

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



**INFLUENCIA DE LA RUGOSIDAD EN LOS COSTOS
OPERATIVOS VEHICULARES
MONITOREO DE CONSERVACION CARRETERA CAÑETE-
HUANCAYO KM. 102+000 AL KM.104+000**

INFORME DE SUFICIENCIA

Para optar el Título Profesional de:

INGENIERO CIVIL

ALBERTO ROJAS CACERES

Lima- Perú

2010

ÍNDICE

RESUMEN	3
LISTA DE TABLAS	4
LISTA DE FIGURAS	5
LISTA DE SÍMBOLOS Y DE SIGLAS	6
CAPÍTULO I: GENERALIDADES	9
1.1 ANTECEDENTES.....	9
1.2 UBICACIÓN.....	10
1.3 ESTADO DE LA SITUACIÓN ACTUAL EN LA CARRETERA.....	12
1.3.1 <i>Hidrología</i>	12
1.3.2 <i>Temperatura</i>	12
1.3.3 <i>Precipitación</i>	13
CAPÍTULO II: MEDICIÓN DE LA RUGOSIDAD CON EL EQUIPO MERLIN	14
2.1 EQUIPO MERLIN (MACHINE FOR EVALUATING ROUGHNESS USING LOW-COST INSTRUMENTATION).....	14
2.1.1 <i>Ecuación de rugosidad</i>	16
2.1.2 <i>Método de Uso</i>	17
2.1.3 <i>Cálculo del rango D</i>	18
2.1.4 <i>Factor de Corrección para el ajuste "D"</i>	19
2.2 ÍNDICE INTERNACIONAL DE RUGOSIDAD (IRI).....	20
2.3 ÍNDICE DE SERVICIABILIDAD PRESENTE (ISP).....	22
2.4 TRAMOS CON LONGITUDES DIFERENTES A 400 M.....	23
CAPÍTULO III: DETERMINACIÓN DE LA RUGOSIDAD DEL TRAMO KM 102+100 AL KM 102+500 y KM 103+200 AL KM 103+600 DEL CARRIL DERECHO	25
3.1 DATOS DE CAMPO.....	25
3.2 CÁLCULO RANGO "D".....	28
3.3 FACTOR DE CORRECCIÓN.....	29

3.4 RUGOSIDAD EN ESCALA IRI.....	30
CAPÍTULO IV: INFLUENCIA DE LA RUGOSIDAD EN LOS COSTOS OPERATIVOS VEHICULARES	31
4.1 LA RUGOSIDAD Y LOS COSTOS DE OPERACIÓN VEHICULAR.....	31
4.2 COSTOS DE OPERACIÓN VEHICULAR.....	31
4.3 MODULACIÓN DE COV Y LA RUGOSIDAD MEDIANTE EL PROGRAMA HDM-VOC	31
4.4 ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	39
CONCLUSIONES	46
RECOMENDACIONES	47
BIBLIOGRAFÍA	48
ANEXOS	49

RESUMEN

El presente trabajo trata sobre la evaluación de la rugosidad del tramo comprendido entre los Km. 102+000 al Km. 104+000, de la carretera Cañete-Chupaca, indicándose las características de la misma.

Se usará el método del Equipo MERLIN para obtener el valor de la rugosidad de los datos tomados en el estudio de campo.

Se menciona los pasos a seguir en la toma de datos de campo, cuando se evalúa tramos de longitud diferente a 400 metros.

Además se analiza la influencia del estado superficial de la carretera en los costos operativos vehiculares (COV). Se utilizó el programa HDM-VOC desarrollado por el Banco Mundial, el cual relaciona las características superficiales de la carretera, tipo y cualidades del vehículo, los precios de combustible, reparación, tiempo de viaje, y todos los componentes de los COV que se describen en el informe.

Se grafica la relación directa de los costos operativos vehiculares y la rugosidad.

LISTA DE TABLAS

Tabla N° 2.1 Rango de Índice de Serviciabilidad Presente	23
Tabla N°3.1 Datos de campo del Tramo 1.Obtenidos con el equipo MERLIN ..	26
Tabla N°3.2 Datos de campo del Tramo 2.Obtenidos con el equipo MERLIN ..	27
TablaN°4.1 Tipo de Vehículos.....	33
Tabla 4.2 Resumen del volumen vehicular Estación E7 tramo“Chichicay-Pueblo Nuevo”-RN 22	33
Tabla N°4.3 Resumen de resultados del HDM-VOC (Continuación).....	38
Tabla N°4.4 Resumen de resultados del HDM-VOC	39
Tabla N°4.4 Costos de Operación Vehicular Parte 1	43
Tabla N°4.5 Costos de Operación Vehicular Parte 2.....	44
Tabla N°4.6 Costos de Operación Vehicular Parte 3.....	44

LISTA DE FIGURAS

Figura N°1.1 Progresivas Vs. Altitudes de los distritos adyacentes a la carretera	10
Figura N°1.2 Plano Clave	11
Figura N°2.1 Equipo MERLIN Mark 1	14
Figura N°2.2 Equipo MERLIN Mark 2	14
Figura N°2.3 Medida del desplazamiento vertical “y”	16
Figura N°2.4 Esquema del rugosímetro MERLIN	18
Figura N°2.5 Intervalo de desviaciones	19
Figura N°2.6 Representación gráfica del modelo “Cuarto de Carro”	20
Figura N°2.7 Escala de valores de IRI y las características de los pavimentos ..	21
Figura N°2.8 Desgaste de la superficie de rodadura a través de tiempo	22
Figura N°3.1 Toma de datos del primer tramo	25
Figura N°3.2 Textura del pavimento del tramo 2	28
Figura N°3.3 Tramo 1. Cálculo de valor de “D”	28
Figura N°3.4 Tramo 2. Cálculo de valor de “D”	29
Figura N°4.1 Diagrama de flujo del HDM-VOC	32
Figura N°4.2 Menú de ingreso de datos de la vía	34
Figura N°4.3 Elección del vehículo	34
Figura N°4.4 Menú de ingreso de las características del vehículo	35
Figura N°4.5 Ingreso de datos de los neumáticos	35
Figura N°4.6 Ingreso de datos de utilización del vehículo	36
Figura N°4.7 Ingreso de costos unitarios del vehículo	36
Figura N°4.8 Incidencia porcentual de los COV	40
Figura N°4.9 Relación de costo de operación vehicular Vs. Índice Internacional de Rugosidad para un vehículo utilitario camioneta Pick Up Toyota Hilux	41
Figura N°4.10 Variación en porcentaje de los componentes del COV	42

LISTA DE SÍMBOLOS Y DE SIGLAS

Dv.:	Desvío
OPP:	Oficina General de Presupuesto y Programación
RM:	Resolución Ministerial
MTC:	Ministerio de Transportes y Comunicaciones
m.s.n.m.:	metros sobre el nivel del mar
mm:	milímetros
TRRL:	Laboratorio Británico de Investigación de Transportes y Caminos
MERLIN:	Machine for Evaluating Roughness using Low-cost Instrumentation
AASHO:	Asociación Americana de Agencias Oficial de Carreteras
IRI:	Índice de Rugosidad Internacional
ISP:	Índice de Serviabilidad Presente
IRRE:	Ensayo Internacional de Rugosidad de Carreteras
ISP:	Índice de Serviabilidad Presente
COV:	Costo de Operación Vehicular
°C:	Grados Centígrados
HDM-VOC:	Mantenimiento y Diseño de Carreteras-Costos Operativos Vehiculares
IMD:	Índice Medio Diario
NCHRP:	Cooperative Highway Reseah Program
FC:	Factor de corrección

INTRODUCCIÓN

El transporte carretero en el Perú es el medio más importante en el rubro de pasajeros y carga. De lo anterior, se desprende el impacto económico que tiene para el país, la conservación y mantenimiento de las carreteras. Y así elevar el nivel de servicio a los usuarios.

Para evaluar la aplicación de mantenimiento en un período del año, es importante conocer la condición actual de la carretera, especialmente la rugosidad, así se podrá tomar de decisiones mas convenientes para la vía y para el país.

El equipo MERLIN es una herramienta de fácil manejo y bajo costo que permite obtener la rugosidad de la carretera, además se usa para calibrar el equipo Bump Integrator.

El presente informe aporta al sector transporte información y un procedimiento sencillo para la estimación de costos operativos vehiculares en función al estado superficial de la carretera y alineamiento geométricos

A continuación, se describe los capítulos del presente informe

CAPÍTULO I: Se presenta la descripción de la carretera en estudio, antecedentes, ubicación, situación actual, características hidrológicas y temperatura.

CAPÍTULO II: Se explica el uso del equipo MERLIN, el método de obtención de rugosidad, escala de medición IRI, Índice de Serviciabilidad Presente. Además la metodología de medición de la rugosidad con tramos diferentes a 400 metros, según la Guía de uso del Equipo MERLIN

CAPÍTULO III: Se explica la obtención de la medida de rugosidad con el equipo Merlín, del tramo ensayado en la carretera Cañete-Chupaca

CAPÍTULO IV: Se evalúa la influencia de la rugosidad, obtenida en el capítulo anterior, frente a los costos operativos vehiculares.

Objetivo General

-Calcular la rugosidad de tramo en estudio que está compuesto por Monocapa+slurry e identificar su condición actual. Estará acompañada con una metodología adecuada para la medición del IRI mediante el equipo MERLIN.

Objetivos Específicos

- Evaluar cómo afecta la rugosidad a los costos de operación vehicular.
- Proporcionar pasos para el uso del equipo MERLIN en tramos diferentes a 400m.
- Analizar las ventajas y desventajas del equipo MERLIN.

CAPÍTULO I: GENERALIDADES

1.1 ANTECEDENTES

En el gobierno de Sr. Augusto B Leguía (1920-1930)), se decreta la ley de Conscripción Vial Territorial del Perú.

En el periodo 1940-1944 se construye la carretera que va desde Cañete hasta Dv. Yauyos.

Mediante el apoyo del Ministerio de Fomento, se gestionó en el año 1956, la continuación de la carretera desde Dv. Yauyos hasta el pueblo de Alis; terminando los trabajos en mayo de 1957.

En el año 1998, AYESA-ALPHA CONSULTORES, mediante el contrato con PRONCEPRI (Comisión de Promoción de Concesiones Privadas) elaboró el estudio definitivo a nivel de perfil.

En el año 2003, la Oficina de Planificación y Presupuesto (OPP) del MTC, autoriza el estudio de factibilidad la carretera a nivel, el cual fue elaborado por el Ing. Floriano Palacios León.

En el año 2007, mediante resolución ministerial RM N° 223-2007-MTC-02, posteriormente modificado por RM N° 408-2007-MTC-02 se crea el PROYECTO PERU, el cual tiene por objetivos de mejorar las vías de integración de corredores económicos conformando ejes de desarrollo de sostenibilidad, y aumentar la competitividad de las zonas rurales.

El Proyecto Perú aspira a establecer políticas de mantenimiento para la conservación vial en períodos superiores a 3 años.

Mediante el contrato N°288-2007-MTC/20.27 el 27 de diciembre del 2007, fue celebrado por PROVIAS NACIONAL y el Consorcio Gestión de Carreteras, en el cual asumen en la responsabilidad el servicio de conservación del corredor vial Cañete-Lunahuaná-Pacarán-Zúñiga-Capillucas-Calachota-DV.Yauyos-Alis-Roncha-Chupaca.

1.2 UBICACIÓN

Se encuentra entre los departamentos de Lima y Junín, y su ámbito de desarrollo abarca las provincias de Cañete, Yauyos, Concepción, Chupaca y Huancayo. Esta carretera une las provincias de Cañete y Yauyos. Tiene una longitud de 271.73 Km.

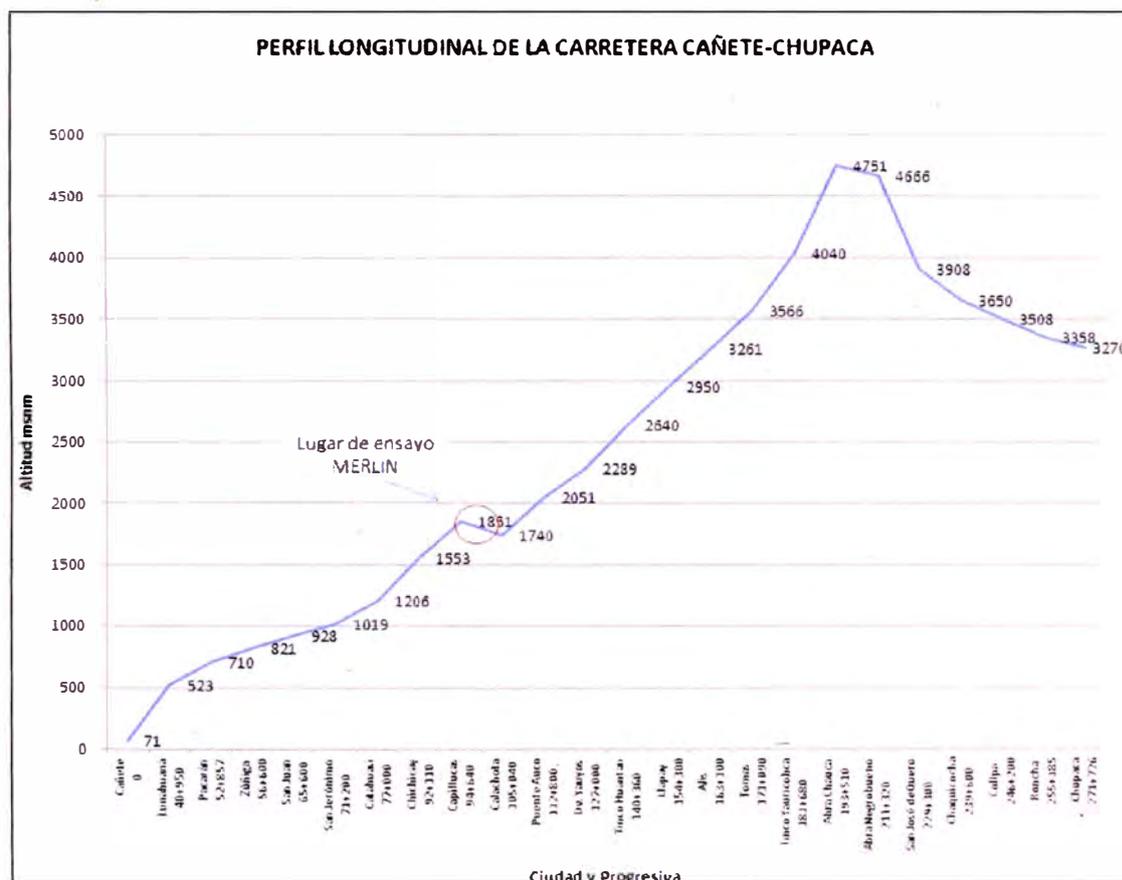


Figura N°1.1 Progresivas Vs. Altitudes de los distritos adyacentes a la carretera

Fuente: Elaboración Propia

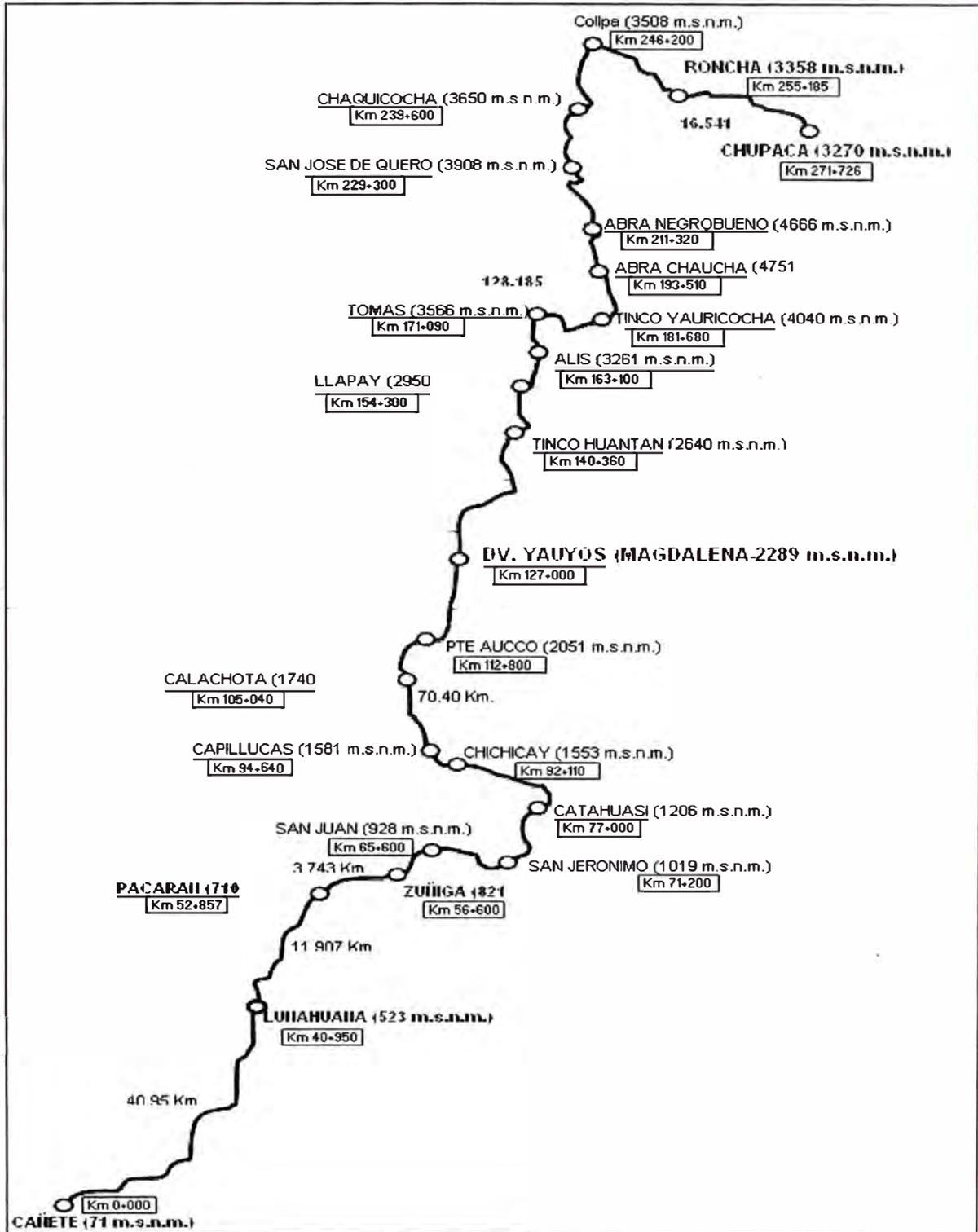


Figura N°1.2 Plano Clave

Fuente: Informe Técnico, convenio UNI-PROVIAS

1.3 ESTADO DE LA SITUACIÓN ACTUAL EN LA CARRETERA

La carretera en estudio perteneciente al Corredor Vial N° 13 Cañete-Lunahuaná-Chupaca-Huancayo, forma parte de la Ruta Nacional PE 24, con una longitud total de 271.73 km, a la cual se le brinda el servicio de Conservación Vial.

Se encuentra entre los departamentos de Lima y Junín, y su ámbito de desarrollo abarca las provincias de Cañete, Yauyos, Concepción, Chupaca y Huancayo.

1.3.1 Hidrología

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

La cuenca del río Cunas, comprende aproximadamente los 52 Kilómetros del trazo, abarca los caseríos tales como: Laguna Cunacocha, Millpo, Pishapampa y Gentilmacha; toda esta red de drenaje se ha entallado sobre rocas calizas; este río Cunas, cambia de nombre al pasar por Chupaca. En la parte alta de la cuenca, no existen explotaciones mineras, por lo cual, la contaminación por residuos mineros es casi nula y las aguas son claras y libres de minerales pesados.

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

1.3.2 Temperatura

El área de estudio se ubica en 5 diferentes regiones, según la clasificación del Dr. Javier Vidal.

Chala o Costa: Se caracteriza por tener un clima templado todo el año. La temperatura varía de 13°C y 28°C.

Yunga Marítima: 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.

Quechua: El clima es templado con notable diferencia entre el día y la noche. 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.

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

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

1.3.3 Precipitación

Existen tres zonas bien diferenciadas en cuanto a niveles de precipitación

Primer Tramo.- Cañete (71 m.s.n.m.) y Catahuasi (1206 m.s.n.m.). Las precipitaciones promedio anuales son escasas. Pueden variar desde 10mm a 29mm.

Segundo Tramo. Corresponde a la cuenca media del río Cañete, comprendido entre los 2000 y 3500 msnm con una precipitación promedio de 297.1mm anuales.

Tercer tramo. Corresponde a la cuenca alta del río Cañete de cota 3500msnm hasta el nivel de cumbre superiores a los 4500 msnm donde la precipitación se incrementa considerablemente como lo indican las estaciones de Carania 551mm (3825 m.s.n.m.-Yauyos) y Yauricocha 944.1mm (4522 m.s.n.m.-Alis).

CAPÍTULO II: MEDICIÓN DE LA RUGOSIDAD CON EL EQUIPO MERLIN

2.1 EQUIPO MERLIN (MACHINE FOR EVALUATING ROUGHNESS USING LOW-COST INSTRUMENTATION)

Es un equipo usado para la medición de rugosidad, desarrollado en la década de los años 80 por el Laboratorio Británico de Investigación de Transportes y Caminos (TRRL).

Tuvo 2 versiones, el Mark1 y el Mark2. A continuación se presentan en las figuras N° 2.1 y 2.2 respectivamente.

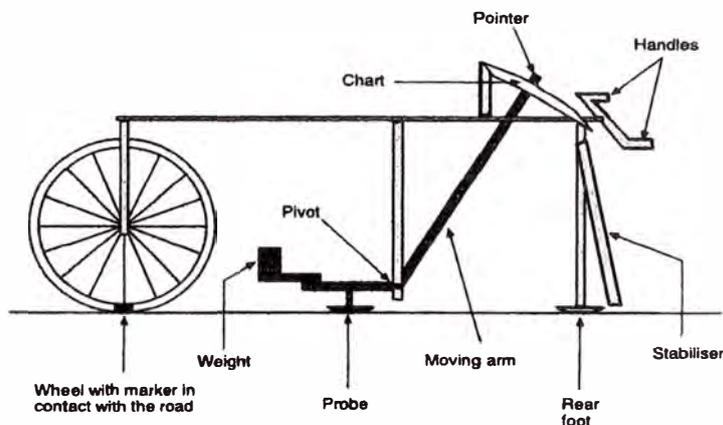


Figura N°2.1 Equipo MERLIN Mark 1

Fuente: Ing. Pablo de Águila-Metodología para la determinación de la rugosidad

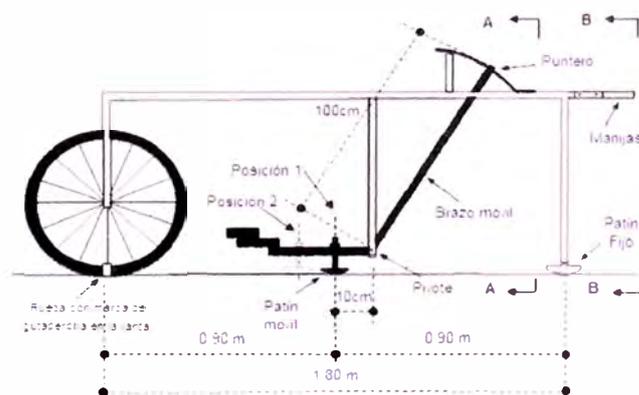


Figura N°2.2 Equipo MERLIN Mark 2

Fuente: Ing. Pablo de Águila-Metodología para la determinación de la rugosidad

Su principio está basado en el perfilómetro estático. Su precisión es superada por la que proporciona el método topográfico.

En 1993 el equipo MERLIN fue usado por primera vez en el Perú, en el marco del primer programa de rehabilitación de carreteras financiado por el Banco Interamericano de Desarrollo.

El primer estudio se hizo en la carretera Huayre-Huánuco. Se efectuó sobre pavimento asfáltico en estado avanzado de deterioro, además de tramos con tratamiento superficial bi-capa.

La primera aplicación del MERLIN para el control de rugosidad de un pavimento asfáltico nuevo se produjo en la carretera Panamericana Norte, a la altura de la ciudad de Trujillo.

La ecuación establecida por el TRRL, para el cálculo de escala de rugosidad de IRI presenta una limitación en el cálculo de rugosidades menores en valor a 2.4m/km, que corresponde a los pavimentos recién construidos.

El MERLIN puede ser usado para medir directamente la rugosidad o también para la calibración de equipos tipo respuesta tal como el Bum-Integrator.

Debido a los costos de manutención de los vehículos ad hoc destinados a la operación de equipos dinámicos, a los altos costos de calibración o a que las vías a evaluar no son de gran extensión en longitud; en los países latinoamericanos no se suele usar los rugosímetros dinámicos.

El concepto de uso es imaginar una cuerda promedio y medir los desplazamientos verticales de un punto intermedio. La longitud de la cuerda es de 1.80m (Ver Figura N°2.3), Se tiene que realizar 200 mediciones con respecto a la cuerda promedio. A mayor desplazamiento indica que hay mayor rugosidad. Si se define el histograma de distribución de frecuencias, es posible medir la dispersión de las mediciones correlacionarla con la escala estándar de rugosidad.

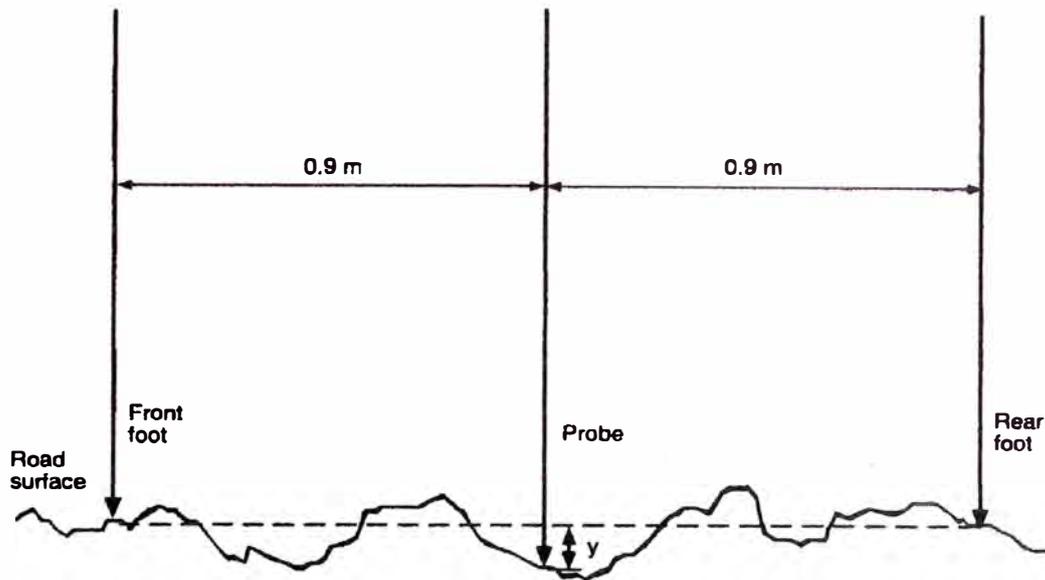


Figura N°2.3 Medida del desplazamiento vertical "y"

Fuente: Ing. Pablo de Águila-Metodología para la determinación de la rugosidad

Ventajas:

- Fácil de construir, puede ser hecho por artesanos con partes de fácil disponibilidad. Los dibujos pueden ser obtenidos del TRRL
- Es robusto, no requiere especial cuidado para manejar.
- Fácil de calibrar, usando un simple procedimiento
- Usado fácilmente, el proceso de medición es simple y además un operador puede ser entrenado rápidamente.
- De fácil mantenimiento, es uno de sus más importantes atributos

Desventaja

- Bajo rendimiento (6Km/día), si se compara con rugosímetros dinámicos.

2.1.1 Ecuación de rugosidad

Fue propuesta en 1982 por el TRRL, mediante simulación computarizada utilizando los perfiles topográficos estudiados en el Ensayo Internacional de Rugosidad de Carreteras (IRRE). Cada perfil ya tenía su medida de rugosidad en escala IRI y en escala Bump Integrator. Se logró establecer una base de

datos en pares ordenados en IRI vs MERLIN. Mediante una regresión lineal se obtuvo la siguiente ecuación:

$$IRI=0.593+0.0471*D \quad (\text{para valores de } 2.4 < IRI < 15.9)$$

Donde:

IRI está en (m/Km)

D es la medida de rugosidad en escala MERLIN (mm)

Es aplicable para afirmado, superficies pavimentadas o caminos de concreto asfáltico. El interés del MERLIN no fue contar con un equipo que sirva para el control de calidad para un pavimento nuevo, sino que sirva para calcular los costos de operación vehicular en pavimentos muy deteriorados.

Para pavimentos nuevos se aplica la ecuación siguiente:

$$IRI=0.0485*D \quad (\text{para valores de } D < 50\text{mm}, 0 < IRI < 2.4)$$

Donde:

IRI está en (m/Km)

D es la medida de rugosidad en escala MERLIN (mm).

2.1.2 Método de Uso

Se requieren 2 personas para la ejecución del ensayo, un operador que conduce el equipo y realiza las lecturas y otro que hace las anotaciones. Se debe seleccionar un tramo aproximado de 400 metros de longitud sobre el carril de una vía. Se realizan siguiendo la huella exterior del tráfico.

Para determinar la rugosidad de una sección de camino, son tomadas 200 medidas en intervalos regulares. En cada medida el equipo es apoyado en el camino en posición normal. El patín móvil indicará el desplazamiento vertical con respecto a la cuerda imaginaria, y a su vez son indicadas por la posición que adopta el puntero sobre la escala graduada del tablero, generándose de esa manera las lecturas. La toma de medida se debe realizar cada 2 metros aproximadamente. En la práctica, esto es cada vuelta que da la rueda.

En cada observación el instrumento debe descansar sobre el camino apoyado en tres puntos fijos e invariables: la rueda, el apoyo fijo trasero y el estabilizador para ensayo (Ver Figura N°2.4) Corte B-B. La posición que adopta el puntero será de 1 al 50 la que se anotará en un formato de campo. El proceso se realiza a una velocidad de 2 Km/h.

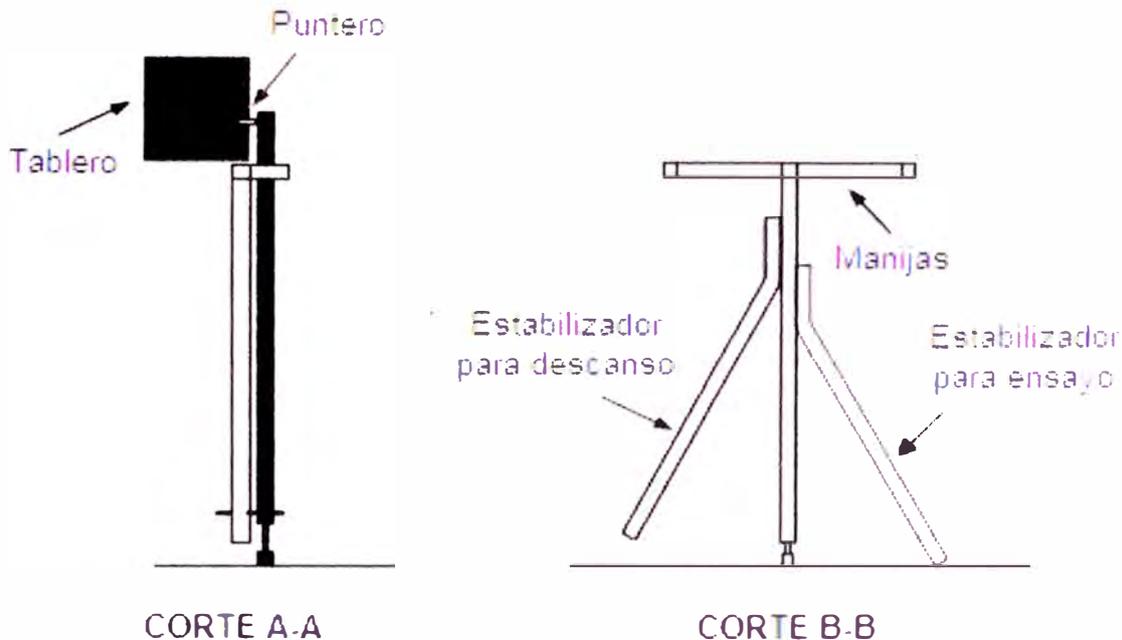


Figura N°2.4 Esquema del rugosímetro MERLIN

Fuente: Ing. Pablo de Águila-Metodología para la determinación de la rugosidad

2.1.3 Cálculo del rango D

Se emplea una escala arbitraria de 50 unidades colocada sobre el tablero del rugosímetro, la que sirve para registrar la ubicación del puntero móvil en las 200 posiciones. La división N° 25 es la que corresponde a la posición central del puntero sobre el tablero cuando el perfil del terreno coincide con la cuerda promedio.

Los datos obtenidos se analizan en un histograma de distribución de frecuencias

El parámetro estadístico que establece la magnitud de la dispersión es el rango de la muestra (D), determinado luego de hacer una depuración del 10% de las observaciones (10 datos en cada cola del histograma). El valor " D " es la rugosidad del pavimento en unidades MERLIN.

Posteriormente se calcula el ancho del histograma en unidades de la escala considerando las fracciones que pudiesen resultar como consecuencia de la eliminación de los datos

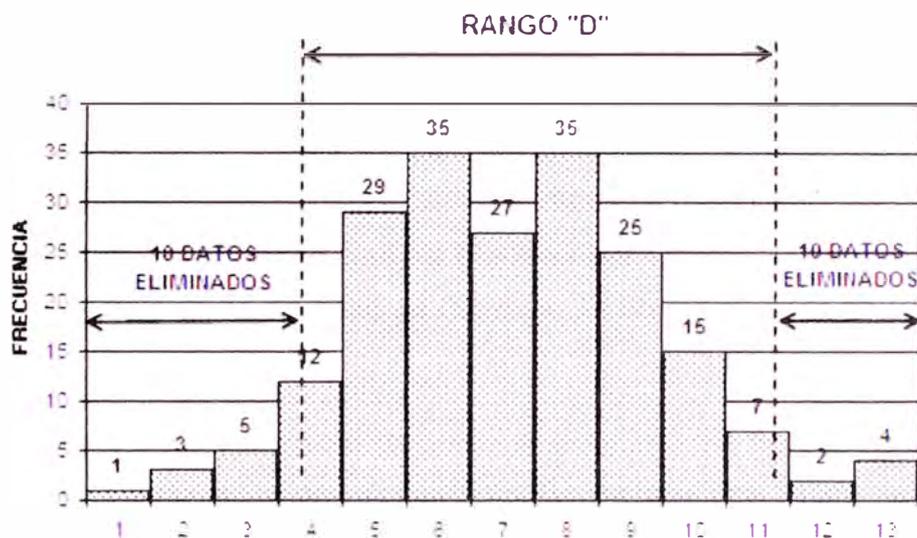


Figura N°2.5 Intervalo de desviaciones

Fuente: Ing. Pablo de Águila-Metodología para la determinación de la rugosidad

El rango "D" debe ser expresado en milímetros, por lo cual se le multiplica el número de unidades calculado por el valor que tiene cada unidad en mm (5mm)

2.1.4 Factor de Corrección para el ajuste "D"

Para determinar el factor de corrección se hace uso de un disco circular de bronce aproximadamente de 5cm de diámetro y 6mm de espesor.

Se tiene que hacer el uso del vernier para obtener las dimensiones exactas (décimas de milímetros). El espesor se calculará promediando 4 medidas diametralmente opuestas.

2.2 ÍNDICE INTERNACIONAL DE RUGOSIDAD (IRI)

Fue propuesto por el Banco Mundial en 1986 como un estándar estadístico de la rugosidad y sirve como parámetro de referencia en la medición de la calidad de rodadura de un camino.

Tiene sus orígenes en un programa norteamericano llamado Nacional Cooperative Highway Reseah Program(NCHRP). El modelo matemático está basado en la acumulación de desplazamientos en valor absoluto, de la masa superior con respecto a la masa inferior (en milímetros, metros o pulgadas) de un modelo de vehículo (ver Figura N° 2.6) dividido entre la distancia recorrido sobre un camino en m, km, o millas que se produce por los movimientos al vehículo, cuando éste viaja a una velocidad de 80km/hr. El IRI se expresa en unidades de mm/m, m/km, Etc.

El modelo de Cuarto de Carro utilizado en el algoritmo del IRI debe su nombre a que implica la cuarta parte de un vehículo. Se incluye una rueda representada por un resorte vertical, la masa del eje soportada por la llanta, un resorte de la suspensión, un amortiguador, y la masa del vehículo soportada por la suspensión de dicha rueda. El modelo fue ajustado para poder establecer una correlación con los sistemas de medición de rugosidad tipo respuesta.

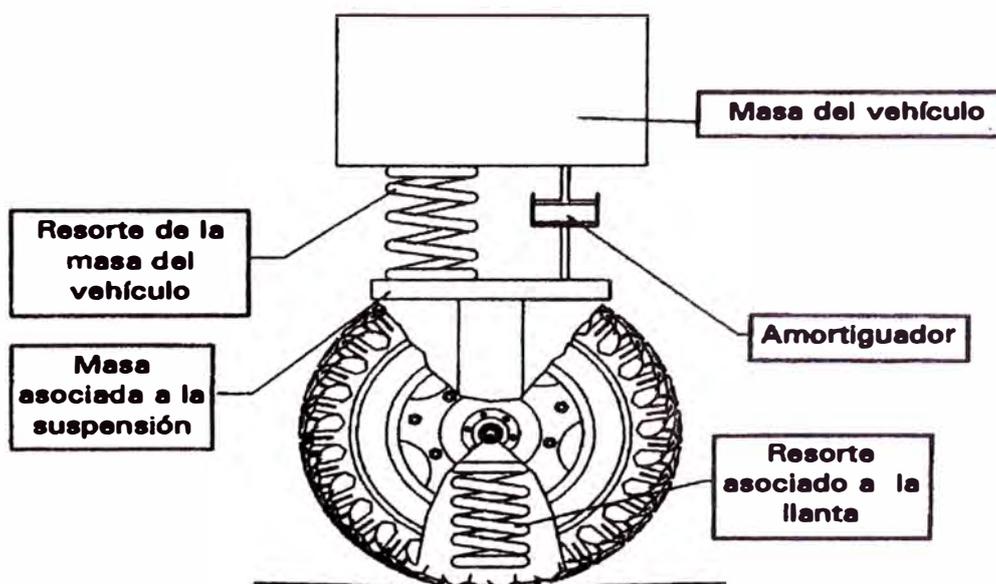


Figura N°2.6 Representación gráfica del modelo "Cuarto de Carro"

Fuente: Arriaga Patíño, Índice Internacional de Rugosidad en la carretera de México

2.2.1 Escala y características del IRI

Las unidades están en mm/m, m/km.

Un camino pavimentado presenta una escala de IRI que varía de 0 a 12 m/km, donde 0 representa una superficie uniforme y 12 un camino intransitable (Ver Figura N° 2.7).

Los tramos de pavimentos, según la Federal Highway Administración, con valores menores de 2.4m/Km son considerados como superficies en buen estado y confortables, mientras que los valores de 4.7m/km a más son considerados como rugosos y no confortables.

Cabe señalar que un camino plano inclinado perfecto el IRI es igual a cero. La pendiente, no influye en el valor del IRI, no sucede así con los cambios de pendiente.

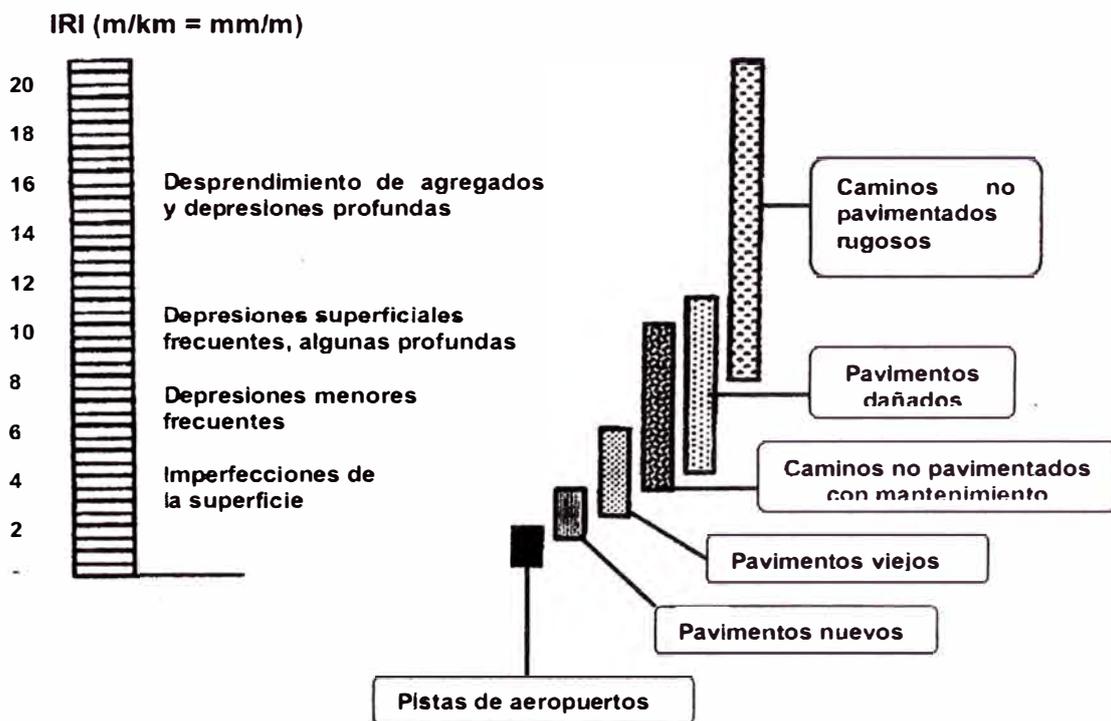


Figura N°2.7 Escala de valores de IRI y las características de los pavimentos

Fuente: Arriaga Patiño, Índice Internacional de Rugosidad en la carretera de México

La superficie de rodadura de una carretera posee una serie de características técnicas y funcionales. El estado depende de la calidad inicial y el desgaste producido por el tránsito y factores climáticos. Es una disminución no lineal que

se puede dividir en tres etapas. La primera tiene un período poco significativo en los primeros años, la segunda requiere un programa de mantenimiento preventivo, la tercera indica una etapa de deterioro acelerado.

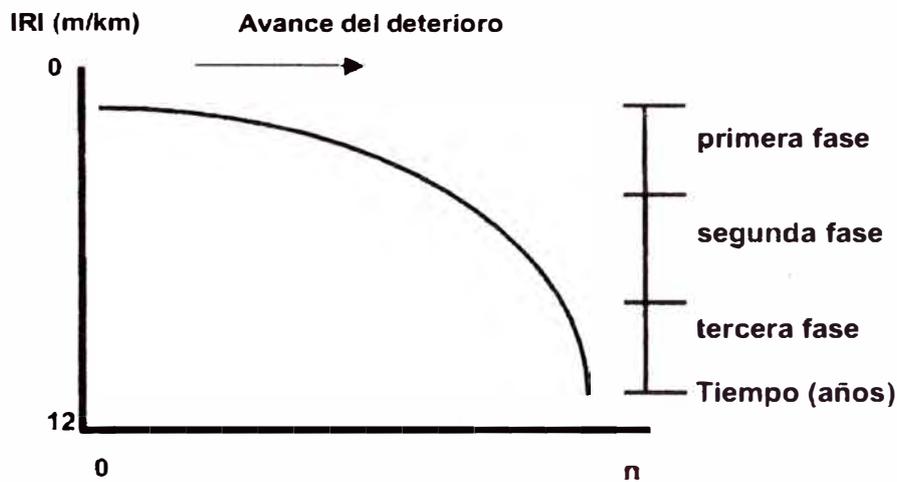


Figura N°2.8 Desgaste de la superficie de rodadura a través de tiempo

Fuente: Arriaga Patiño, Índice Internacional de Rugosidad en la carretera de México

Si se realiza un programa de evaluación anual en los mismos caminos se puede llegar a conocer el comportamiento del deterioro a través del tiempo

2.3 ÍNDICE DE SERVICIABILIDAD PRESENTE (ISP)

El parámetro ISP sirve para evaluar la serviciabilidad presente, el cual establece la condición funcional o capacidad de servicio actual del pavimento, conceptos que fueron desarrollados por el cuerpo técnico de ensayo vial AASHO, en 1957.

En el Perú se utiliza la expresión establecida por Sayers, que relaciona la rugosidad en escala IRI con el Índice de Serviciabilidad Presente. La correlación adoptada se desarrolló usando los datos obtenidos en el Ensayo Internacional sobre la Rugosidad en Caminos, realizados en Brasil en 1982

Para un IRI <12 se establece que:

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

Con los valores de rugosidad en IRI y empleando la fórmula anterior se calcula el PSI, que establece la condición funcional del pavimento de acuerdo a la tabla que se indica a continuación:

PSI	Calificativo
0-1	Muy malo
1-2	Malo
2-3	Regular
3-4	Bueno
4-5	Muy bueno

Tabla N° 2.1 Rango de Índice de Serviciabilidad Presente

Fuente: Sayers, 1998 "The Little Book of Profiling"

2.4 TRAMOS CON LONGITUDES DIFERENTES A 400 M

Generalmente son tomadas 200 medidas, con una longitud de 26 pulgadas por revolución de rueda, luego la longitud real de la sección ensayada es de 415 metros.

En el caso de la carretera Cañete-Chupaca, se requirió calibrar el Bump Integrator, por lo que se buscó secciones de longitud mayores a 400 metros, debido a que la camioneta del Bump Integrator debía a comenzar a tomar las lecturas con una velocidad mayor a 40 Km/hora y sin ninguna interferencia para obtener una buena correlación con el equipo MERLIN. Muchas de las secciones al querer ser ensayadas con el equipo MERLIN presentaban longitud entre gibas menores a 400 metros. Se optó por investigar la Guía del Usuario del MERLIN, donde indica ciertas pautas.

Para este tipo de secciones será requerido un tipo diferente de procedimiento.

Las guías principales son:

- Asegurar que la sección al menos tenga 200 metros de longitud.
- Tomar alrededor de 200 lecturas por carta. Con menos lecturas la precisión bajará; con más lecturas la carta estará muy recargada. Si el número de lecturas difiere de 200. Se aumentará o disminuirá una columna de 20 lecturas cada una.
- Siempre tome medidas con la rueda en su posición normal. Esto no solamente evita variaciones en los radios, sino que evita el prejuicio del operador, el operador del MERLIN tiende a evitar la toma de medidas cuando el terreno es irregular con respecto a la medida anterior.

-Si está tomando repetidas medidas a lo largo de una sección, trate de evitar tomar medidas en el mismo punto en las diferentes pasadas. Inicie la segunda serie medio metro después del primer punto donde se inició la primera serie.

Aquí se presentará tres ejemplos:

- Para una sección de 210 metros de longitud, tome las medidas en dos pasadas, tomando una lectura cada revolución de rueda.
- Para una sección de 280 metros de longitud, tome las medidas en dos pasadas, tomando una medida cada revolución de rueda en la primera pasada y una medida cada dos revoluciones en la segunda pasada.
- Para una sección de 500 metros de longitud, tome las medidas en una pasada, tomando una medida cada revolución de rueda y saltando una medida cada cinco revoluciones. O puede optar, además de saltar medidas, agrandar la tabla insertando 2 columnas de 20 medidas, sumando un total de 240 puntos de campo.

CAPÍTULO III: DETERMINACIÓN DE LA RUGOSIDAD DEL TRAMO KM 102+100 AL KM 102+500 y KM 103+200 AL KM 103+600 DEL CARRIL DERECHO

3.1 DATOS DE CAMPO

En la visita de campo, se tomó las características de la vía, se usó el equipo MERLIN para obtener datos de la rugosidad. El primer tramo que se ensayó va desde la progresiva km 103+200 al km 103+600 (Para abreviar la descripción se le denominará Tramo 1). El segundo tramo va desde la progresiva km102+100 al km 102+500(para abreviar la descripción de le denominará Tramo 2).Los dos tramos son en el carril derecho de la vía en sentido ascendente

En la figura N° 3.1 se observa la medición de la rugosidad con el equipo MERLIN en el primer tramo de estudio.

La figura N° 3.2 muestra la superficie de rodadura actual en el segundo tramo.



Figura N°3.1 Toma de datos del primer tramo

Fuente: Visita de campo a la carretera Cafete-Chupaca

En las tablas N° 3.1 y 3.2 se presentan las hojas de campo con datos de los dos tramos ensayados.

ENSAYOS PARA MEDICIÓN DE LA RUGOSIDAD CON MERLIN (HOJA DE CAMPO)

PROYECTO: Conservación Vial Cañete-Chupaca

OPERADOR :

SECTOR: Cañete - Chupaca

SUPERVISOR :

TRAMO: 103+200 al 103+600

FECHA:

08/05/2010

CARRIL: DERECHO

ENSAYO N° KM HORA

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	22	23	09	21	24	13	17	13	24	31
2	13	14	24	14	19	17	22	02	23	31
3	30	15	13	17	19	21	21	23	21	25
4	20	19	11	13	27	16	16	22	20	27
5	21	23	17	16	40	22	21	23	22	16
6	21	29	15	17	29	24	16	22	01	22
7	27	11	22	25	35	14	19	14	23	25
8	24	24	25	19	21	25	21	21	29	28
9	29	19	27	16	13	03	23	23	27	12
10	24	23	17	21	14	22	23	14	22	27
11	18	30	09	27	21	30	23	15	26	29
12	33	20	12	24	19	19	21	20	18	21
13	20	26	09	16	31	29	22	23	14	21
14	26	23	29	23	26	23	22	16	19	21
15	19	29	29	14	30	20	24	17	22	01
16	17	17	22	20	46	25	23	20	19	25
17	15	02	15	10	22	15	17	28	10	20
18	26	05	24	26	13	21	19	23	23	18
19	23	17	22	22	23	15	20	22	19	24
20	19	11	22	18	05	20	21	21	25	12

TIPOS DE PAVIMENTO:

AFIRMADO

BASE GRANULAR

BASE IMPRIMADA

TRATAMIENTO MONOCAPA

TRATAMIENTO SLURRY SEAL

RECAPEO ASFALTICO

SELLO

OBSERVACIONES:.....
.....

Tabla N°3.1 Datos de campo del Tramo 1. Obtenidos con el equipo MERLIN

Fuente: Elaboración propia

ENSAYOS PARA MEDICIÓN DE LA RUGOSIDAD CON MERLIN (HOJA DE CAMPO)

PROYECTO: Conservación Vial Cafete-Chupaca

OPERADOR :

SECTOR: Cafete - Chupaca

SUPERVISOR :

TRAMO:102+100 al 102+600

FECHA: 08/05/2010

CARRIL:DERECHO

ENSAYO N° 2 KM HORA 11:00 a.m.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	28	20	16	15	7	14	10	16	18	16
2	20	24	15	25	20	39	24	11	26	20
3	20	1	24	19	17	24	6	17	19	22
4	17	19	22	16	15	2	21	12	19	17
5	26	13	16	17	6	14	13	17	21	19
6	19	16	16	26	13	6	22	16	20	19
7	26	20	27	14	22	6	21	10	19	13
8	22	3	16	15	13	8	21	10	20	17
9	23	12	21	13	12	26	22	22	6	10
10	15	20	16	23	11	1	21	12	11	22
11	13	20	16	22	10	14	12	20	8	20
12	21	17	13	18	17	2	10	24	26	15
13	20	17	17	21	18	17	20	17	26	16
14	15	17	22	15	19	24	21	21	20	12
15	15	20	21	16	18	15	13	14	16	16
16	18	16	14	27	20	25	20	21	26	15
17	17	16	19	10	17	24	29	20	16	15
18	17	22	16	22	26	20	16	14	14	17
19	23	17	22	22	23	15	20	22	19	24
20	19	11	22	18	05	20	21	21	25	12

TIPOS DE PAVIMENTO:

AFIRMADO

BASE GRANULAR

BASE IMPRIMADA

TRATAMIENTO MONOCAPA

TRATAMIENTO SLURRY SEAL

RECAPEO ASFALTICO

SELLO

OBSERVACIONES:.....

.....

Tabla N°3.2 Datos de campo del Tramo 2.Obtenidos con el equipo MERLIN

Fuente: Elaboración propia

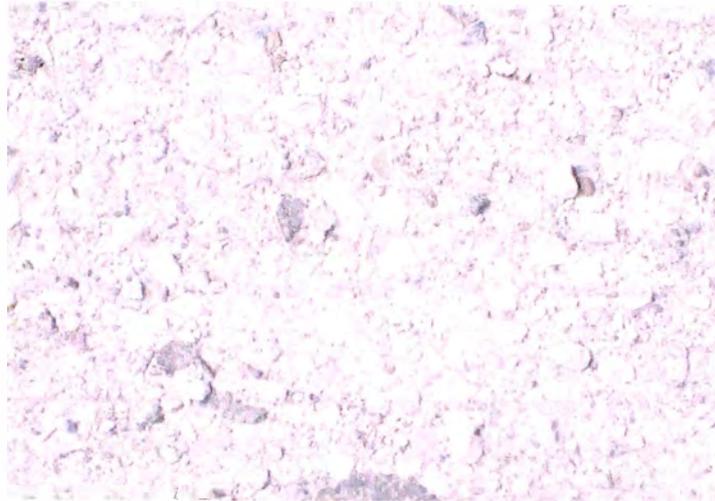


Figura N°3.2 Textura del pavimento del tramo 2

Fuente: Visita de campo a la carretera Cañete-Chupaca

3.2 CÁLCULO RANGO “D”

Se procede a graficar la distribución de frecuencias en un histograma todos los datos obtenidos.

En la Figura N°3.3, que representa al Tramo N° 1 se eliminan diez datos en el lado izquierdo y 10 en el lado derecho (queda $\frac{1}{4} = 0.25$ de unidad en el casillero 30). Se suma la cantidad de unidades totales; por lo que se tiene $19 + 0.25 = 19.25$ unidades. El rango “D” debe expresarse en milímetros. Por lo cual se multiplica el número de unidades calculado por valor que tiene la unidad en milímetros. El resultado es $19.25 * 5\text{mm} = 96.25\text{mm}$.

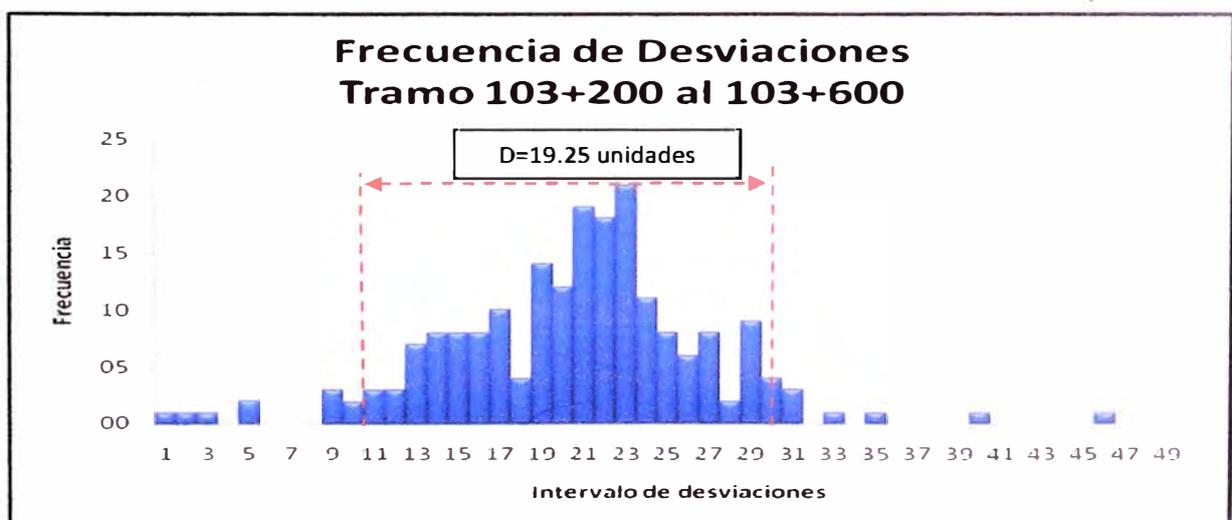


Figura N°3.3 Tramo 1. Cálculo de valor de “D”

Fuente: Elaboración propia

En la Figura N°3.4, que representa al Tramo N° 2 se eliminan diez datos en el lado izquierdo (queda $1/5=0.2$ de unidad en el casillero 6) y 10 en el lado derecho (queda $5/9 = .55$ de unidad en el casillero 26). Se suma la cantidad de unidades totales; por lo que se tiene $0.2+18+0.55=19.75$ unidades. El rango "D" debe expresarse en milímetros. Por lo cual se multiplica el número de unidades calculado por valor que tiene la unidad en milímetros. El resultado es $19.75*5\text{mm}=98.75\text{mm}$.

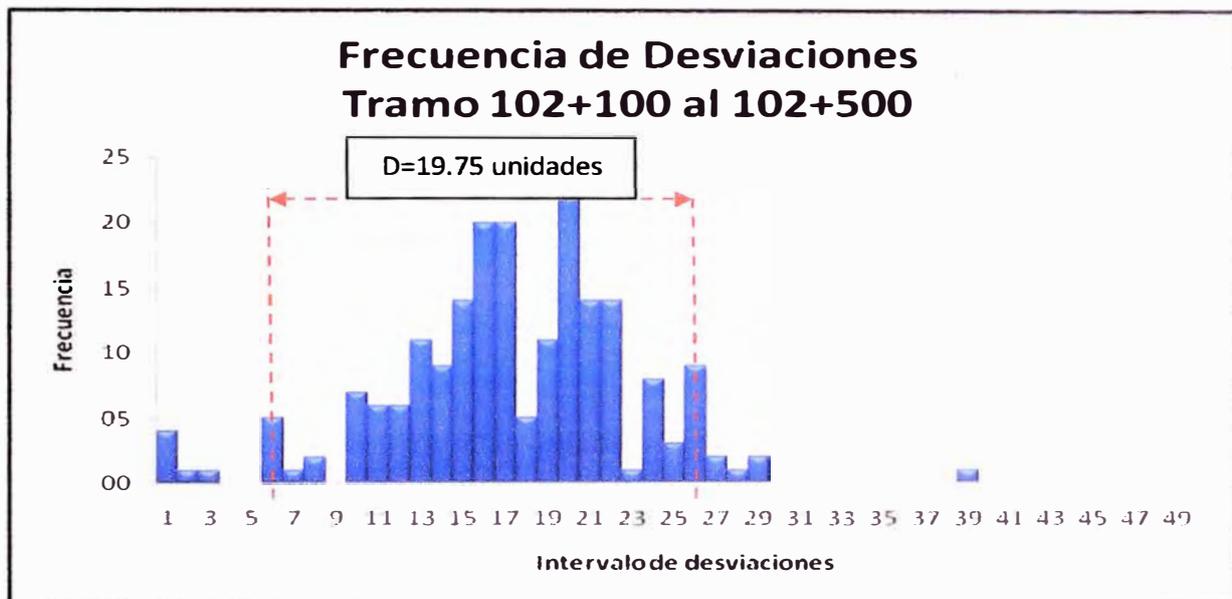


Figura N°3.4 Tramo 2. Cálculo de valor de "D"

Fuente: Elaboración propia

3.3 FACTOR DE CORRECCIÓN

Se tomó el espesor de la pastilla 5cm de diámetro. Su espesor fue de 6.47mm

Las lecturas iniciales y finales en la calibración del equipo MERLIN con serie N°540 fueron:

Posición Inicial del puntero=25

Posición Final del puntero=10.5

El FC será $(EP*10)/(PI-PF)/5=0.892$

Luego para el "D" en milímetros, de cada tramo se multiplica por el factor de corrección.

Tramo 1. D corregido es $96.25*0.892=85.855$

Tramo 2. D corregido es $98.75 \cdot 0.892 = 88.085$

3.4 RUGOSIDAD EN ESCALA IRI

Para concluir calculamos el IRI aplicando la fórmula $= 0.593 + 0.0471 \cdot D$

Se resume:

Tramo 1. IRI=4.637

Tramo 2. IRI=4.742

Según la escala de valores de IRI, se clasifican como una superficie de rodadura con Imperfecciones en la Superficie.

Se utiliza la expresión de Sayers.

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

Para el tramo 1 se obtuvo un PSI=2.15 (Según la clasificación de la condición superficial del pavimento tiene una Condición Regular)

Para el tramo 2 se obtuvo un PSI=2.11 (Según la clasificación de la condición superficial del pavimento tiene una Condición Regular)

CAPÍTULO IV: INFLUENCIA DE LA RUGOSIDAD EN LOS COSTOS OPERATIVOS VEHICULARES

4.1 LA RUGOSIDAD Y LOS COSTOS DE OPERACIÓN VEHICULAR

Los costos que cualquier país debe enfrentar durante toda la vida útil de un camino, se divide en tres clases:

- a.- Costos iniciales de construcción, que implica la realización de un proyecto
- b.- Costos de conservación, o sea aquellos que abarcan las inversiones para mantener el camino en buenas condiciones
- c.- Costos de operación, que se producen cotidianamente por la circulación de vehículos en dicho camino.

El estado superficial de un camino incide directamente en aspectos tales como:

- a.- Costos de operación de vehículos
- b.- Calidad de manejo: comodidad
- c.- Seguridad de los usuarios al transitar por las carretas

4.2 COSTOS DE OPERACIÓN VEHICULAR

Es el monto de dinero, generalmente en dólares, que es gastado por un vehículo en su recorrido. Este concepto involucra: el tipo de superficie de rodadura, el estado actual de la superficie, el consumo de combustible del vehículo, tiempo de los pasajeros, consumo de lubricantes, entre otros factores adicionales. Su valor es representativo para un kilómetro.

Los principales costos de operación son los siguientes: combustibles, lubricantes, llantas, reparaciones y refacciones, costos del operador y pasajeros, depreciación, intereses, seguros, tiempo de transporte de carga.

4.3 MODULACIÓN DE COV Y LA RUGOSIDAD MEDIANTE EL PROGRAMA HDM-VOC

Con la ayuda del programa HDM-VOC, desarrollado por el Banco Mundial en 1994(disponible en internet), se elaboró la gráfica de la variación de los Costos de Operación Vehicular para distintas condiciones del pavimento, medidas a

través del Índice Internacional de Rugosidad. Para el ingreso y procesamiento de datos en el programa, se leyó el manual "Estimating Vehicle Operating Cost".

El modelo utiliza varios parámetros de información incluyendo: las características del vehículo, tipo de llantas, utilización del vehículo, y costos unitarios para calcular el COV de un tipo de vehículo. El modelo permite realizar un análisis de sensibilidad de varios parámetros, entre los cuales el más importante es la rugosidad, que representa su calidad e influye en gran manera en el costo de operación de los vehículos. En la Figura N° 4.1, se presenta el diagrama de flujo de ingreso de datos y salida de información procesada.

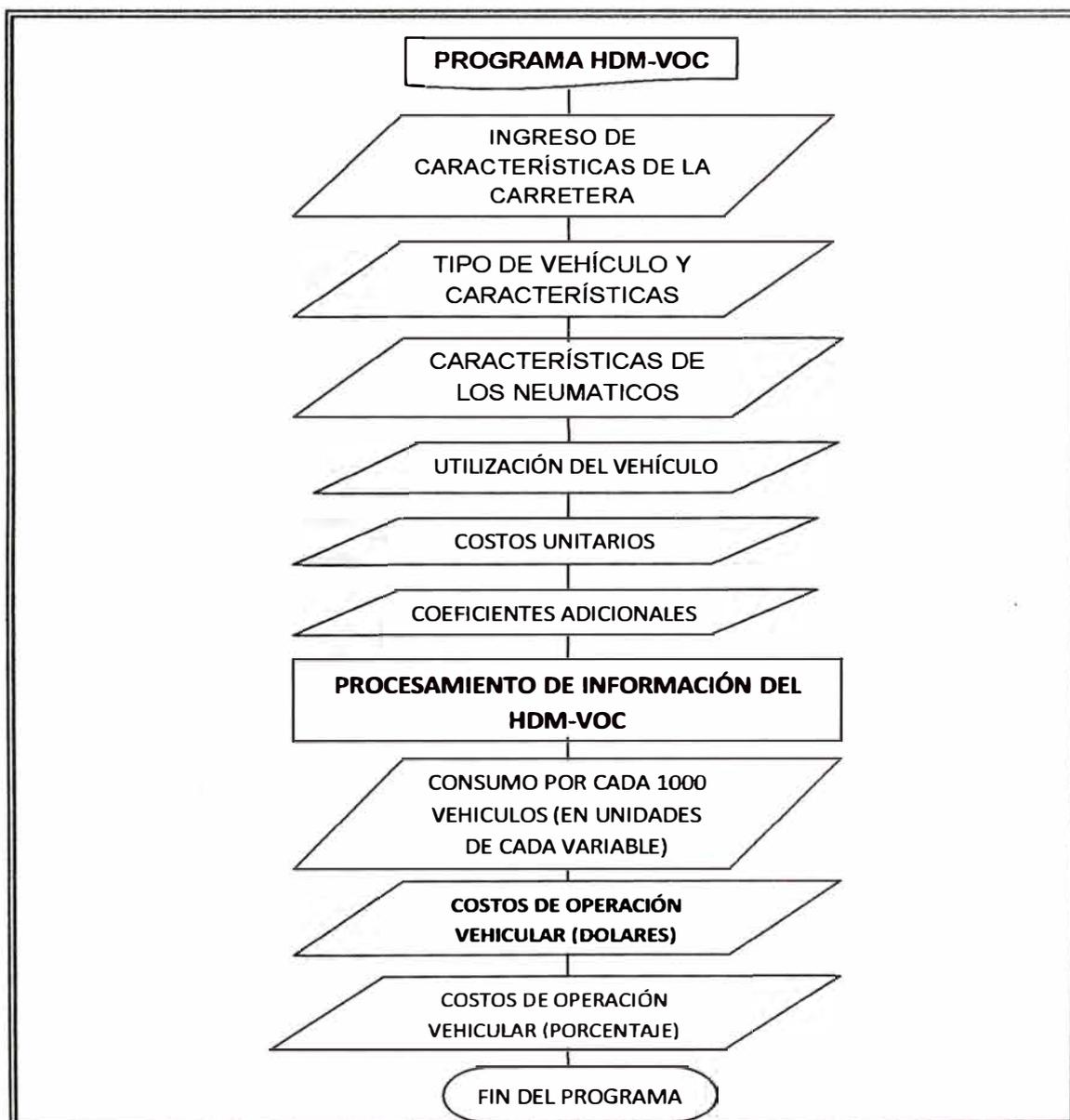


Figura N°4.1 Diagrama de flujo del HDM-VOC

Fuente: Elaboración propia

El tipo de terreno que se estudió fue el que representa a la carretera Cañete-Chupaca.

Se obtuvo la pendiente media ascendente desde el tramo Cañete con progresiva Km 0+000 y altitud de 70 m.s.n.m. hasta el Abra de Chauca con progresiva Km 193+510 y altitud de 4751m.s.n.m. El resultado es de 2.42%

La pendiente media descendente se obtuvo desde el Abra de Chauca hasta Chupaca con progresiva 271+726 y altitud de 3270m.s.n.m. El resultado es de 2.08%. Además la proporción de viaje ascendente es de 73%.

Debido a las curvas sinuosas de la carretera se tomó una curvatura horizontal promedio de 500°/Km.

Los cinco tipos de vehículos usados con el HDM-VOC son: Auto, Utilitario, Bus, Camión liviano, Camión medio, Camión pesado, Camión articulado.

Tabla N° 4.1 Tipo de Vehículos

Vehículos tipos	Marcas y Modelos	Vehículo HDM Equivalente
Automóvil	Toyota Corolla.	Auto
Pick up	Toyota Hi lux	Utilitario
Camioneta rural	Toyota Hiace	
Onnibus	Volvo B7S 50 asientos	Bus
Camión 2 ejes pequeño	Mitsubishi Fuso	Camión liviano
Camión 2 ejes mediano	Volvo NL 10	Camión medio
Camión de 3 y 4 ejes	Volvo NL 1020 (4x2)	Camión pesado
Semi - trayler	Volvo NL 12 (6x4)	Camión Articulado

Fuente: Plan Intermodal de Transportes del Perú

Tabla 4.2 Resumen del volumen vehicular Estación E7 tramo "Chichicay-Pueblo Nuevo"-RN 22

IMD	Sentido	Auto	Statio Wagon	Carreta pick up	Camión Rural	Micro	Omnib 2 Ejes	Omnib +2 Ejes	Camión 2 ejes	Camión 3 ejes	Volquete 2E	Volquete 3E	Sernitrab			Cisternas y Mezcladoras				C7 Ejes	Total
													2S3	3S1/3S2	3S3	2E	3E	4E	>=5E		
													Catahuasi-Capilluca	2	5	140	32	34	7		
Capilluca-Catahuasi	1	5	139	29	34	7	0	20	2	1	26	0	0	0	11	6	0	0	0	281	
Ambos	3	10	279	61	68	14	0	42	4	2	53	0	0	0	22	11	0	0	0	569	

Fuente: Estudio de tráfico de Consorcio Gestión de Carreteras

El vehículo elegido de la tabla N°3 para evaluar los COV frente a la variación de rugosidad es: Camioneta Pick up, Toyota Hilux; que corresponde en el modelo del HDM-VOC al tipo Utilitario. Esta elección se debe a que según el estudio de IMD, de la Empresa Consorcio Gestión de Carreteras, es la que mayor incidencia tiene en cantidad, en el conteo vehicular. A continuación se presenta las ventanas de ingreso de datos al programa.

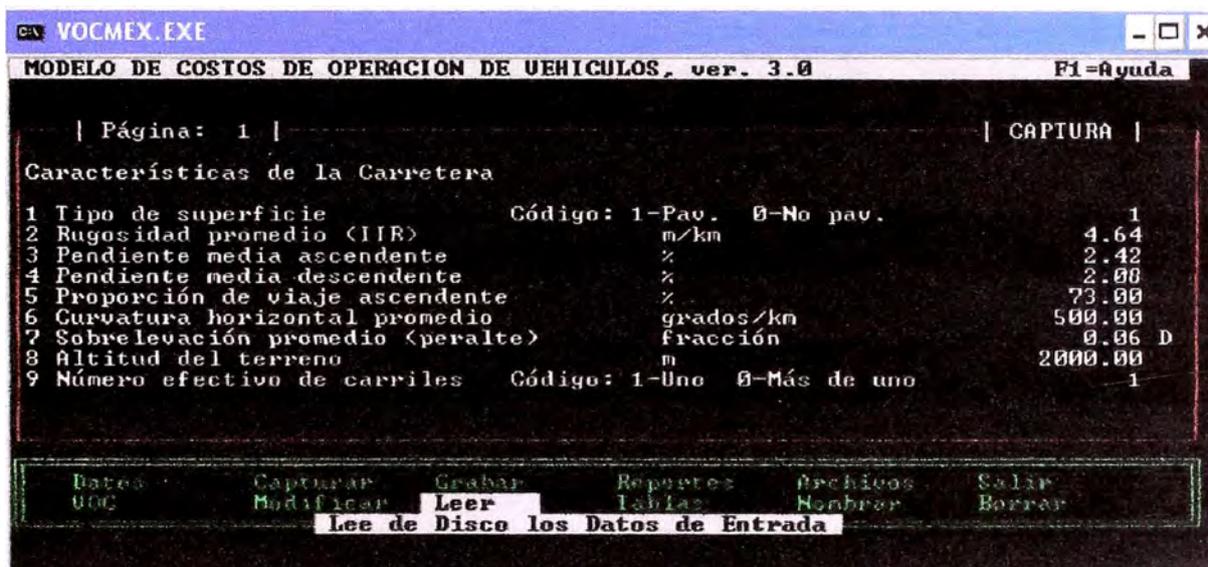


Figura N°4.2 Menú de ingreso de datos de la vía

Fuente: Elaboración propia



Figura N°4.3 Elección del vehículo

Fuente: Elaboración propia

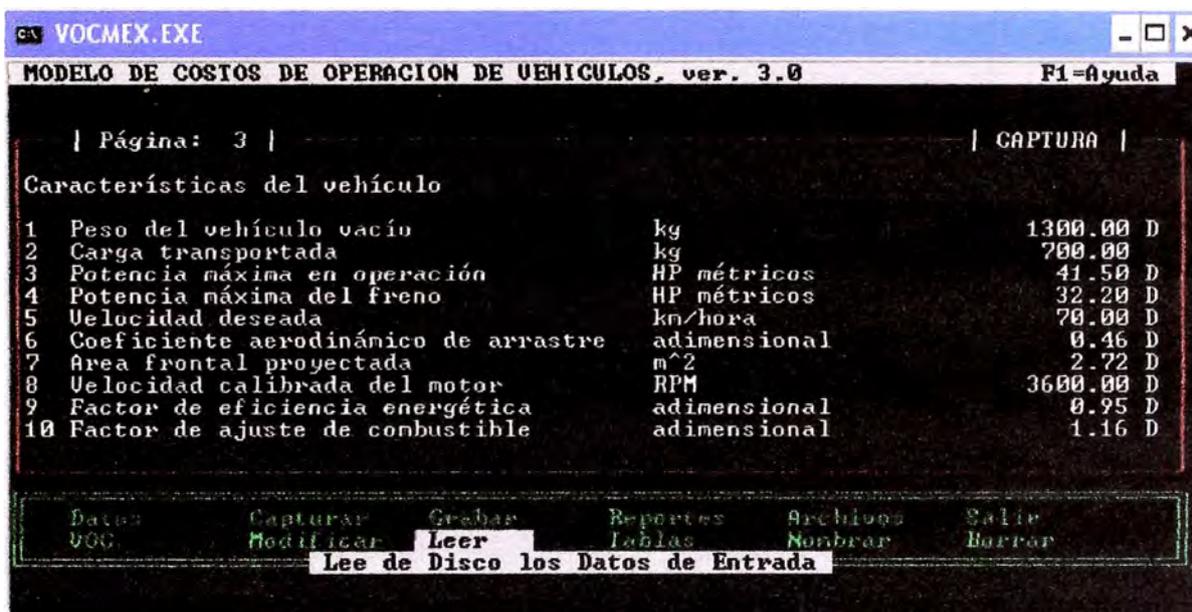


Figura N°4.4 Menú de ingreso de las características del vehículo

Fuente: Elaboración propia

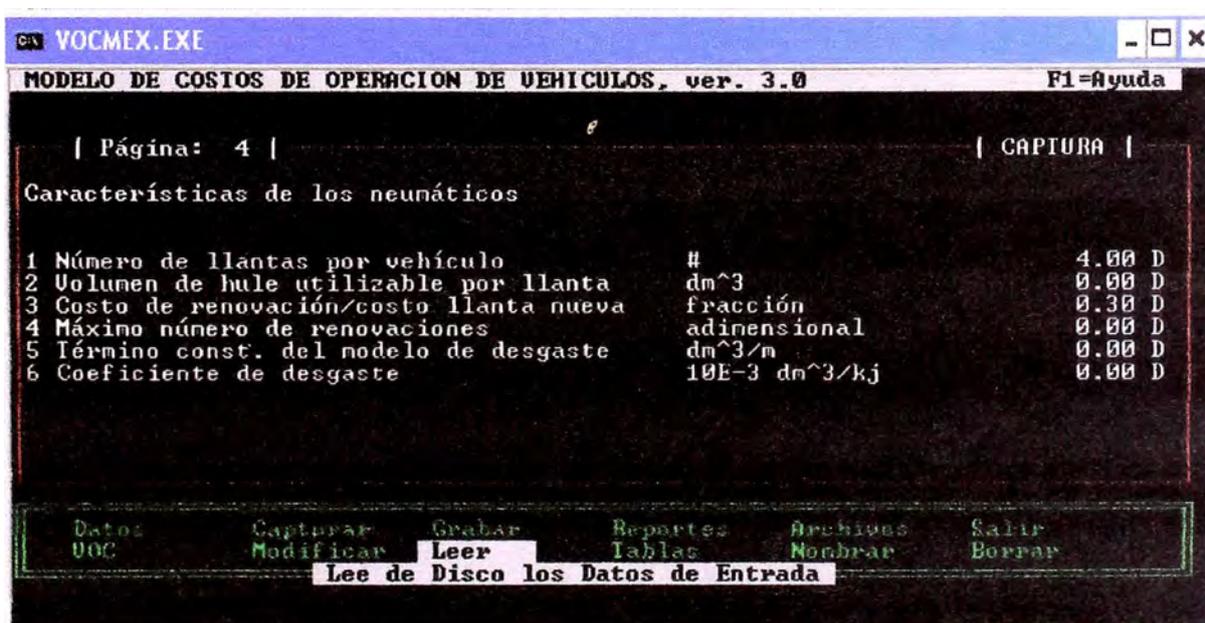


Figura N°4.5 Ingreso de datos de los neumáticos

Fuente: Elaboración propia

MODELO DE COSTOS DE OPERACION DE VEHICULOS, ver. 3.0

| Página: 5 | CAPTURA |

Datos Sobre la Utilización del Vehículo

1	Número de km conducidos por año	kn	40000.00
2	Número de horas conducidas por año	horas	1200.00
3	Índice de utilización horaria	fracción	0.80 D
4	Vida útil promedio de servicio	años	9.00
5	¿Usar vida útil constante?	Código: 1-Si 0-No	1
6	Edad del vehículo en kilómetros	kn	200000.00
7	Número de pasajeros por vehículo	#	3.00

Datos UOC Capturar Modificar Grabar Leer Reportes Tablas Archivos Nombrar Salir Borrar

Lee de Disco los Datos de Entrada

Figura N°4.6 Ingreso de datos de utilización del vehículo

Fuente: Elaboración propia

MODELO DE COSTOS DE OPERACION DE VEHICULOS, ver. 3.0

| Página: 6 | CAPTURA |

Costos Unitarios

1	Precio del vehículo nuevo	\$	17000.00
2	Costo del combustible	\$/litro	0.56
3	Costo de los lubricantes	\$/litro	3.36
4	Costo por llanta nueva	\$/llanta	50.00
5	Tiempo de los operarios	\$/hora	1.14
6	Tiempo de los pasajeros	\$/hora	1.14
7	Mano de obra de mantenimiento	\$/hora	6.00
8	Retención de la carga	\$/hora	0.00
9	Tasa de interés anual real	%	10.75
10	Costos indirectos por vehículo-km	\$	0.02

Datos UOC Capturar Modificar Grabar Leer Reportes Tablas Archivos Nombrar Salir Borrar

Lee de Disco los Datos de Entrada

Figura N°4.7 Ingreso de costos unitarios del vehículo

Fuente: Elaboración propia

Se presenta los resultados del programa, en su formato original.

MODELO DE COSTOS DE OPERACION DE VEHICULOS
HDM-VOC

___ Reporte de Resultados 1/2

Consumos por cada 1000 vehículo-km			
Consumo de combustible	litros		234.875
Uso de lubricantes	litros		2.250
Consumo de llantas	no. equivalente de llantas nuevas		0.079
Tiempo de los operarios	horas		22.563
Tiempo de los pasajeros	horas		67.690
Retención de la carga	horas		22.563
Mano de obra de mantenimiento	horas		3.324
Refacciones	% precio vehículo nuevo		0.319
Depreciación	% precio vehículo nuevo		0.223
Intereses	% precio vehículo nuevo		0.108
Velocidad del Vehículo	km/hora		44.320

Costo de Operación por 1000 vehículo-km	\$		396.202
Consumo de combustible	\$		131.530
Uso de lubricantes	\$		7.560
Consumo de llantas	\$		3.933
Tiempo de los operarios	\$		25.722
Tiempo de los pasajeros	\$		77.167
Retención de la carga	\$		0.000
Mano de obra de mantenimiento	\$		19.942
Refacciones	\$		54.176
Depreciación	\$		37.858
Intereses	\$		18.314
Costos indirectos	\$		20.000

Costo de Operación Total del Vehículo	%		100.000
Consumo de combustible	%		33.198
Uso de lubricantes	%		1.908
Consumo de llantas	%		0.993
Tiempo de los operarios	%		6.492
Tiempo de los pasajeros	%		19.477
Retención de la carga	%		0.000
Mano de obra de mantenimiento	%		5.033
Refacciones	%		13.674
Depreciación	%		9.555
Intereses	%		4.622
Costos indirectos	%		5.048

Otros Valores Estimados			
VDRIVEu	km/hr		84.360
VDRIVED	km/hr		127.395
VBRAKE	km/hr	3,600,000,000.000	
VCURVE	km/hr		64.000
VROUGH	km/hr		162.196
VDESIR	km/hr		51.800
SPEED	km/hr		44.320
GFu Resistencia gravitacional	N		474.804

GFd	Resistencia gravitacional	N	408.096
RR	Resistencia al rodamiento	N	482.984

MODELO DE COSTOS DE OPERACION DE VEHICULOS

Reporte de Resultados

2/2			
AFu	Resistencia del viento	N	93.990
AFd	Resistencia del viento	N	99.374
DFu	Fuerza motriz	N	1,051.779
DFd	Fuerza motriz	N	174.262
HPu	Potencia del vehículo	HP métricos	17.463
HPd	Potencia del vehículo	HP métricos	2.975
UFCu	Consumo de combustible agregado litros/1000veh-km		2,964.205
UFCd	Consumo de combustible agregado litros/1000veh-km		1,677.880
CFT^2/NFT	Energía circunferencial por llanta	J	0.000
TWT	Volumen de hule gastado	dm3/1000km	0.000
NR	Número de renovaciones	#	0.000
DISTOT	Vida de la armadura en km	1000km	0.000
EQNT	Número de llantas nuevas	llantas/1000km	0.020
AKM	Utilización anual estimada	km	49,894.602
LIFE	Vida de servicio estimada	años	9.00

Tabla N°4.3 Resumen de resultados del HDM-VOC (Continuación)

Fuente: Resultado del programa HDM-VOC

A continuación se presenta la tabla resumen N°4.4 obtenida del programa HDM-VOC, donde se muestran los COV (precios y porcentaje de incidencia de sus componentes) frente a la variación de rugosidad con un rango de 2.5 a 12 IRI con intervalo de 0,50(Se puede obtener valores de rango e intervalos que se desee).

Tabla N°4.4 Resumen de resultados del HDM-VOC

MODELO DE COSTOS DE OPERACION DE VEHICULOS,
ESTRUCTURA DE COSTOS PORCENTUAL Y COSTO TOTAL POR VEHÍCULO

IRI	COMBUSTIBLE		LUBRICANTE		LLANTAS		T.OPERARIO		T.PASAJERO		CARG		M.D.		REPARACION		DEPRECIACION		INTERES		COSTO INDIRECTO		COV TOTAL (\$) Resultado de HDM-VOC	COV FCR VEHICULO (\$) km/hora	VELOC
	S	%	S	%	S	%	S	%	S	%	S	%	S	%	S	%	S	%	S	%	S	%			
2.5	129.4	34.91	6.5	1.75	5.2	0.85	25.6	6.91	76.8	20.72	0.0	0.00	16.2	4.37	37.0	9.59	37.7	10.18	18.2	4.82	20.0	5.40	370.53	0.371	44.54
3.0	129.8	34.58	6.7	1.79	5.3	0.89	25.6	6.81	76.9	20.48	0.0	0.00	17.0	4.52	40.4	10.76	37.7	10.24	18.3	4.86	20.0	5.32	375.80	0.376	44.80
3.5	130.3	34.16	7.0	1.83	5.5	0.92	25.6	6.72	76.9	20.16	0.0	0.00	17.9	4.68	44.2	11.59	37.8	9.90	18.3	4.79	20.0	5.24	381.90	0.382	44.90
4.0	130.9	33.76	7.2	1.87	5.7	0.96	25.7	6.62	77.0	19.87	0.0	0.00	18.7	4.83	48.3	12.47	37.8	9.75	18.3	4.72	20.0	5.15	387.60	0.388	44.40
4.5	131.4	33.32	7.5	1.90	5.9	0.98	25.7	6.52	77.1	19.56	0.0	0.00	19.7	4.99	52.8	13.40	37.9	9.60	18.3	4.64	20.0	5.07	394.30	0.394	44.30
4.6	131.5	33.20	7.6	1.91	5.9	0.98	25.7	6.46	77.1	19.46	0.0	0.00	19.9	5.08	54.2	13.67	37.9	9.56	18.3	4.62	20.0	5.05	396.10	0.396	44.82
5.0	131.9	32.87	7.7	1.93	6.1	1.01	25.8	6.42	77.3	19.25	0.0	0.00	20.7	5.15	57.9	14.39	37.9	9.44	18.3	4.57	20.0	4.98	401.40	0.401	44.30
5.5	132.3	32.38	8.0	1.95	6.3	1.04	25.8	6.31	77.5	18.93	0.0	0.00	21.7	5.30	63.1	15.43	38.0	9.28	18.4	4.49	20.0	4.89	409.20	0.409	44.20
6.0	133.1	31.88	8.3	1.98	6.4	1.05	25.9	6.20	77.7	18.60	0.0	0.00	22.8	5.45	69.0	16.53	38.0	9.11	18.4	4.41	20.0	4.79	417.60	0.418	44.00
6.5	133.7	31.34	8.5	1.99	6.6	1.08	26.0	6.09	77.9	18.26	0.0	0.00	23.9	5.60	75.4	17.62	38.1	8.94	18.4	4.32	20.0	4.69	426.70	0.427	43.90
7.0	134.4	30.79	8.8	2.01	6.8	1.09	26.1	5.97	78.2	17.92	0.0	0.00	25.1	5.75	82.5	18.90	38.2	8.76	18.5	4.24	20.0	4.58	436.80	0.437	43.70
7.5	135.1	30.21	9.0	2.01	7.0	1.11	26.2	5.85	78.5	17.56	0.0	0.00	26.3	5.89	90.2	20.15	38.4	8.58	18.6	4.15	20.0	4.47	447.20	0.447	43.90
8.0	135.9	29.60	9.3	2.02	7.1	1.12	26.3	5.73	78.8	17.20	0.0	0.00	27.7	6.03	98.6	21.48	38.5	8.39	18.6	4.06	20.0	4.35	458.80	0.459	43.90
8.5	136.6	28.97	9.5	2.02	7.3	1.13	26.4	5.61	79.4	16.84	0.0	0.00	29.0	6.16	107.8	22.86	38.7	8.20	18.7	3.97	20.0	4.24	471.40	0.471	43.10
9.0	137.4	28.33	9.7	2.01	7.5	1.13	26.6	5.49	79.9	16.46	0.0	0.00	30.5	6.29	117.8	24.28	38.8	8.04	18.8	3.87	20.0	4.12	485.00	0.485	42.90
9.5	138.2	27.67	10.0	2.01	7.6	1.13	26.8	5.36	80.4	16.09	0.0	0.00	32.0	6.40	128.6	25.74	39.0	7.81	18.9	3.78	20.0	4.00	499.60	0.500	42.50
10.0	139.1	27.04	10.3	2.00	7.9	1.14	27.0	5.25	81.0	15.74	0.0	0.00	33.4	6.50	139.5	27.12	39.3	7.53	19.0	3.69	20.0	3.89	514.50	0.515	42.20
10.5	140.1	26.46	10.5	1.99	8.0	1.14	27.2	5.14	81.6	15.42	0.0	0.00	34.9	6.59	150.5	28.42	39.5	7.45	19.1	3.61	20.0	3.79	529.40	0.529	41.90
11.0	141.1	25.91	10.8	1.98	8.2	1.14	27.4	5.04	82.4	15.15	0.0	0.00	36.2	6.65	161.4	29.64	39.7	7.30	19.2	3.53	20.0	3.67	544.90	0.545	41.90
11.5	142.1	25.39	11.0	1.97	8.4	1.14	27.7	4.95	83.1	14.85	0.0	0.00	37.6	6.71	172.3	30.79	40.1	7.16	19.4	3.46	20.0	3.57	559.70	0.560	41.10
12.0	143.2	24.91	11.3	1.96	8.6	1.14	28.0	4.87	84.0	14.60	0.0	0.00	38.8	6.75	183.3	31.87	40.4	7.02	19.5	3.40	20.0	3.48	575.00	0.575	40.70

Fuente: Elaboración propia

4.4 ANÁLISIS DE RESULTADOS

Para una rugosidad con valor 4.64 IRI, una vía con las características de la carretera Cañete-Chupaca, un vehículo tipo Utilitario Camioneta Pick Up Toyota Hilux, y los costos sociales actuales; se obtuvo un COV \$0.396/Km por vehículo.

Además se presenta la Figura N°4.8, el valor porcentual de los componentes del COV obtenido.

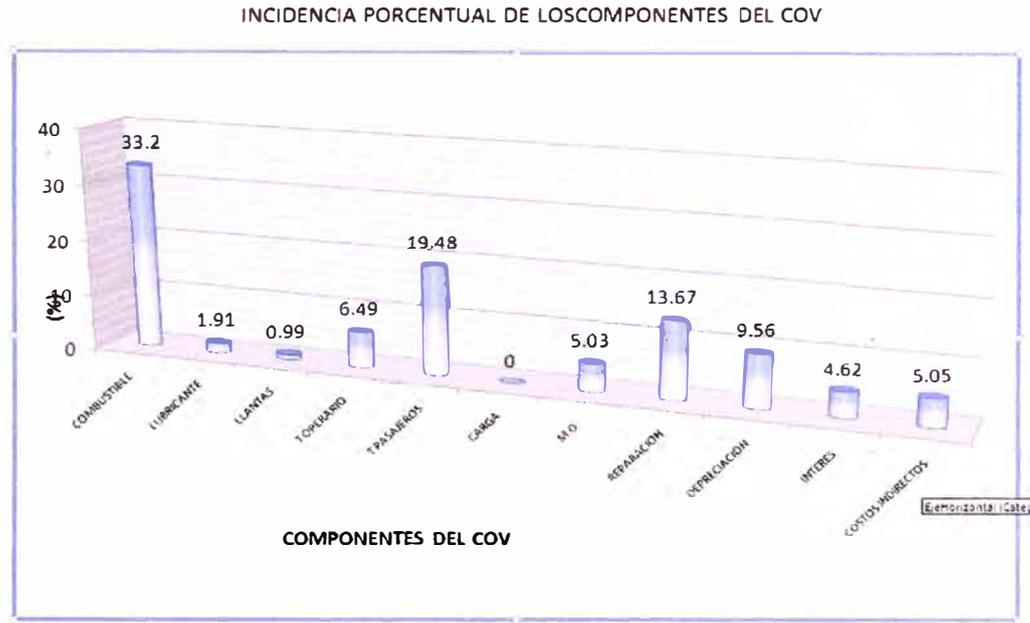


Figura N°4.8 Incidencia porcentual de los COV

Fuente: Elaboración propia

Se deduce que el mayor costo que tiene el vehículo está abarcada por el consumo de combustible (33.2%), seguido por el tiempo consumido entre operario y pasajero (25.97%), Reparaciones (13.67%) y finalmente la depreciación (9.56%). Sumando un total de 82.4% del COV.

La Figura N° 4.9 es deducida de la tabla N° 4.4, se observa que: a medida que la superficie de rodadura está mas deteriorada, los costos de operación vehicular aumentarán.

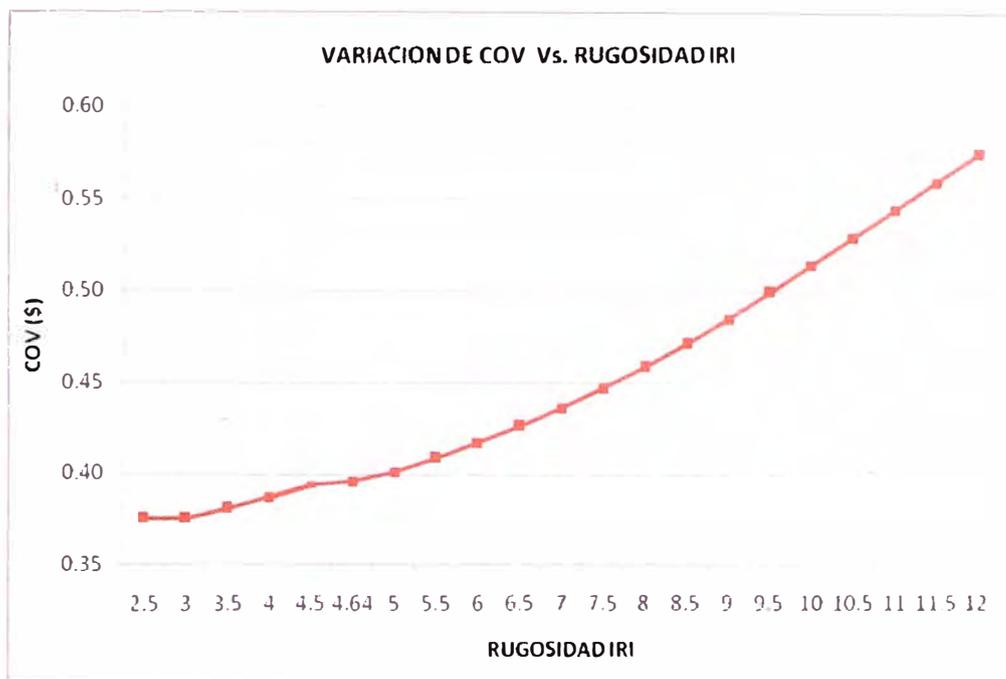


Figura N°4.9 Relación de costo de operación vehicular Vs. Índice Internacional de Rugosidad para un vehículo utilitario camioneta Pick Up Toyota Hilux

Fuente: Elaboración propia

El sobre costo de operación vehicular resulta de la diferencia de los montos de costos operación vehicular totales anuales en la condición actual, menos los costos en la situación ideal de un pavimento monocapa en buenas condiciones (IRI=3m/Km).

Sobre costo de operación= Costo anual total_(IRI actual)- Costo anual total_(IRI=3.0)

Se analizará de manera didáctica el Sobrecosto de operación para el vehículo elegido; 2 situaciones del pavimento en la carretera Cañete-Chupaca, cuando se tiene un superficie en óptimas condiciones, con una rugosidad IRI de 3 y la situación actual que posee un rugosidad de 4,64 asumiéndolo para toda la carretera.

Sobrecosto (\$) = (COV_{actual} - COV_{inicial}) * IMD * 360 * Longitud de la carretera (Km)

Sobrecosto (\$) = (0.396 - 0.376) * 279 * 360 * 271.73 = \$545,851.22

El sobrecosto es representativo únicamente para el vehículo tipo Utilitario: camioneta Toyota Hilux. El sobrecosto total en la carretera será el que englobe a todos los vehículos detectados; según el estudio del IMD.

También se analiza la variación porcentual de los componentes más importantes del COV, frente al incremento de la rugosidad. Se sabe que, al aumentar la rugosidad de un pavimento, el consumo de los componentes del COV aumentará en cantidad; la aclaración es que el porcentaje de incidencia de los combustibles, tiempos de operario y pasajeros disminuya, mientras que los costos de reparación aumenten. Como se ve, para una rugosidad IRI de 10, puede llegar a gastar la misma cantidad de dinero en reparaciones tanto como en combustible, (Ver Figura N° 4.10).

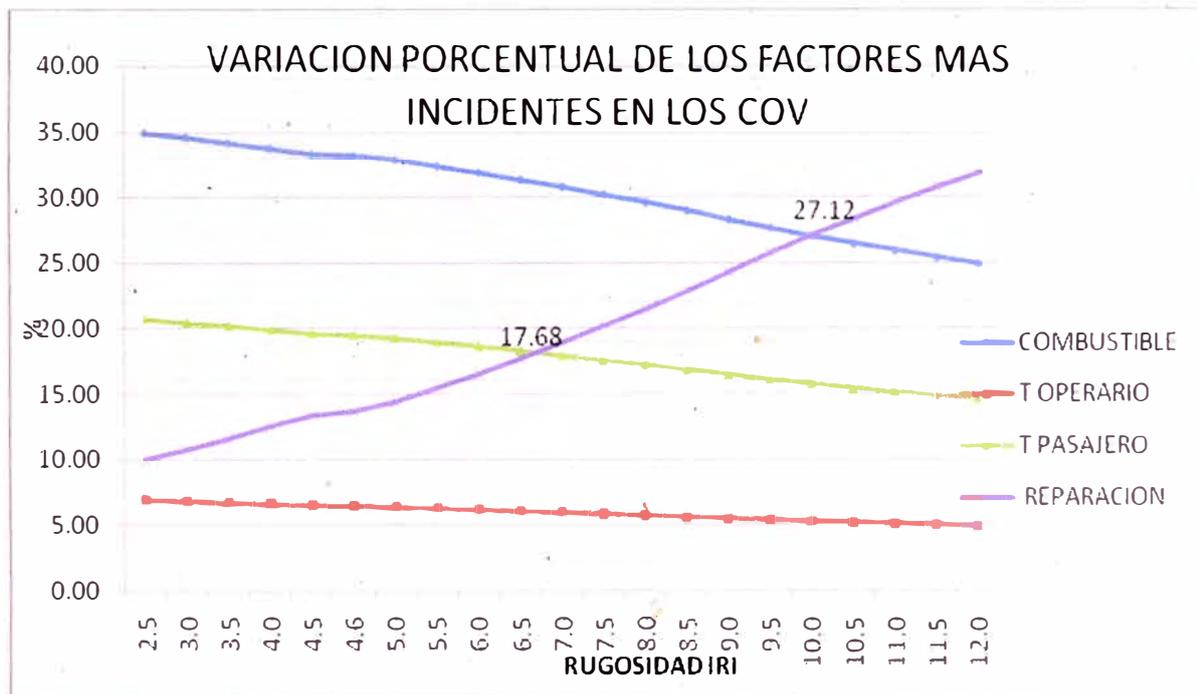


Figura N°4.10 Variación en porcentaje de los componentes del COV

Fuente: Elaboración propia

En las siguientes tablas se presentan los COV, obtenida del la (Oficina de Planeación y Programación del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (OPP-MTC)).



COSTO MODULAR DE OPERACIÓN VEHICULAR A PRECIOS ECONOMICOS
US\$-Vehículo-Km



REGION	TOGRAFIA	SUPERFICIE	ESTADO	AUT	CAMTA	BUS MED	BUS GRAN	CAM 2E	CAM 3E	ARTICULADO
Costa	A	AFI	B	0.24	0.26	0.54	0.57	0.76	0.98	1.20
Costa	A	AFI	M	0.39	0.35	0.78	0.74	1.36	1.57	1.73
Costa	A	AFI	R	0.27	0.27	0.59	0.60	0.90	1.11	1.32
Costa	A	ASF	B	0.22	0.24	0.47	0.53	0.58	0.80	1.04
Costa	A	ASF	M	0.27	0.28	0.59	0.61	0.95	1.15	1.35
Costa	A	ASF	R	0.24	0.25	0.51	0.56	0.72	0.93	1.15
Costa	A	SAF	M	0.42	0.37	0.83	0.78	1.46	1.67	1.82
Costa	A	SAF	R	0.34	0.30	0.70	0.67	1.13	1.34	1.53
Costa	A	TRO	M	0.47	0.41	0.92	0.85	1.65	1.86	1.99
Costa	A	TRO	R	0.40	0.35	0.80	0.75	1.37	1.58	1.74
Costa	L	AFI	B	0.24	0.26	0.52	0.56	0.75	0.97	1.18
Costa	L	AFI	M	0.39	0.34	0.78	0.73	1.35	1.55	1.71
Costa	L	AFI	R	0.27	0.27	0.58	0.59	0.90	1.10	1.30
Costa	L	ASF	B	0.21	0.24	0.47	0.53	0.58	0.79	1.03
Costa	L	ASF	M	0.27	0.27	0.59	0.61	0.94	1.15	1.33
Costa	L	ASF	R	0.24	0.25	0.51	0.56	0.71	0.93	1.14
Costa	L	SAF	M	0.41	0.36	0.82	0.77	1.45	1.65	1.80
Costa	L	SAF	R	0.33	0.30	0.67	0.66	1.12	1.32	1.50
Costa	L	TRO	M	0.47	0.41	0.91	0.84	1.64	1.84	1.97
Costa	L	TRO	R	0.39	0.34	0.78	0.73	1.35	1.55	1.71
Costa	O	AFI	B	0.24	0.26	0.53	0.57	0.76	0.97	1.19
Costa	O	AFI	M	0.39	0.35	0.78	0.74	1.35	1.56	1.72
Costa	O	AFI	R	0.27	0.27	0.58	0.60	0.90	1.10	1.31
Costa	O	ASF	B	0.22	0.24	0.47	0.53	0.58	0.79	1.03
Costa	O	ASF	M	0.27	0.27	0.59	0.61	0.94	1.15	1.34
Costa	O	ASF	R	0.24	0.25	0.51	0.56	0.72	0.93	1.15
Costa	O	SAF	M	0.41	0.36	0.82	0.77	1.45	1.66	1.81
Costa	O	SAF	R	0.33	0.30	0.68	0.66	1.12	1.33	1.51
Costa	O	TRO	M	0.47	0.41	0.91	0.85	1.64	1.84	1.98
Costa	O	TRO	R	0.39	0.35	0.78	0.74	1.35	1.56	1.72
Selva	A	AFI	B	0.26	0.37	0.60	0.79	1.04	1.38	1.71
Selva	A	AFI	M	0.41	0.47	0.85	1.00	1.71	2.06	2.28
Selva	A	AFI	R	0.29	0.38	0.64	0.83	1.20	1.54	1.84
Selva	A	ASF	B	0.23	0.35	0.52	0.75	0.84	1.18	1.53
Selva	A	ASF	M	0.30	0.39	0.65	0.84	1.24	1.59	1.88
Selva	A	ASF	R	0.25	0.36	0.57	0.78	0.99	1.33	1.67
Selva	A	SAF	M	0.44	0.49	0.91	1.04	1.81	2.16	2.37

Tabla N°4.4 Costos de Operación Vehicular Parte 1

Fuente: Oficina de Planeamiento y Programación



COSTO MODULAR DE OPERACIÓN VEHICULAR A PRECIOS ECONOMICOS
US\$/Vehículo-Km



REGION	TOGRAFIA	SUPERFICIE	ESTADO	AUTO	CAMTA	BUS MED	BUS GRAN	CAM 2E	CAM 3E	ARTICULADO
Selva	A	SAF	R	0.36	0.42	0.77	0.91	1.45	1.80	2.06
Selva	A	TRO	M	0.50	0.54	1.00	1.12	2.02	2.38	2.55
Selva	A	TRO	R	0.42	0.47	0.87	1.00	1.71	2.06	2.28
Selva	L	AFI	B	0.25	0.27	0.54	0.59	0.79	1.01	1.24
Selva	L	AFI	M	0.41	0.38	0.81	0.77	1.42	1.64	1.80
Selva	L	AFI	R	0.28	0.28	0.60	0.62	0.93	1.15	1.35
Selva	L	ASF	B	0.23	0.25	0.49	0.56	0.61	0.83	1.07
Selva	L	ASF	M	0.29	0.29	0.61	0.56	0.98	1.20	1.40
Selva	L	ASF	R	0.24	0.27	0.53	0.58	0.75	0.97	1.19
Selva	L	SAF	M	0.44	0.38	0.85	0.81	1.52	1.73	1.89
Selva	L	SAF	R	0.34	0.32	0.70	0.69	1.18	1.39	1.58
Selva	L	TRO	M	0.49	0.43	0.95	0.89	1.72	1.93	2.05
Selva	L	TRO	R	0.41	0.36	0.81	0.77	1.42	1.64	1.80
Selva	O	AFI	B	0.28	0.38	0.59	0.78	1.03	1.35	1.67
Selva	O	AFI	M	0.41	0.46	0.84	0.98	1.69	2.03	2.23
Selva	O	AFI	R	0.28	0.38	0.63	0.81	1.18	1.52	1.81
Selva	O	ASF	B	0.23	0.34	0.51	0.73	0.82	1.16	1.50
Selva	O	ASF	M	0.29	0.38	0.64	0.83	1.23	1.56	1.84
Selva	O	ASF	R	0.24	0.36	0.57	0.76	0.98	1.31	1.63
Selva	O	SAF	M	0.44	0.48	0.89	1.02	1.79	2.13	2.32
Selva	O	SAF	R	0.35	0.41	0.73	0.89	1.44	1.77	2.01
Selva	O	TRO	M	0.50	0.53	0.95	1.11	2.00	2.34	2.50
Selva	O	TRO	R	0.41	0.46	0.84	0.98	1.69	2.03	2.23
Sierra	A	AFI	B	0.29	0.50	0.67	1.07	1.38	1.82	2.26
Sierra	A	AFI	M	0.44	0.61	0.93	1.32	2.13	2.58	2.95
Sierra	A	AFI	R	0.32	0.53	0.71	1.12	1.55	1.99	2.41
Sierra	A	ASF	B	0.26	0.48	0.59	1.01	1.16	1.60	2.05
Sierra	A	ASF	M	0.32	0.53	0.72	1.14	1.61	2.05	2.46
Sierra	A	ASF	R	0.27	0.50	0.63	1.06	1.32	1.77	2.21
Sierra	A	SAF	M	0.47	0.64	1.00	1.38	2.26	2.70	3.08
Sierra	A	SAF	R	0.38	0.57	0.84	1.21	1.64	2.29	2.58
Sierra	A	TRO	M	0.53	0.70	1.09	1.48	2.49	2.95	3.29
Sierra	A	TRO	R	0.44	0.62	0.94	1.32	2.13	2.58	2.95
Sierra	L	AFI	B	0.27	0.27	0.57	0.61	0.83	1.06	1.30
Sierra	L	AFI	M	0.43	0.38	0.64	0.81	1.49	1.71	1.98
Sierra	L	AFI	R	0.29	0.30	0.62	0.65	0.98	1.21	1.43
Sierra	L	ASF	B	0.24	0.26	0.50	0.58	0.63	0.87	1.12
Sierra	L	ASF	M	0.30	0.30	0.63	0.66	1.03	1.26	1.47

Tabla N°4.5 Costos de Operación Vehicular Parte 2

Fuente: Oficina de Planeamiento y Programación



COSTO MODULAR DE OPERACIÓN VEHICULAR A PRECIOS ECONOMICOS
US\$/Vehículo-Km



REGION	TOGRAFIA	SUPERFICIE	ESTADO	AUTO	CAMTA	BUS MED	BUS GRAN	CAM 2E	CAM 3E	ARTICULADO
Sierra	L	ASF	R	0.25	0.27	0.54	0.61	0.78	1.01	1.25
Sierra	L	SAF	M	0.46	0.40	0.90	0.84	1.59	1.81	1.98
Sierra	L	SAF	R	0.36	0.33	0.73	0.72	1.23	1.46	1.65
Sierra	L	TRO	M	0.51	0.44	1.00	0.93	1.80	2.02	2.16
Sierra	L	TRO	R	0.43	0.38	0.84	0.81	1.49	1.71	1.88
Sierra	O	AFI	B	0.27	0.38	0.61	0.81	1.08	1.43	1.75
Sierra	O	AFI	M	0.43	0.48	0.89	1.03	1.77	2.12	2.34
Sierra	O	AFI	R	0.30	0.40	0.67	0.85	1.24	1.58	1.89
Sierra	O	ASF	B	0.24	0.35	0.53	0.77	0.87	1.21	1.58
Sierra	O	ASF	M	0.30	0.41	0.68	0.87	1.29	1.64	1.93
Sierra	O	ASF	R	0.26	0.37	0.58	0.80	1.02	1.38	1.71
Sierra	O	SAF	M	0.46	0.50	0.93	1.07	1.87	2.23	2.43
Sierra	O	SAF	R	0.36	0.44	0.77	0.93	1.50	1.65	2.11
Sierra	O	TRO	M	0.52	0.56	1.03	1.16	2.09	2.45	2.62
Sierra	O	TRO	R	0.43	0.48	0.89	1.03	1.77	2.12	2.34

A precios Noviembre 2000
Fuente: Resultados del Modelo HDM-III
Nota

M	=	Selva
C	=	Sierra
A	=	Accidentada
L	=	Llana
O	=	Ondulada
ASF	=	Asfaltada
AFI	=	Atirada
SAF	=	Sin Atirar
TRO	=	Trocha
B	=	Bueno
R	=	Regular
M	=	Malo

Tabla N°4.6 Costos de Operación Vehicular Parte 3

Fuente: Oficina de Planeamiento y Programación

Cuando se evalúa proyectos de inversión a nivel de perfil en el rubro de carreteras, de manera práctica se elige un valor de COV de las tablas anteriores; los cuales fueron obtenidos del Modelo HDM-III. En el caso de la carretera en estudio, se opta por el valor con las características de vía y vehículo, que más se aproximen a la situación actual. Se ubica en la región sierra, con una topografía ondulada, una superficie asfaltada en un estado de condición regular ($IRI=4.64$), para un vehículo tipo camioneta, el valor de COV proveniente de la tabla N°4.6 es \$0.37. Si se compara con el COV obtenido del programa HDM-VOC (\$0.398). Se concluye que este último es el más representativo, pues la superficie del terreno no es del todo ondulada, tiene algunas curvas peligrosas, pero no llegaba a ser una vía accidentada. Se ingresa mayor número de características de la vía, del vehículo; además que se obtiene de los precios y tipo de cambio actual.

A diferencia de la tabla de COV del MTC; con el HDM- VOC se puede calcular los COV para cada valor de rugosidad IRI, en un tipo de pavimento. Además se utilizará para actualizar los valores de COV.

Ignorar el efecto de la rugosidad superficial suele resultar en una sobrevaluación del nivel de servicio real, lo cual generalmente retrasa la justificación de las obras de mejoramiento, con las consecuentes pérdidas económicas y de funcionabilidad

Por tal motivo, se debe continuar con la política de mantener las vías en buen estado de transitabilidad y serviciabilidad. En este contexto es que se ubica el Proyecto Perú, específicamente la carreta que va desde Cañete hasta Chupaca.

CONCLUSIONES

1. La rugosidad de la superficie de rodadura de una carretera, es un factor influyente de manera directa en los costos de operación vehicular.
2. Es posible obtener la rugosidad de una carretera en tramos diferentes a 400 m, siguiendo ciertos criterios de toma de datos; según la guía de usuario del MERLIN
3. El programa HDM-VOC, sirve para estimar los costos de operación vehicular para cada estado de una carretera representado en el valor de IRI, así como para diferentes tipos de vehículos.
4. El COV obtenido para la carretera Cañete-Chupaca, tomando como valor referencial una rugosidad IRI de 4.64, en el tramo 103+200 al 103+600 asumida para todo el tramo de longitud 271.73 Km, es de \$ 0.396.
5. El sobrecosto en dólares de tener la vía en el estado regular actual, comparado con su estado en condiciones iniciales construcción, para la camioneta Pick Up Toyota Hilux; es de \$545,851.22.
6. A medida que la carretera se encuentra más deteriorada, aumenta la incidencia en los costos por reparación; mientras que disminuye la incidencia en los costos por consumo por combustible como también el tiempo empleado por los pasajeros y operarios.
7. La aproximación a la realidad de los resultados de este trabajo ha sido buena. Desde luego, será necesario realizar estudios de campo más completos y conocer más sobre las prácticas de utilización de los vehículos por parte de los usuarios.
8. Los cálculos, representativos de situaciones reales permiten afirmar que el gasto adicional por kilómetro debido a una conservación eficaz, cubre con suficiencia los montos necesarios para mantener índices de servicios altos, por períodos de tiempo prolongados. Es conveniente, en términos generales, aplicar diseños con periodos útiles prolongados cada vez que sea posible, pues por alto que sea su costo, rápidamente será recuperado por el país, al reducirse los costos operativos vehiculares.

RECOMENDACIONES

1. Automatizar el equipo MERLIN, el cual es un equipo de bajo costo, para que se tenga una herramienta rendimiento superior a 6Km por día.
2. Se recomienda que las evaluaciones de rugosidad en las carreteras sean realizadas anualmente.
3. Las empresas consultoras y constructoras deben asumir el reto de actualizarse en cuanto al estado del arte de la medición de la rugosidad como una manera de colaborar al mejor desarrollo de los proyectos y la obtención final de carreteras de buena calidad.
4. Hacer un registro de vida de las carreteras. Para así conocer el comportamiento que tiene durante su vida útil.
5. En la base de datos del HDM-VOC, desarrollado por el Banco Mundial, existen algunos ejemplos de vehículos con sus respectivas características, se recomienda hacer investigación sobre qué vehículos circulan en nuestras carreteras y adaptar un programa propio para el Perú. Así se podrá obtener los COV con mucho más aproximación a la realidad.
6. El MTC, mediante la Oficina de Planeamiento y Programación debería actualizar los valores de los Costos Operativos Vehiculares anualmente.

BIBLIOGRAFÍA

1. Arriaga Patiño Mario, Índice Internacional de Rugosidad en la carretera de México, Sandanfila, México, 1998.
2. Archondo S. Rodrigo, Estimating Vehicle Operating Costs, The World Bank, Washington D.C., 1994.
3. Arroyo Osorno José Antonio, Estado superficial y costos de operación en carreteras, Sandanfila, México, 2002
4. Consorcio Gestión de Carreteras, Estudio técnico para el cambio de estándar a solución básica. Carretera Cañete-Lunahuaná-Pacarán-Dv. Yauyos-Ronchas-Chupaca, Lima, Perú, 2008.
5. Cundill M.A. The MERLIN road roughness machine: User Guide, TRL Report, UK, 1994.
6. Del Águila Rodríguez Pablo, Metodología para la determinación de la rugosidad de los pavimentos con equipo de bajo costo y gran precisión, Ponencia X Congreso Iberoamericano de Asfalto, España, 1999.
7. Gallegos López Rafael, Efecto de la regularidad superficial en la capacidad vial de autopistas y carreteras multicarril mexicanas, Sandanfila, México, 2004
8. <http://www.mef.gob.pe/DGPM/docs/anexos/AnexoSNIP09v10.pdf>
9. <http://www.worldbank.org/transport/roads/tools.htm>

ANEXOS

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

PROYECTO : _____
 SECTOR : _____
 TRAMO : _____
 CARRIL : _____

OPERADOR : _____
 SUPERVISOR : _____
 FECHA : _____

ENSAYO N° KM + HORA

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1											TIPO DE PAVIMENTO
2											
3											AFIRMADO <input type="checkbox"/>
4											
5											BASE GRANULAR <input type="checkbox"/>
6											
7											BASE IMPRIMADA <input type="checkbox"/>
8											
9											TRAT. BICAPA <input type="checkbox"/>
10											
11											CARPETA EN FRIO <input type="checkbox"/>
12											
13											CARP. EN CALIENTE <input type="checkbox"/>
14											
15											RECAPEO ASFALTICO <input type="checkbox"/>
16											
17											SELLO <input type="checkbox"/>
18											
19											OTROS <input type="checkbox"/>
20											

OBSERVACIONES : _____

Escala para determinar las desviaciones de la superficie respecto del nivel de referencia o cuerda promedio.

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

Hoja de campo que es adherido en el tablero del equipo MERLIN

Cotizaciones: Del 17-05-2010 al 28-05-2010

Fecha de Publicación : 31-May-10

TC (Sol/US\$)
2.85

PR1 : Precio de Referencia que refleja una operación eficiente de importación desde el Mercado Relevante

PR1	Productos											Petróleo Industrial 6 (3%S)	Petróleo Industrial 500 (3%S)
	GLP	Gasolina 97	Gasolina 95	Gasolina 90	Gasolina 84	Kerosene	Turbo	Diesel B2 2500 ppm	Diesel 2 2500 ppm	Diesel B2 50 ppm	Diesel 2 50 ppm		
US\$/BI	59.3	92.1	89.9	82.8	76.1	88.9	88.7	87.9	86.6	89.6	88.5	70.1	68.8
US\$/TM	691												
Soles/galón (4)	1.97	6.24	6.09	5.61	5.16	6.02	6.01	5.96	5.87	6.07	6.00	4.75	4.66
Soles/TM	1,967												

PR1 : Precios de Referencia del Gasohol

Precios de Referencia del Gasohol en US\$/BI				Precios de Referencia del Gasohol en Soles/Galón			
Gasohol 97	Gasohol 95	Gasohol 90	Gasohol 84	Gasohol 97	Gasohol 95	Gasohol 90	Gasohol 84
92.2	90.0	83.1	76.2	6.25	6.10	5.63	5.16

PR1 : Precios de Referencia del Diesel 2 , según contenido de azufre en partes por millón (ppm)

Precios de Referencia del Diesel 2 en US\$/BI						Precios de Referencia del Diesel 2 en Soles/Galón					
50 ppm	500 ppm	1000 ppm	2500 ppm	4000 ppm	5000 ppm	50 ppm	500 ppm	1000 ppm	2500 ppm	4000 ppm	5000 ppm
88.5	88.2	87.8	86.6	85.4	84.7	6.00	5.97	5.95	5.87	5.79	5.74

PR2 : Precio de Referencia que refleja una operación eficiente de exportación hacia el Mercado Relevante

US\$/BI	PR Ponderado (3)				Soles/galón	PR Ponderado (3)			
	Petróleo Industrial 6 (1.7%S)	Petróleo Industrial 500 (1.7%S)	Petróleo Industrial 6 (1.7%S)	Petróleo Industrial 500 (1.7%S)		Petróleo Industrial 6 (1.7%S)	Petróleo Industrial 500 (1.7%S)	Petróleo Industrial 6 (1.7%S)	Petróleo Industrial 500 (1.7%S)
Precio de Referencia FOB	60.7	60.6	65.2	64.5	Precio de Referencia FOB	4.11	4.10	4.42	4.37

Precios de Referencia del GLP(Propano/Butano) (5)

US\$/BI	GLP 40/60	GLP 50/50	GLP 60/40	GLP 70/30	GLP 80/20	Sol/Kg (4)	GLP 40/60	GLP 50/50	GLP 60/40	GLP 70/30	GLP 80/20
PR1	60.9	59.3	57.8	56.3	54.8	PR1	1.989	1.967	1.945	1.922	1.899
FOB Pisco	52.4	50.9	49.5	48.0	46.5	FOB Pisco	1.713	1.689	1.664	1.638	1.612
Callao - Marítimo	56.5	55.0	53.4	51.9	50.4	Callao - Marítimo	1.846	1.822	1.797	1.771	1.745
Callao - Terrestre	55.4	53.9	52.4	50.9	49.4	Callao - Terrestre	1.812	1.788	1.763	1.738	1.712

Factor de Conversión

kg / Gln	2.074	2.044	2.015	1.985	1.956
Bls / TM	11.482	11.648	11.818	11.994	12.175

Notas .

- PR1 : Son Precios Netos Ex-Planta, sin incluir Impuestos (ISC, IGV, Rodaje), ni gastos de Gestión Comercial.
- PR2 : Precios FOB que tienen como destino la Costa del Golfo -EE.UU. de Norteamérica. Mercado Relevante: Mont Belvieu para GLP y Costa del Golfo de USA para los demás combustibles.
- De acuerdo a Resolución Directoral N° 122-2006-EM/DGH, del 06/10/2006.
- De acuerdo al D. S. 038-2005-EM y a lineamiento del MEM (Oficio N°1053-2005-EM/DGH) - Ponderado Móvil 12 meses a Mar-2009 es de 48% para ventas nacionales.
- Expresado en Soles/kg. Ver Tabla Factor de Conversión, el cual varía dependiendo del porcentaje de propano y butano
- Precios de Referencia del GLP, según proporción de mezcla propano/butano establecida por la DGH con Oficio N°504-2008-EM/DGH
- Para el Diesel 2 , el ajuste de calidad por Cetano (40 en el Mercado Internacional y 45 en el Mercado Local) es igual a 0.00 US\$/BI.
- Para el Diesel B2 - 2500 ppm el Precio de Referencia es igual al PR1 del Diesel 2 (con 2500 ppm de Azufre) por un factor de 1.015 de acuerdo con el Lineamiento del MINEM remitido con Oficio 035-2009-EM/DGH.
- Para el Diesel B2 - 50 ppm el Precio de Referencia es igual al PR1 del Diesel 2 (con 50 ppm de Azufre) por un factor de 1.012.

Notas Aclaratorias:

Los Precios de Referencia que publica OSINERGMIN en su página web, se refieren al "Fondo para la Estabilización de Precios de los Combustibles Derivados del Petróleo" (D.U.N. 014-2004).
Por Resolución de Consejo Directivo OSINERG N° 638-2006-OS/CD se incluye ajuste de calidad por azufre y cetano en el Precio de Referencia del Diesel 2 , el cual se explica en el informe semanal.
En el caso del GLP y el Diesel 2 , el Administrador del Fondo (D.U. N° 010-2004) es libre de elegir la calidad del producto que empleará para la determinación de los Factores de Aportación o Compensación.
El Diesel B2 - 2500 ppm considera la mezcla de 98% de Diesel 2 con un contenido de azufre de 2500 ppm más el 2% del Biodiesel B100.
El Diesel B2 - 50 ppm considera la mezcla de 98% de Diesel 2 con un contenido de azufre de 50 ppm más el 2% del Biodiesel B100.

Gráficas.

Gráficas para diferentes tipos de terreno.

En este apartado se presentan dos gráficas para cada uno de los siete vehículos seleccionados: dos camiones articulados con semirremolque, un camión articulado con semirremolque y remolque, un camión pesado de tres ejes, un camión mediano de dos ejes, un autobús foráneo y un vehículo ligero.

Las gráficas del primer tipo, en la parte superior de las figuras, muestran la relación entre el estado de la superficie de rodamiento, en términos del Índice de Servicio y el Índice Internacional de Rugosidad y el costo de operación del vehículo como un factor de su costo de operación base, para tres tipos de terreno; sensiblemente plano (ligeras pendientes y curvas suaves), de lomerío y montañoso. Se incluye como referencia el caso base, correspondiente a un camino recto y plano, con pavimento nuevo.

Las gráficas del segundo tipo relacionan, para los tres tipos de terreno mencionados, el estado de la superficie de rodamiento en términos del Índice de Servicio y del Índice Internacional de Rugosidad, con la velocidad de operación típica (correspondiente a una velocidad 'de crucero' sobre un camino de un solo carril en cada sentido, sin acotamientos).

Debido a la poca influencia de rugosidades por debajo de un Índice Internacional de Rugosidad de 2m/km (o por arriba de un Índice de Servicio de 4.3), tanto en los costos como en las velocidades, dicho rango no se incluyó en las gráficas.

En ambas gráficas, las pendientes y curvaturas horizontales que corresponden a cada tipo de terreno son de 1% y 100°/km respectivamente, para el caso plano; de 3% y de 300°/km, para terreno de lomerío y de 5% y 700°/km, para terreno montañoso. Al caso base le corresponden pendientes y curvaturas nulas.

El concepto de curvatura manejado corresponde a una curvatura media en un tramo representativo, que se calcula como la suma de los ángulos de deflexión en valor absoluto (o ángulos centrales de las curvas), dividida entre la longitud del tramo y se expresa en grados por kilómetro. La figura 4 muestra el plano horizontal de tres tramos considerados homogéneos con sus respectivas características geométricas, para diferentes niveles de curvatura media acumulada.

Fig. 4
ASPECTO DE TRES TRAMOS HOMOGÉNEOS CON DIFERENTES NIVELES DE CURVATURA ACUMULADA.

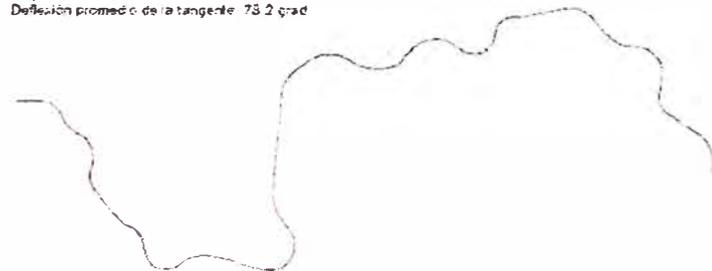
Curvatura horizontal promedio: 100 grad/km
 Gc promedio: 2.624
 Rc promedio: 0.920 km
 Deflexión promedio de la tangente: 22.2 grad



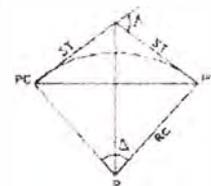
Curvatura horizontal promedio: 300 grad/km
 Gc promedio: 9.822
 Rc promedio: 0.119 km
 Deflexión promedio de la tangente: 35.1 grad



Curvatura horizontal promedio: 600 grad/km
 Gc promedio: 30.049
 Rc promedio: 0.021 km
 Deflexión promedio de la tangente: 73.2 grad



Curva circular simple



$$C = \frac{\sum \frac{L_i}{R_i} \Delta_i}{L_T}$$

$$C = \frac{\sum \frac{L_i}{R_i} \Delta_i}{L_T}$$

$$C = \frac{360}{2 \pi L_T} \sum \frac{L_i}{R_i} \Delta_i$$

- Gc: Grado de curvatura
- Rc: Radio de la curva circular
- Lc: Longitud de la curva circular
- Lt: Longitud total de tramo
- C: Curvatura horizontal promedio
- Δ: Ángulo de deflexión de la tangente
- PC: Punto de comienzo de la curva
- PI: Punto de intersección de la curva
- PT: Punto de término de la curva
- ST: Subtangente

Escala:
 100 m