

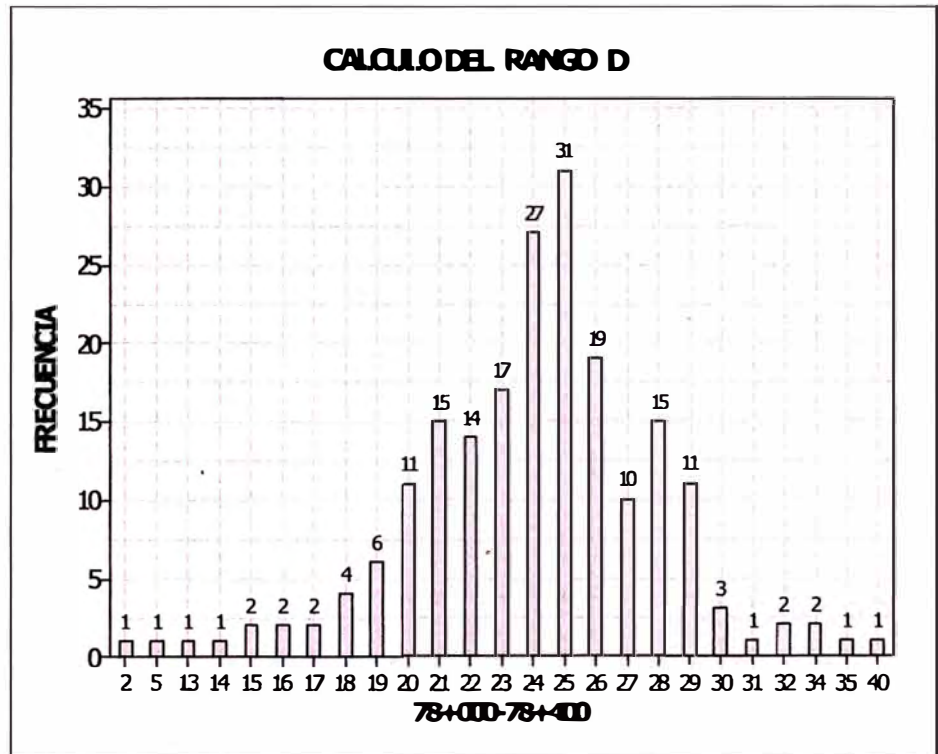
FECHA: 27/11/10

CARRIL : IZQUIERDO

DISTANCIA DEL BORDE: 1 m

CONTEO DE DESVIACIONES PARA EL CÁLCULO DEL IRI

2	1
5	1
13	1
14	1
15	2
16	2
17	2
18	4
19	6
20	11
21	15
22	14
23	17
24	27
25	31
26	19
27	10
28	15
29	11
30	3
31	1
32	2
34	2
35	1
40	1
TOTAL	200



Histograma de la Distribución de frecuencia de 200 lecturas

$D < 42$	$D > 42$
$IRI = 0.0485 \times D$	$IRI = 0.593 + 0.0471 \times D$

D	D(mm)	Factor Corrección	D corregido	IRI(m/km)
12	60	0,88571	53,1426	3,10

PROCESAMIENTO DE LOS DATOS DE CAMPO – EQUIPO MERLIN

PROGRESIVA: DEL 78+400 AL 78+800

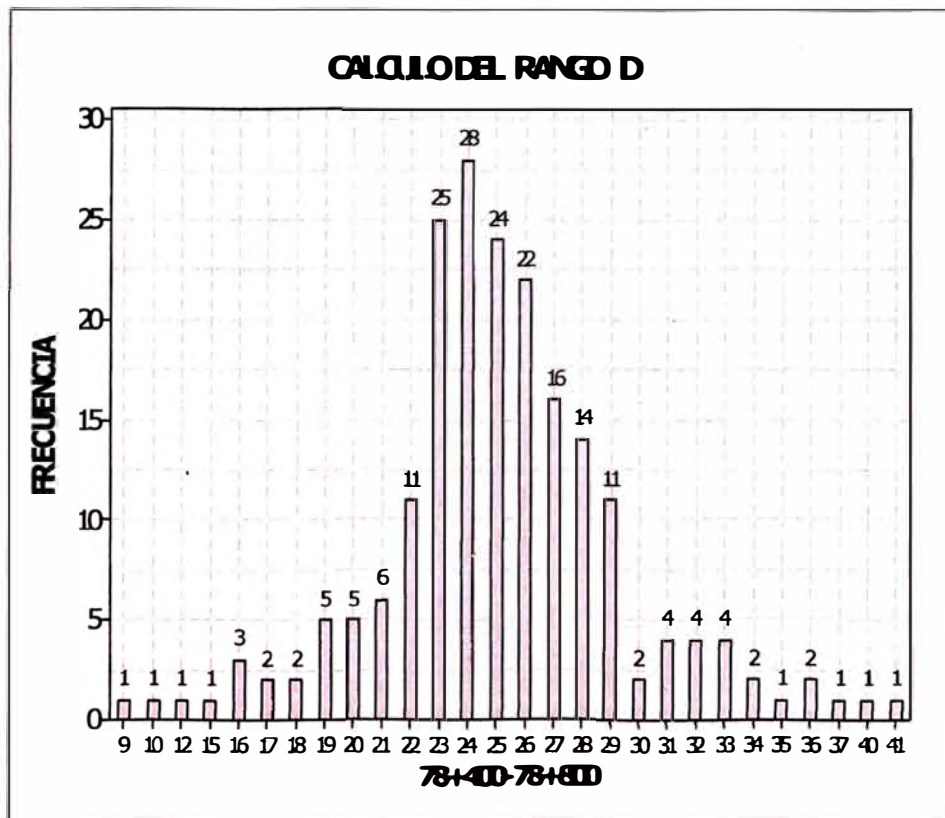
FECHA: 27/11/10

CARRIL : IZQUIERDO

DISTANCIA DEL BORDE: 1 m

CONTEO DE DESVIACIONES PARA EL CÁLCULO DEL IRI

9	1
10	1
12	1
15	1
16	3
17	2
18	2
19	5
20	5
21	6
22	11
23	25
24	28
25	24
26	22
27	16
28	14
29	11
30	2
31	4
32	4
33	4
34	2
35	1
36	2
37	1
40	1
41	1
TOTAL	200



Histograma de la Distribución de frecuencia de 200 lecturas

$D < 42$	$D > 42$
$IRI = 0.0485 \times D$	$IRI = 0.593 + 0.0471 \times D$

D	D(mm)	Factor Corrección	D corregido	IRI(m/km)
15	75	0,88571	66,42825	3,72

PROCESAMIENTO DE LOS DATOS DE CAMPO – EQUIPO MERLIN

PROGRESIVA: DEL 79+000 AL 79+400

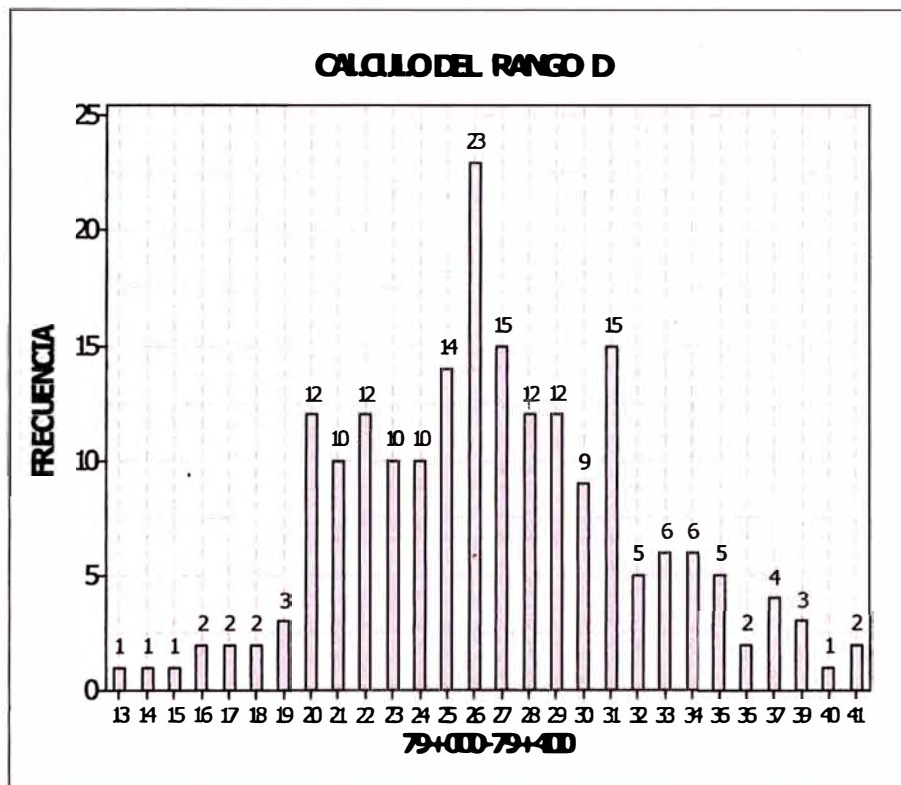
FECHA: 27/11/10

CARRIL : IZQUIERDO

DISTANCIA DEL BORDE: 1 m

CONTEO DE DESVIACIONES PARA EL CÁLCULO DEL IRI

13	1
14	1
15	1
16	2
17	2
18	2
19	3
20	12
21	10
22	12
23	10
24	10
25	14
26	23
27	15
28	12
29	12
30	9
31	15
32	5
33	6
34	6
35	5
36	2
37	4
39	3
40	1
41	2
TOTAL	200



Histograma de la Distribución de frecuencia de 200 lecturas

$D < 42$	$D > 42$
$IRI = 0.0485 \times D$	$IRI = 0.593 + 0.0471 \times D$

D	D(mm)	Factor Corrección	D corregido	IRI(m/km)
17,6667	88,3335	0,88571	78,2379	4,28

PROCESAMIENTO DE LOS DATOS DE CAMPO – EQUIPO MERLIN

PROGRESIVA: DEL 79+400 AL 79+800

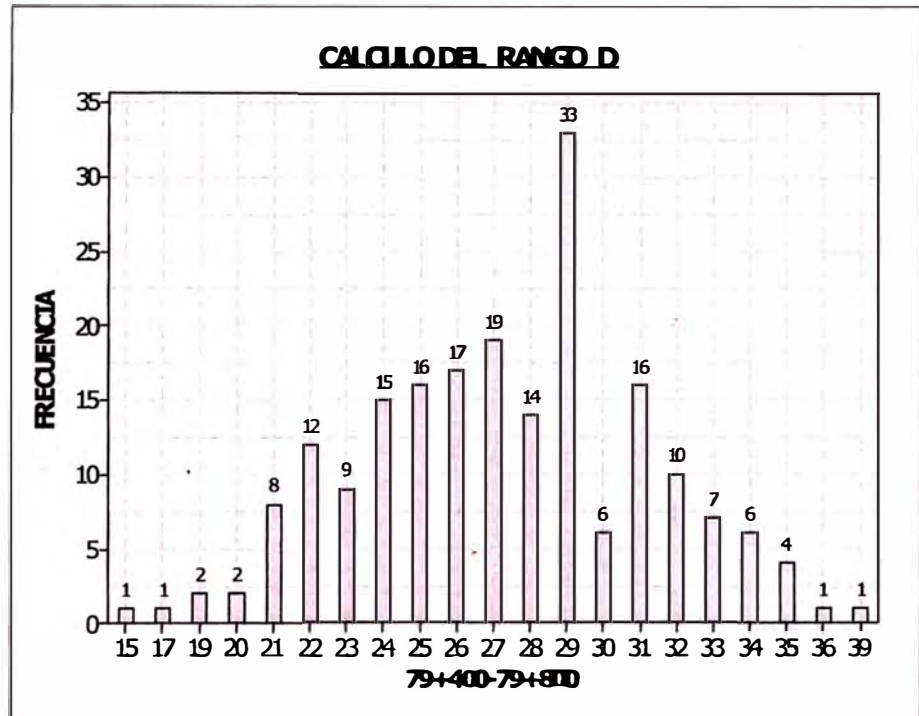
FECHA: 27/11/10

CARRIL : IZQUIERDO

DISTANCIA DEL BORDE: 1 m

CONTEO DE DESVIACIONES PARA EL CÁLCULO DEL IRI

15	1
17	1
19	2
20	2
21	8
22	12
23	9
24	15
25	16
26	17
27	19
28	14
29	33
30	6
31	16
32	10
33	7
34	6
35	4
36	1
39	1
TOTAL	200



Histograma de la Distribución de frecuencia de 200 lecturas

$D < 42$	$D > 42$
$IRI = 0.0485 \times D$	$IRI = 0.593 + 0.0471 \times D$

D	D(mm)	Factor Corrección	D corregido	IRI(m/km)
12,8333	64,1665	0,88571	56,8329	3,27

PROCESAMIENTO DE LOS DATOS DE CAMPO – EQUIPO MERLIN

PROGRESIVA: DEL 79+800 AL 80 + 200

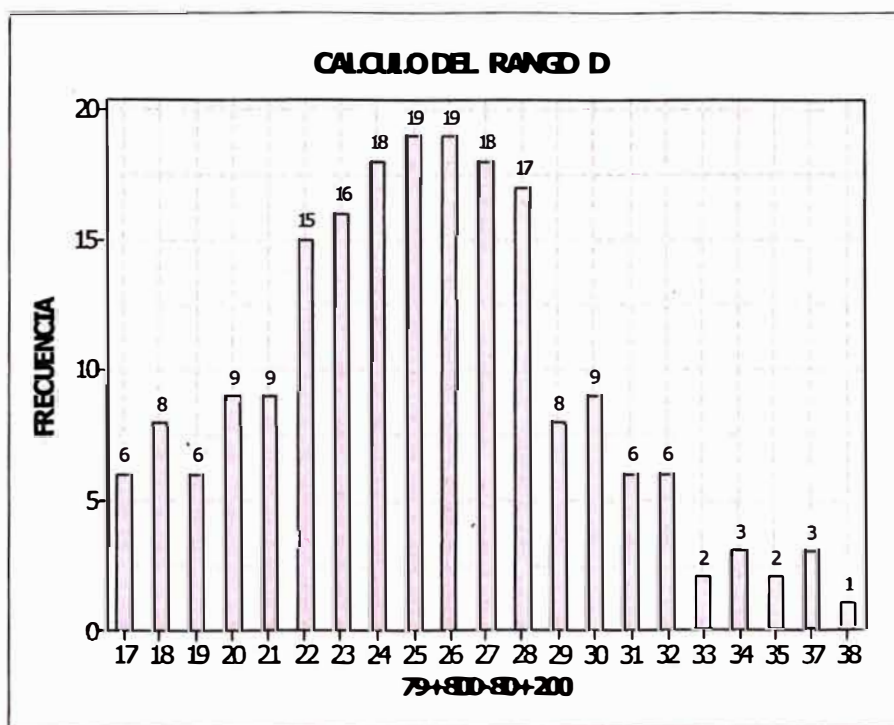
FECHA: 27/11/10

CARRIL : IZQUIERDO

DISTANCIA DEL BORDE: 1 m

CONTEO DE DESVIACIONES PARA EL CÁLCULO DEL IRI

17	6
18	8
19	6
20	9
21	9
22	15
23	16
24	18
25	19
26	19
27	18
28	17
29	8
30	9
31	6
32	6
33	2
34	3
35	2
37	3
38	1
TOTAL	200



Histograma de la Distribución de frecuencia de 200 lecturas

$D < 42$	$D > 42$
$IRI = 0.0485 \times D$	$IRI = 0.593 + 0.0471 \times D$

D	D(mm)	Factor Corrección	D corregido	IRI(m/km)
15	75	0,88571	66,42825	3,72

PROCESAMIENTO DE LOS DATOS DE CAMPO – EQUIPO MERLIN

PROGRESIVA: DEL 80 + 200 AL 80+600

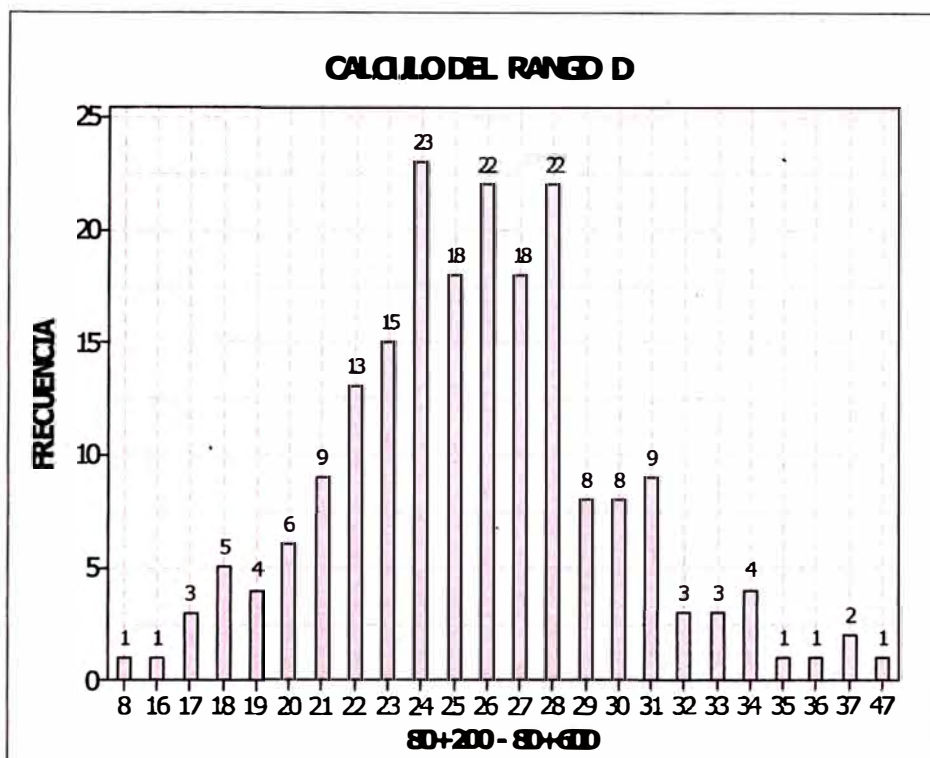
FECHA: 27/11/10

CARRIL : IZQUIERDO

DISTANCIA DEL BORDE: 1 m

CONTEO DE DESVIACIONES PARA EL CÁLCULO DEL IRI

8	1
16	1
17	3
18	5
19	4
20	6
21	9
22	13
23	15
24	23
25	18
26	22
27	18
28	22
29	8
30	8
31	9
32	3
33	3
34	4
35	1
36	1
37	2
47	1
TOTAL	200



$D < 42$	$D > 42$
$IRI = 0.0485 \times D$	$IRI = 0.593 + 0.0471 \times D$

D	D(mm)	Factor Corrección	D corregido	IRI(m/km)
14,6667	73,3335	0,88571	64,9522	3,65

PROCESAMIENTO DE LOS DATOS DE CAMPO – EQUIPO MERLIN

PROGRESIVA: DEL 80 + 600 AL 81 + 000

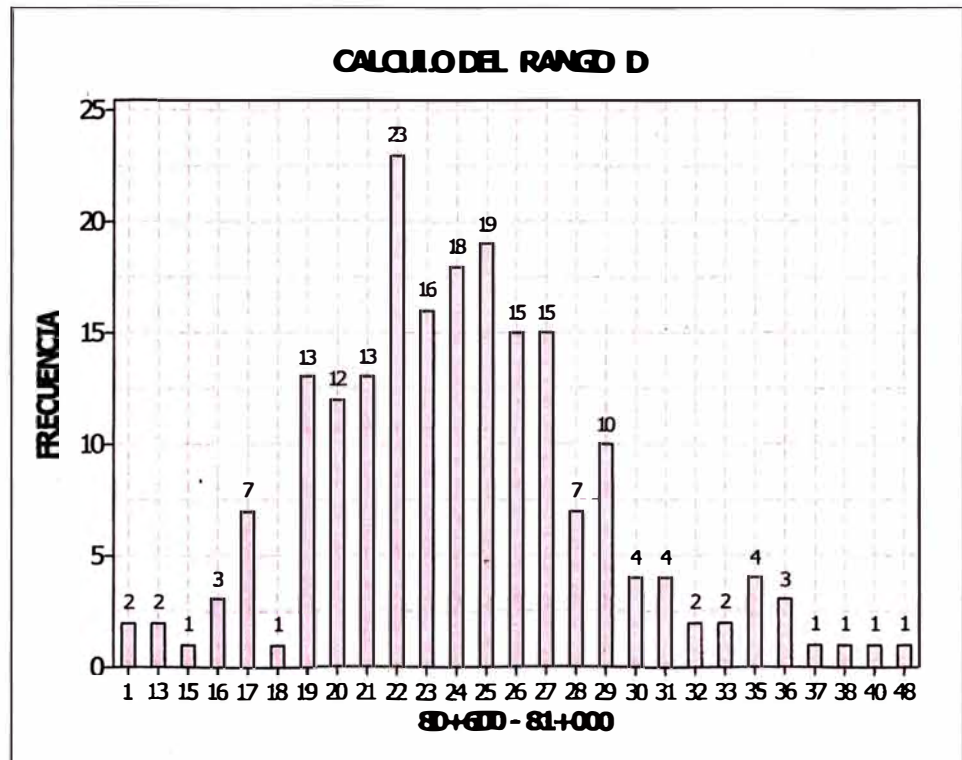
FECHA: 27/11/10

CARRIL : IZQUIERDO

DISTANCIA DEL BORDE: 1 m

CONTEO DE DESVIACIONES PARA EL CÁLCULO DEL IRI

1	2
13	2
15	1
16	3
17	7
18	1
19	13
20	12
21	13
22	23
23	16
24	18
25	19
26	15
27	15
28	7
29	10
30	4
31	4
32	2
33	2
35	4
36	3
37	1
38	1
40	1
48	1
TOTAL	200



Histograma de la Distribución de frecuencia de 200 lecturas

$D < 42$	$D > 42$
$IRI = 0.0485 \times D$	$IRI = 0.593 + 0.0471 \times D$

D	D(mm)	Factor Corrección	D corregido	IRI(m/km)
16,9643	84,8215	0,88571	75,12725	4,13

**VALORES DEL ÍNDICE DE RUGOSIDAD
INTERNACIONAL (IRI)
CURSO DE TITULACIÓN 2010-2
VISITA DE CAMPO**

EQUIPO MERLIN MANUAL

CARRIL : IZQUIERDO
DISTANCIA DEL BORDE: 1 m

PROGRESIVA INICIAL	-	PROGRESIVA FINAL	FECHA	IRI(m/km)
74 + 000	-	74 + 400	27/11/2010	3,70
74 + 400	-	74 + 800	27/11/2010	3,29
74 + 800	-	75 + 200	27/11/2010	3,30
75 + 200	-	75 + 600	27/11/2010	2,85
75 + 600	-	76 + 000	27/11/2010	3,30
76 + 000	-	76 + 400	27/11/2010	3,67
76 + 400	-	76 + 800	27/11/2010	3,28
76 + 800	-	77 + 200	27/11/2010	3,08
77 + 200	-	77 + 600	27/11/2010	3,20
77 + 600	-	78 + 000	27/11/2010	3,46
78 + 000	-	78 + 400	27/11/2010	3,10
78 + 400	-	78 + 800	27/11/2010	3,72
79 + 000	-	79 + 400	27/11/2010	4,28
79 + 400	-	79 + 800	27/11/2010	3,27
79 + 800	-	80 + 200	27/11/2010	3,72
80 + 200	-	80 + 600	27/11/2010	3,65
80 + 600	-	81 + 000	27/11/2010	4,13

IRI promedio	3,4706
Desviación estándar	0,3754
IRI característico (IRI_p + 1.645 σ)	4,09

**VALORES DEL ÍNDICE DE RUGOSIDAD
INTERNACIONAL (IRI)
CURSO DE TITULACIÓN 2010-2
VISITA DE CAMPO**

**EQUIPO MERLIN
AUTOMATIZADO**

CARRIL : DERECHO
DISTANCIA DEL BORDE: 1 m

PROGRESIVA INICIAL	-	PROGRESIVA FINAL	FECHA	IRI(m/km)
74 + 000	-	74 + 400	27/11/2010	4.16
74 + 400	-	74 + 800	27/11/2010	3.27
74 + 800	-	75 + 200	27/11/2010	3.76
75 + 200	-	75 + 600	27/11/2010	3.15
75 + 600	-	76 + 000	27/11/2010	3.76
76 + 000	-	76 + 400	27/11/2010	3.53
76 + 400	-	76 + 800	27/11/2010	3.65
76 + 800	-	77 + 200	27/11/2010	3.22
77 + 200	-	77 + 600	27/11/2010	3.06
77 + 800	-	78 + 200	27/11/2010	3.32
78 + 200	-	78 + 600	27/11/2010	3.09
79 + 000	-	79 + 400	27/11/2010	4.36
79 + 400	-	79 + 800	27/11/2010	3.70
79 + 800	-	80 + 200	27/11/2010	3.88
80 + 200	-	80 + 600	27/11/2010	4.31
80 + 600	-	81 + 000	27/11/2010	3.62

IRI promedio	3,6150
Desviación estándar	0,4183
IRI característico (IRI_p + 1.645 σ)	4,30