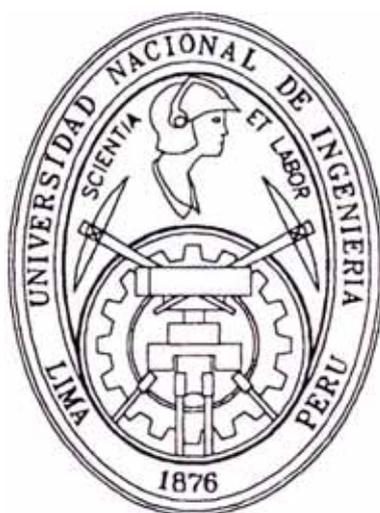


UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL



**“EVALUACIÓN, REHABILITACIÓN Y DISEÑO DE
PAVIMENTOS POR EL MÉTODO DE LAS DEFLEXIONES
DE LA RED VIAL N° 5 EN EL TRAMO DE LIMA-CANTA
AFECTADAS POR EL FENÓMENO EL NIÑO ‘97- ‘98”**

TESIS

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO CIVIL

GABRIEL FELIX AGUILAR CORI

LIMA – PERÚ

2 003

INDICE

INTRODUCCIÓN

CAPITULO I

1.0.0 Generalidades

1.1.0 Objetivo

1.2.0 Descripción General

1.2.1 Ubicación del Proyecto

1.2.2 Clima y Vegetación

1.2.3 Relieve

1.2.4 Breve descripción de la Vía

1.2.5 Estudio de Topografía, Trazo y Diseño Geométrico

1.2.6 Estudio de Transito y Cargas de Eje

CAPITULO II

2.0.0 Programa de evaluación estructural basado en la medición y análisis de deflexiones

2.1.0 Metodología utilizada

2.1.1 Evaluación de la condición general del pavimento (Mediante Métodos no destructivos)

2.1.1.1 Deflectometria

2.1.1.2 Relevamiento de Fallas

2.1.1.3 Evaluación de la Rugosidad

2.1.2 Evaluación Deflectometrica

2.1.2.1 Estacado

2.1.2.2 Identificación de fallas en el área de influencia

2.1.2.3 Medida de los Ahuellamientos

2.1.2.4 Medida de la Temperatura

2.1.2.5 Medida de las Deflexiones

2.1.3 Procesamiento de Datos

2.1.4 Análisis de los Resultados

2.1.5 Aporte estructural del pavimento

2.2.0 Trabajos realizados

2.2.1 Estacado

2.2.2 Relevamiento de Fallas

2.2.3 Evaluación de la Rugosidad

2.2.4 Medición de las deflexiones

2.2.5 Programa auxiliar de excavación de Calicatas

2.3.0 Resultados obtenidos

2.3.1 Condiciones de la superficie del pavimento

- 2.3.2 Perfil estratigráfico del terreno
- 2.3.3 Resultado de los ensayos de deflexiones
- 2.3.4 Resultado del procesamiento de datos
- 2.3.5 Valores evaluados del CBR de la Subrasante
- 2.3.6 Aporte estructural del pavimento existente

CAPITULO III

3.0.0 Diseño del refuerzo

3.1.0 Diseño estructural

- 3.1.1 Datos del tráfico
- 3.1.2 CBR de la subrasante
- 3.1.3 Determinación del Módulo Resiliente de Diseño
- 3.1.4 Metodología de Diseño

CAPITULO IV

4.0.0 Conclusiones y Recomendaciones

CAPITULO V

5.0.0 Referencias Bibliográficas

ANEXOS

- 1 Registros termométricos.
- 2 Evaluación de campo de las deflexiones.
- 3 Evaluación de campo de la Rugosidad.
- 4 Resultados de la Evaluación de la rugosidad.
- 5 Deflectogramas.
- 6 Resultados de la Evaluación Deflectométrica.
- 7 Resultados de Ensayos de Mecánica de Suelos.
- 8 Metrado de Fallas.
- 9 Panel Fotográfico.
- 10 Distribución Planimétrica del CBR de la Subrasante.

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo, forma parte del Estudio de Ingeniería y de Impacto Ambiental para Ampliación, Construcción y Conservación de la Carretera Lima - Canta y consiste en describir los trabajos de campo y gabinete de la Evaluación No Destructiva del Pavimento mediante, el Relevamiento de Fallas, Deflexiones y Rugosidades del Pavimento existente.

Apelamos al buen juicio de las autoridades del gobierno y de la Universidad, y evalúen la labor de investigación que se viene haciendo con la limitada información del conocimiento del efecto y medidas de prevención de huaycos, que cada año nos recuerda, que poco o nada se ha hecho por tener un plan de defensa, con una tecnología propia, de acuerdo a nuestras condiciones y realidad, pues cuando viene el Fenómeno "El Niño" el desastre y la imprevisión son el sinónimo, y de nada vale las lamentaciones de un Perú que no se motiva por su propia experiencia, y que al parecer nos agrada vivir en permanente desastre, culpable de nuestro desarrollo insostenible para un futuro incierto de nuestros hijos.

Los desastres naturales mas frecuentes y de gran impacto son ligados a variaciones climáticas y donde la presencia del agua juega un rol importante, cuando se trata de lluvias torrenciales, como el de El Fenómeno "El Niño".

La falta de una política para el manejo Técnico-economico, que requiere de defensas ribereñas en la costa peruana, donde las actuales formas de limpieza de cauce con amontonamiento de material en sus riberas no sigue un proyecto ni estudio integral, que se respeta, es mas el uso de terraplenes y enchapado con rocas, no son seguras y están expuestas a socavación, erosión y destrucción frente a una avenida superior que la estimada puede producir inundaciones que inicien un desastre.

Las inundaciones ocasionadas por desbordes en las cuencas, por incapacidad de sus márgenes, las mismas que en las ciudades costeras no están preparadas para estas y periódicamente causan destrucción.

Aun cuando se han efectuado obras de emergencia frente a un Niño excepcional igual o mayor que el de 1982-83. Los cauces de los ríos y drenes de la costa, no son suficientes y los daños y destrucción se presentan pues, la capacidad de los cauces y canales de los drenes son pequeños.

Debería pensarse en la prevención a mediano y largo plazo contra las inundaciones de los ríos a las ciudades y áreas agrícolas, pues ninguna ciudad incluyendo Lima, en la costa peruana esta preparada para resistir una inundación por lluvias torrenciales, menos provocadas por El Fenómeno "El Niño".

Los esfuerzos institucionales del gobierno central y local, están en estado de alerta para la emergencia sin planes previos y menos se aprovecha la experiencia anterior.

La falta de divulgación y derechos de autor de los trabajos de huaycos, inundaciones, que hacen muchos, no pueden sustentar los planeamientos técnicos y solo se busca publicidad, actualidad política y/o administración económica de las fuentes de ayuda internacionales y nacionales, efectuando limpieza de cauces, defensas deficientes, etc. Cuya inversión se pierde después de pasado el evento y se espera el próximo desastre para reaccionar sin disponer de un plan, proyecto de prevención estudiado, a fin de efectuar obras dentro de lineamientos y trazos definitivos y no repetir los mismos errores con defensas y limpiezas inadecuadas todos los años sin ninguna sustentación tecnico-economica y de estabilidad.

Ya es hora que se actúe con mayor madurez y realidad en un país como el Perú, lleno de contrastes y fenómenos, no hay tiempo para pensar, menos de actuar apresuradamente sino se estudia, investiga permanentemente nuestros fenómenos naturales y su incidencia en los pueblos y ciudades con programas a corto, mediano y largo plazo donde la emergencia sea solo un ejercicio comunitario previamente preparado y organizado.

CAPITULO I

1.0.0 GENERALIDADES

1.1.0 OBJETIVO

El objetivo del presente trabajo, es definir el comportamiento del pavimento-subrasante existentes mediante la obtención de las deflexiones del tramo en estudio, complementado con el relevamiento de fallas y mediante la obtención de la rugosidad, que servirán para determinar los refuerzos asfálticos y/o diseñar un pavimento nuevo con una estructura resistente, para así permitir una adecuada serviciabilidad a los usuarios durante el período de diseño.

Resaltar la importancia que tiene la evaluación superficial sobre un proyecto de rehabilitación, para este caso luego de la ocurrencia del fenómeno El Niño 1997-98 en un pavimento flexible y con esta evaluación de características no destructivas hallar su capacidad total y la que pudiese aportar para una nueva estructura según sea la condición en la que se encuentre, pues para diferentes tramos tendremos diferentes soluciones. Si bien la idea misma de esta teoría no es nueva su aplicación practica para una vía en las condiciones en la que dejo este fenómeno lo es. Como aplicación practica se estudia el caso de la Red Vial N°5 en el tramo Lima-Canta (km 21+ 058 al 101+ 162.28) El proyecto total contempla (estudio de ingeniería e impacto ambiental) La Red Vial N°5 que consta de los tramos Lima-Canta, Canta-Cerro de Pasco, Ancon-Huacho, Serpentin de Pasamayo. Cuyo estudio estuvo a cargo de la Asociación AYESA-ALPHA CONSULT S.A. ganadora de la licitación N° 001-23SET-97-PER/97/015 PROMCEPRI MTC. Como parte de esta trabajo se plantea la evaluación del pavimento no solo por los métodos de las deflexiones sino además teniendo en cuenta el relevamiento de fallas, la rugosidad y excavación de calicatas en el pavimento existente para determinar las propiedades físicas reales no solamente las que teóricamente nos arroja, el método de las deflexiones, comparar estas y tomar una correcta decisión. Se tomo el tramo de Lima-Canta por que esta fue la mas castigada de todo el proyecto por el fenómeno El Niño. Desarrollando un análisis refinado de las evaluaciones antes mencionadas y de laboratorio, sobre la base de los resultados del análisis posteriormente se verifica la propuesta hecha por la consultora en cuanto al reforzamiento y diseño del pavimento.

1.2.0 DESCRIPCION GENERAL

Mediante El decreto legislativo N° 839, se promulga la Ley de Promoción de la Inversión Privada en Obras Publicas de Infraestructura y Servicios Públicos, mediante la cual se declaro de interés nacional la Ley antes mencionada.

Mediante el Decreto Supremo N° 059-96-PCM se aprobó el texto único ordenado de las Normas con rango de Ley que regulan la entrega de concesiones al sector privado de las Obras Publicas de Infraestructura y de Servicios Públicos, cuyo reglamento fue aprobado mediante Decreto Supremo N° 060-96-PCM.

Mediante Resolución Suprema N° 092-97-PCM de fecha 07 de Marzo de 1997, se consigno el Comité ESPECIAL RED VIAL NACIONAL encargado de determinar y promover las redes o tramos de la Red Vial Nacional que serán entregados en concesión al sector privado.

Con fecha 23 de Setiembre de 1997, mediante acuerdo N° 001-23SET-97-PER/97/015, la PROMCEPRI aprobó la convocatoria al concurso de invitación para la contratación de servicios de consultoría para diseñar y elaborar los Estudios de Ingeniería e Impacto Ambiental de la Red Vial N° 5, encontrándose la "Carretera Lima-Canta" incluida dentro de esta Red Vial.

Con fecha 06 de Enero de 1998, se otorgo la Buena Pro a la Empresa "Asociación Aguas y Estructuras S.A. (AYESA)- ALPHA CONSULT S.A."

Con fecha 20 de Enero de 1998 ambas partes suscribieron el Contrato de Servicios para la elaboración de los Estudios de Ingeniería e Impacto Ambiental de la Red Vial N° 5.

Mediante Decreto de Urgencia N° 25-98 de fecha 18 de Junio de 1998 se dispuso transferir a la Comisión de Promoción de la Inversión Privada (COPRI), las funciones, atribuciones y competencias otorgadas a la Comisión de Promoción de Concesiones Privadas (PROMCEPRI).

1.2.1 UBICACIÓN DEL PROYECTO

El Tramo en estudio se inicia aproximadamente en la progresiva Km. 21+058 de la Av. Tupac Amaru, a las afueras del Distrito de Carabayllo exactamente en el cruce entre el Jr. Miguel Iglesias y la Av. Tupac Amaru y finaliza en la Ciudad de Canta.

Políticamente el sector en estudio abarca las Provincias de Lima y Canta. Departamento de Lima.

1.2.2 CLIMA Y VEGETACION

El área en estudio se encuentra entre los 300 y 2,829 m.s.n.m, donde el clima es cálido a templado.

La vegetación es mediana a escasa generalmente se encuentra a lo largo de los lechos del río.

1.2.3 RELIEVE

La configuración topográfica varia desde plano a ondulado por tramos hasta accidentado y abrupto con laderas severas que determinan valles abiertos y de fuerte declive.

El trazo de la carretera transcurre mayormente por una plataforma a media ladera.

1.2.4 BREVE DESCRIPCIÓN DE LA VÍA

Según el Proyecto la Carretera Lima - Canta tiene una longitud de 80.10428 Km. considerando el inicio en la intersección de la calle Miguel Iglesias y la Av. Tupac Amaru (Km. 21 + 058 de la Carretera Lima - Canta), considerado el Km. 0+000 del Proyecto y el término en la salida de la ciudad de Canta hacia Cerro de Pasco. Pasa por las zonas pobladas principales de Chocas (Km. 12 + 800), Chocas Alto (km 14 + 000), Zapán (Km. 23+ 000), Leticia (Km. 31 +900), Yangas (Km. 33 +000), Checta (Petroglifos) (Km. 39 +000), Santa Rosa de Quives (Km. 42 + 800), Apán (Km. 50 + 600), Pocta (Km. 54 +900), Llaso (Km. 55 + 500) y Pichu - Pichu (Km. 56 +200).

La carretera pasará por 6 puentes: Pucará (Km. 37 +580), Alcaparosa (Km. 38 + 175), La Cabaña (Km. 41 +690), Arahuary (Km. 42 + 980), Apán (Km. 50 +510) y Pocta (Km. 54+660).

La carretera tiene las siguientes secciones:

Sección	I (km 0+000 al Km. 57+000)	II (Km. 57+000 al Km. 80 + 104.28)
Berma izquierda	0.00 m a 0.75 m.	--
Berma derecha	0.00 m a 0.75 m.	--
Pista	6.60 m	6.60 m
Total	6.60 m a 8.10 m	6.60 m
	La pista tendrá 6.20 m y sin bermas en el caso puntual entre el Km. 12+260 y el Km. 12+ 390.	La carretera conserva la rasante y el ancho de bermas actuales.

1.2.5 ESTUDIO DE TOPOGRAFIA, TRAZO Y DISEÑO GEOMETRICO

Luego del reconocimiento inicial de la zona del proyecto y de los Estudios Básicos necesarios, se opto por recomendar como solución, el Mejoramiento y Rehabilitación de la actual Carretera, elevando su categoría a 2^{do} Orden.

El mejoramiento indicado, se hizo necesario en vista de tratarse de una ruta alterna a la Carretera Central para el acceso al Centro y Oriente del País. La actual vía no presenta las características geométricas como; la superficie de rodadura que aseguren un flujo vehicular dentro de los márgenes de velocidad y seguridad razonables.

Los criterios generales aplicados en el presente estudio se han tomado de las Normas Peruanas para el Diseño de Carreteras del año 1970, del Ministerio de Transportes y Comunicaciones. Así como la evaluación obtenida en los estudios de Hidrología, Drenaje, Suelos, Geología y Geotécnica.

La Sección transversal junto con los datos de trafico que se disponen, así como el conocimiento de la orografía de la zona y de los trabajos de campo correspondientes, arrojan como resultado una velocidad de 50 Km./h para el trazo propuesto, que como bien se sabe esta fundamentalmente condicionado por la existencia de canales a ambos lados de la carretera, así como por un criterio económico de mantener en lo posible el trazo actual. Esta velocidad disminuye a 40 Km./h en tramos muy accidentados y zonas Urbanas.

El mejoramiento de las características geométricas de trazo y por que la topografía lo permite, ha generado que se proyecte 6 puentes.

La pendiente máxima excepcional para caminos que se desarrollan hasta los 3000 m.s.n.m. es de 8% según las Normas Peruanas que datan del año 1970. En la actualidad existen vehículos con mayor potencia que pueden superar dicho valor y aumentar los valores excepcionales, que conllevaban a aumentos importantes del movimiento de tierras con los consiguientes sobrecostos, así como posibilidad de crear inestabilidad de taludes.

El trabajo topográfico de campo se realizo, utilizando equipos modernos como Estación Total, GPS y Niveles Automáticos, para obtener una precisión dentro de las tolerancias permitidas.

Se tomo una faja de terreno en el cual esta el eje definitivo para lo cual se tomo los vértices de la poligonal en la carretera existente (647 – 523 PI's) que están orientadas y referenciadas a las coordenadas UTM (GPS Navegador y digitalización de la Carta Nacional). Y Nivelados a la Red Nacional de BM's (160 BM's inamovibles).

Al plantear el nuevo trazo se ha tratado de mantener el existente para evitar expropiaciones y afecciones sobre canales laterales de regadío. Es por esa razón que no se ha logrado mantener un ancho de berma uniforme a lo largo del proyecto. Estos varían

entre 0.00 y 0.75 m aunque el criterio fue establecer bermas que varíen entre 0.75 y 1.20m.

La plataforma mantiene un ancho como se indica:

ANCHO DE PLATAFORMA	PROGRESIVA
6.60 m	el resto de la vía
6.20 m	12+260 al 12+390
6.00 m	69+810 al 69+880

El diseño del perfil longitudinal presenta 2 etapas, un primer diseño a nivel de subrasante (Km. 00+000 – Km. 57+000) y el segundo a nivel de rasante (Km. 57+000 – Km. 80+104.28).

CARACTERISTICAS TECNICAS DE DISEÑO

DESCRIPCION	PROPUESTA
Ancho de superficie de Rodadura	6.60 m
Berma a cada lado	De 0.00 a 0.75 m
Bombeo	2.00 %
Radio Mínimo	30.00 m
Radio Mínimo Excepcional	25.00 m
Radio Máximo	1500.00 m
Pendiente Mínima	0.50 %
Pendiente Máxima	8.50 %
Sobreancho	1.80 (en curvas con radio mínimo)
Talud de relleno	1 : 1.5
Velocidad Directriz	50 Km./h
Velocidad en zonas Urbanas y Accidentadas	40 Km./h

1.2.6 ESTUDIO DE TRANSITO Y CARGAS POR EJE

El propósito de este estudio es determinar volúmenes vehiculares que esta soportando la Carretera Lima-Canta, con la finalidad de proyectar volúmenes de trafico necesarios para el Diseño de Pavimentos.

Como se trata de una carretera por donde circulan vehículos ligeros y pesados, donde el trafico no es intenso, será detallado, calificando por hora, sentido y tipo de vehículo.

CAPITULO II

2.0.0 PROGRAMA DE EVALUACION ESTRUCTURAL BASADO EN LA MEDICION Y ANALISIS DE DEFLEXIONES

2.1.0 METODOLOGIA UTILIZADA

La metodología de evaluación estructural usada en el estudio del pavimento realizado, esta basado en la medicion e interpretación de curvas de deflexiones, utilizando para ello métodos y teorías que incluyen el uso de instrumentos de precisión, modelos matemáticos para pavimentos y sistemas computarizados para la ejecución de los cálculos.

El método de análisis se dirige, para fines de evaluación de pavimentos, fundamentalmente de la determinación de propiedades elásticas de las capas (modulo de elasticidad del suelo Subrasante y del pavimento en conjunto), para luego establecer el valor estructural del pavimento existente y, tomando en consideración este valor, calcular las necesidades de refuerzo para un periodo adicional de servicio.

La metodología consta de 4 fases principales:

1. Evaluación de la condición general del pavimento
2. Ensayo de medición de deflexiones
3. Análisis e interpretación de los resultados de los ensayos de deflexiones
4. Diseño del refuerzo

A continuación se hace una breve descripción de los aspectos fundamentales de la metodología, cuyos alcances teóricos y prácticos pueden encontrarse con mayor amplitud en las referencias bibliográficas.

2.1.1 EVALUACION DE LA CONDICION GENERAL DEL PAVIMENTO

Como parte del estudio de evaluación estructural, se realiza una evaluación de la condición general en que se encuentra el pavimento, la cual debe informar sobre el grado de fisuramiento y deformación existente, para ello realizaremos el relevamiento de fallas y la evaluación de la rugosidad de la vía, sin embargo, es deseable que las observaciones abarquen el contexto general del pavimento y sus alrededores, lo cual se complementa con la ejecución de un "programa auxiliar de excavación de calicatas", mediante la excavación de un numero limitado de calicatas, realización de medicion, ensayos in-situ, muestreo y ensayos de laboratorio.

La información recolectada en esta etapa es particularmente valiosa en el proceso de seleccionar las "Secciones de diseño", pero en definitivo su uso es un elemento auxiliar

de gran ayuda en el proceso de interpretación de los resultados de la evaluación estructural.

Para la evaluación de los pavimentos de la Carretera Lima - Canta, se ha adoptado el método de evaluación técnica No Destructiva, basada en la determinación de las deflexiones (respuesta del pavimento por la acción de una carga dinámica), obteniéndose parámetros para su empleo en el método CONREVIAl y Modelo de Hogg, Relevamiento de fallas y rugosidad del pavimento.

La determinación de las deflexiones se ha realizado para su empleo principalmente en el método de CONREVIAl, comparándolo para fines de este trabajo con el Modelo de Hogg.

2.1.1.1 DEFLECTOMETRIA

La deflectometria es el estudio de las deformaciones verticales de la superficie de la calzada, consecuencia de la acción de una determinada carga o sollicitación.

Las fallas estructurales fundamentalmente dependen de la magnitud y frecuencia de las deformaciones recuperables y de la acumulación de las deformaciones recuperables o permanentes en las estructuras, bajo la acción de las cargas móviles y/o estáticas. En consecuencia es lógico que el criterio dominante para valorar la capacidad estructural se base en la deformabilidad de las calzadas bajo cargas normalizadas.

De esta manera la deflexión es una medida de la respuesta del conjunto "pavimento - Subrasante" frente a una determinada sollicitación, indicando la adecuabilidad del mismo desde el punto de vista estructural. Esta capacidad estructural cumple en el diseño de refuerzos un rol en cierta forma semejante a la determinación del C.B.R. de suelos de subrasante en el diseño de estructuras nuevas.

La existencia de una correlación entre deflexiones, la presencia de rápido desarrollo de fallas por fatiga y la posibilidad de establecer un orden de valores tolerables con relación al tránsito, constituyen la base de su difundida utilización.

El campo de aplicación de estas mediciones es muy amplio empleándose principalmente para:

- Determinar la vida útil remanente de un pavimento.
- Evaluar estructuralmente pavimentos, tiene la ventaja de evaluar todas las condiciones localizadas, como drenaje, calidad pobre de la base, etc. Con miras a su rehabilitación.
- Evaluar los métodos de diseño de pavimentos y control de ejecución de obras.
- Determinar la condición de un pavimento con miras a su conservación.
- En determinadas regiones, seleccionar la carga por rueda permitida en periodos críticos (generalmente deshielos).

- En los métodos empíricos las deflexiones (convenientemente procesadas) se relacionan con los valores admisibles, mientras que en los métodos más modernos, basados en la teoría de elasticidad, se utilizan para ajustar los módulos elásticos de las capas estructurales y calibrar los modelos.

En nuestro caso, lo empleamos para determinar la vida útil remanente y evaluar estructuralmente el pavimento asfáltico con miras a su rehabilitación.

Existe una gran variedad de equipos destinados a medir las deflexiones de un pavimento, encontrándose desde los más simples y versátiles (viga Benkelman) hasta los más sofisticados y costosos, pero de gran rendimiento operacional (Deflectógrafo Lacroix).

En nuestro caso se ha utilizado una viga Benkelman doble; dispositivo que usa el principio de brazo de palanca.

La Evaluación del Pavimento-Subrasante (evaluación superficial y estructural), se ha realizado teniendo en cuenta el tipo de pavimento existente (mezcla asfáltica en caliente) en toda la vía (Km. 0+000 - Km. 80+104.28).

2.1.1.2 RELEVAMIENTO DE FALLAS (Condición Superficial del Pavimento)

La evaluación superficial está orientada hacia su funcionalidad, no comprende la determinación de las características estructurales del pavimento, si bien se vincula con las mismas.

Los deterioros varían de acuerdo a su severidad y extensión, dicha observación es la que nos indica la necesidad de rehabilitar, mejorar, eliminar o cambiar por una estructura nueva de pavimento.

Para el Relevamiento de fallas se ha utilizado el método de INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO (PCI)

Las principales fallas se clasifican según su severidad en baja, media y alta, las que se pueden apreciar en los formatos de evaluación de campo, el metrado de fallas que se adjuntan al presente trabajo, toma en cuenta los kilómetros en el que se hará los tratamientos Km. 57+000 al Km. 80+104.28.

Severidad de Falla: En vista de las variaciones de severidad que presentan los tipos de fallas, se ha descrito los diferentes niveles contemplados en el método para cada falla.

METODO DE EVALUACION DE PAVIMENTOS ASFALTICOS
INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO
Pavement Condition Index - PCI

El método de evaluación de pavimentos PCI, fue desarrollado por M.Y. Shahin y S.D. Khon y publicado por el Cuerpo de Ingenieros de la Armada de los Estados Unidos en el Reporte Técnico M-268 (1978).

El Objetivo de este estudio fue desarrollar un Índice de Condición de Pavimento (PCI) para carreteras, calles y estacionamientos para proveer al Ingeniero de:

1. Un método standard para evaluación de la condición estructural y de la superficie (operacional) de una sección del pavimento.
2. Un método para determinar necesidades de mantenimiento y reparación en función de la condición del pavimento.
3. Un método para determinar comportamiento mediante determinación continua del PCI.

El método determina el Índice de Condición del Pavimento (PCI) sobre la base de la información obtenida de una inspección visual del pavimento de la carretera.

Este índice ayuda al ingeniero en procesos de evaluación, determinación de labores y prioridades de mantenimiento y reparación.

Tipos de Falla: Cada falla en el pavimento evaluado debe ser clasificada dentro de los distintos tipos de falla descritos en el método (tabla1).

TABLA 1

**FALLAS CONSIDERADAS EN EL PCI
PAVIMENTOS FLEXIBLES**

FALLA N°	DESCRIPCION	UNIDAD
1	Grieta Piel de Cocodrilo	M2
2	Exudación de Asfalto	M2
3	Grietas de Contracción (Bloque)	M2
4	Elevaciones – Hundimientos	M
5	Corrugaciones	M2
6	Depresiones	M2
7	Grietas de Borde	M
8	Grietas de Reflexión de Juntas	M
9	Desnivel Calzada – Hombrillo	M
10	Grietas Longitudinales y Transversales	M
11	Baches y Zanjas Reparadas	M2
12	Agregado Pulidos	M2
13	Huecos	N°
14*	Cruce de Rieles	M2
15	Ahuellamiento	M2
16	Deformación por Empuje	M2
17	Grietas de Deslizamiento	M2
18	Hinchamiento	M2
19	Disgregación y Desintegración	M2

Nota: * Reemplazar por acceso a Puentes, Pontones y Rejillas de Drenaje.

2.1.1.3 EVALUACION DE LA RUGOSIDAD

La rugosidad de la superficie de un pavimento es una medida importante de la condición del camino y un factor clave para la determinación de los costos de operación vehicular.

En el presente estudio, la evaluación abarca los aspectos relacionados con la rugosidad de la superficie de la plataforma existente (Pavimento a nivel de Carpeta Asfáltica).

Previamente a las mediciones de la rugosidad se efectuó un reconocimiento del tramo, al igual que un censo general de las fallas más generalizadas de la superficie (Relevamiento de fallas), aquellas que influyen directamente sobre la magnitud de la rugosidad.

La evaluación superficial de la zona de estudio se realizó en el mes de Julio, fecha en que las precipitaciones pluviales no se dan permitiendo una transitabilidad adecuada.

La mayoría de datos de rugosidad que se recolecta a través del mundo, se obtienen mediante el uso de vehículos, en la que va adaptado equipos desde el más simple hasta el más sofisticado. En nuestro caso se ha empleado el equipo BUMP INTEGRATOR.

La medida obtenida mediante éste método depende de la calibración dinámica de un vehículo para proporcionar valores de rugosidad, para condiciones similares a los del Índice de Rugosidad Internacional (IRI).

Sin embargo; las propiedades dinámicas de cada vehículo son únicas y cambian con el tiempo, por lo que las mediciones directas deben ser corregidas mediante una ecuación de calibración, para convertirlas a la escala del IRI.

$$EIRI = 1.2 + 0.0024xV_R - 0.0000001xV_R^2$$

V_R : Velocidad de Viaje.

La velocidad de viaje se establece para condiciones de superficie seca, caminos rectos sin congestiones de tránsito, ésta velocidad puede variarse durante la inspección.

En nuestro caso la velocidad a nivel del pavimento asfáltico fue de 50 Km./h

La rugosidad se ha determinado para intervalos de 1 Km.

La determinación analítica de la Rugosidad se ha efectuado utilizando la expresión aproximada establecida por Sayers et al, que relaciona la Rugosidad con el Índice de Serviciabilidad; la correlación adoptada se desarrolló usando los datos obtenidos en el Ensayo Internacional sobre Rugosidad en Caminos, realizado en Brasil en 1982.

Se tiene así la expresión:

$$R = 5.5xLn\left(\frac{5.0}{SI}\right)$$

Donde:

R : Rugosidad, en IRI (International Roughness Index)

SI : Índice de Serviciabilidad

Ver los formatos del Anexo en las que se presentan los Resúmenes de Valores IRI (m/Km.), Obtenidos en el Tramo: Lima - Canta, Km. 0+000 - Km. 80+104.28, en pavimentos a nivel de Asfalto.

El estado superficial o Transitabilidad según los valores IRI, a nivel de Pavimento Asfáltico, se ha clasificado de acuerdo a la siguiente Tabla:

<u>IRI</u>	<u>ESTADO</u>
< 3	Bueno
3 - 4	Regular
4 - 6	Malo
6 - 10	Pésimo

2.1.2 EVALUACION DEFLECTOMETRICA

2.1.2.1 ESTACADO

La actividad del estacado en la carretera Lima - Canta, se ha realizado teniendo en cuenta y tomando como el 0+000 la intersección del Jr. Miguel Iglesias y la Av. Tupac Amaru. En el distrito de Carabayllo.

El estacado se ha realizado cada 100 m. con pintura amarillo caterpillar, con la finalidad de ejecutar medidas de Deflexiones en cada carril.

Se respetaron los hitos kilométricos para toma de lecturas de la rugosidad acumulativa por Km. a lo largo de todo el tramo en estudio.

Se respetaron los hitos kilométricos para realizar el Relevamiento de fallas a lo largo de todo el tramo en estudio.

2.1.2.2 IDENTIFICACION DE FALLAS EN EL AREA DE INFLUENCIA.

La identificación de las fallas existentes en cada área de estación de medida se ha realizado de acuerdo a la magnitud de la manifestación superficial del pavimento, por tipo y severidad de las fallas según el INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO (PCI).

2.1.2.3 MEDIDA DE LOS AHUELLAMIENTOS

Los ahuellamientos se han medido a fin de observar las depresiones en las huellas de canalización del tránsito, que con el tiempo se convierten en deformaciones permanentes.

La magnitud de los ahuellamientos nos da un indicativo del comportamiento de la mezcla asfáltica existente (mala o buena), frente al uso indiscriminado del tránsito pesado, etc.

Se ha medido el ahuellamiento cada 100 m., en la huella externa de cada carril. Para las medidas se utilizó una regla metálica de 1.20 m, que se coloca transversal al sentido de la carretera y una cinta metálica de 2.00 m., con aproximación al milímetro para medir la profundidad del ahuellamiento.

2.1.2.4 MEDIDA DE LA TEMPERATURA

La medida de la temperatura ambiente y de la Carpeta Asfáltica se ha realizado cada media hora, con la ayuda de un Termómetro con lecturas de -10°C a $+100^{\circ}\text{C}$, con la finalidad de corregir la medida de deflexión recuperable por efecto de la temperatura de la carpeta asfáltica existente.

La medida de las temperaturas se puede observar en los Cuadros de Registros Termométricos.

2.1.2.5 MEDIDA DE LAS DEFLEXIONES

El ensayo para la medición de una deflexión es en esencia un "ensayo de carga", en el cual el pavimento al ser solicitado por el peso de la llanta de un camión, sufre una deformación o deflexión, que es susceptible a ser medida.

La medida de las deflexiones se efectuó mediante la viga Benkelman que es un dispositivo mecánico que mide los desplazamientos de un punto de contacto colocado entre las ruedas duales de un camión, bajo el eje de carga, con una determinada presión de inflado de los neumáticos y una carga preestablecida en el eje; es decir, se mide la flecha máxima de la línea de deformación bajo una carga constante.

Está constituida por una palanca de gran longitud, que pivotea alrededor de un eje de rotación horizontal, situado en un punto fijo, que divide la palanca en dos brazos desiguales, generalmente en la relación 4:1. En uno de los extremos de la palanca, que corresponde al brazo de mayor longitud, se encuentra la punta de prueba, diseñada para situarse entre las llantas de la rueda dual. En el otro extremo se sitúa el palpador de un extensómetro, soportado por un bastidor independiente de la palanca.

El Deformímetro es de alta precisión graduado en unidades de 10^{-2} mm. la Carga de ensayo, del orden de 8,100 Kg. lo proporciona el eje posterior simple de llanta doble de un camión. La presión de inflado de las llantas debe verificarse entre 75 y 85 psi. Eventualmente la carga usada en los ensayos puede tener una magnitud diferente, lo cual puede influir en los resultados según sea el método de análisis empleado.

Los desplazamientos de los extremos de la palanca son registrados a través del extensómetro, guardando lógicamente la misma relación que los brazos de la misma.

La viga se apoya en dos patas delanteras y una trasera de posición regulable. Un pequeño vibrador asegura un estrecho y continuo contacto entre el extensómetro y la palanca, un volante permite trabar la palanca, para el transporte de la viga.

El deflectómetro Benkelman, de acuerdo a procedimientos estandarizados, no mide la deformación del pavimento en forma directa sino a través de la recuperación que este experimenta, durante un proceso de descarga generado al desplazarse la carga (llanta doble), fuera del punto de aplicación inicial o de reflexión máxima, siendo posible así definir una "curva de deflexiones" tomando varias lecturas con el deformímetro, conforme la carga se encuentre, en su trayectoria de alejamiento, a diferentes distancias del punto de aplicación inicial, las figuras ilustran gráficamente los aspectos relacionados con la medición de deflexiones con la Viga Benkelman.

La viga doble cuenta con dos palancas en un mismo bastidor, se trata de dos vigas desplazadas 0.25m. una de otra, de manera que, cuando la punta de prueba de la viga 1, o principal, se sitúa entre las llantas de la rueda dual, la correspondiente a la viga 2 queda ubicada a 25 cm. de aquella. La ventaja radica en que permite la determinación simultánea de la deflexión en el punto de aplicación de la carga y a 25 cm. de la misma, siendo de gran utilidad para una mejor caracterización del pavimento.

Las medidas de deflexiones se han realizado de la siguiente forma:

Cada 100 m. desde el Km. 0+000 al 56+400, y cada 200 m. desde el Km. 56+400 al 80+400 en ambos carriles, que hacen un total de 1,370 estaciones y 8220 medidas (6 medidas por estación). Anexo N°02.

2.1.3 PROCESAMIENTO DE DATOS

Para facilitar el análisis de los numerosos datos obtenidos en los ensayos de deflexiones, los procedimientos de cálculo han sido computarizados a través de algoritmos matemáticos, desarrollado en base a los conceptos que sustentan la teoría de modelos multicapa elástico.

La base matemática para la evaluación estructural de pavimentos, la constituye el modelo multicapa elástico-lineal conocido como el "Modelo de Hogg", que es el instrumento teórico usado para la interpretación de las curvas de deflexiones. En este modelo la capa del pavimento está caracterizada por la placa de espesor delgado y con una cierta rigidez a la flexión, mientras que la Subrasante está representada por un medio elástico, lineal, homogéneo e isotrópico, limitado a una cierta profundidad por un plano o "estrato" de gran rigidez.

El procedimiento de interpretación consiste básicamente en comparar la curva de deflexiones medidas, con las curvas de deflexiones teóricas obtenidas "cargando" el modelo de Hogg con la misma configuración y magnitud de carga utilizada en los

ensayos de campo. La concordancia entre una curva experimental con alguna de las teóricas, corresponde generalmente a una única combinación de parámetros elásticos del modelo, que de esa manera pasan a caracterizar al pavimento evaluado.

El método se complementa, a partir de este punto, con conceptos de otros modelos de capas elásticas, así como los resultados de la investigación desarrollada para correlacionar los valores teóricos con los ensayos de campo y laboratorio.

Los datos de entrada para el procesamiento son:

- a) El nombre del proyecto
- b) La fecha de realización de los ensayos
- c) La carga de ensayo por llanta doble (P)
- d) La presión de inflado de las llantas (PR)
- e) El tipo de pavimento evaluado.
- f) La profundidad del plano rígido o capa rocosa en el Modelo Hogg (H/LO)
- g) El coeficiente de Poisson de la Subrasante (μ).
- h) La distancia radial R_i , en la que se realizan las mediciones adicionales a la deflexión máxima
- i) El espesor total de la capa de pavimento (HC)
- j) El factor utilizado para el cálculo del CBR en relación con el Modulo de Elasticidad
- k) Los valores de las deflexiones, máxima (DO) adicionales a una distancia R (DR).

2.1.4 ANALISIS DE LOS RESULTADOS

El análisis de los resultados representa el vector de entrada para el diseño de las necesidades de refuerzo. En este proceso la definición de zonas de “características similares”, caracterizadas por valores típicos de los parámetros de evaluación, constituye un aspecto primario para la interpretación de la información.

Los resultados que se obtienen del procesamiento de datos son:

- a) La estación de ensayo y las deflexiones medidas. Máxima (DO) a la distancia R (DR)
- b) La longitud característica del pavimento (LO)
- c) El modulo de elasticidad de la Subrasante (EO)
- d) El CBR de la Subrasante
- e) El modulo de elasticidad de la capa de pavimento (E^*), con espesor HC
- f) La relación modular E^*/EO , y
- g) El espesor equivalente del pavimento (HEQ)

La longitud característica del pavimento (LO), es por definición un parámetro que refleja la rigidez relativa entre un pavimento y su Subrasante. Por tratarse de una relación de

rigideces, el valor de LO permite una rápida evaluación cualitativa del sistema pavimento-subrasante. Para condiciones similares de Subrasante, por ejemplo, un pavimento se asumirá de mejores características cuando mayor LO tenga.

El parámetro EO representa el modulo de elasticidad de una masa de subsuelo que participa en la deformación del sistema pavimento-subrasante. A pesar que el modulo EO es una característica mecánica fundamental, para facilitar los diseños de refuerzos o chequear el diseño de pavimento, se ha establecido una relación entre este valor y el valor del CBR de la Subrasante, ya que la mayoría de métodos de diseño requieren como dato de entrada a esta ultima variable

El valor E^* representa un modulo de elasticidad equivalente o representativa de todas las capas del pavimento, con un espesor total de HC. El HC usado en el procesamiento de datos influye fundamentalmente en el valor E^* , de manera que, cuando menor sea el valor HC, mayor es el valor E^* calculado. En cierta medida, el valor E^* (o el cociente E^*/EO) también, depende del CBR de la Subrasante.

La relación modular E^*/EO , es el valor que representa el grado de coherencia estructural que posee la capa de pavimento respecto de la Subrasante. Una comparación entre los valores de diseño obtenidos con el método del CBR y los valores correspondientes a un modelo multicapa elástico, revela que el modelo de capas debe guardar una relación modular E^*/EO entre 2 y 4 para que la Subrasante este protegida adecuadamente contra fallas de corte. E^*/EO , como parámetros de evaluación, depende del CBR de la Subrasante y debe ser mayor cuando menor sea aquel.

En consecuencia, relacionando los valores de los parámetros CBR y E^*/EO para un caso particular, el espesor HC podrá ser considerado mayor o menor que el espesor real existente, en la medida que el cociente modular, evaluado por medio de la curva de deflexiones, satisfaga o no la relación modular de diseño. Este mayor o menor espesor calculado se denomina espesor equivalente (HEQ).

En un caso de evaluación, asignar al pavimento existente un valor mayor que su espesor real HC es equivalente a dar crédito a su buena condición estructural, con la beneficiosa consecuencia de tener que usar un menor espesor de refuerzo.

2.1.5 APORTE ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO

La determinación del aporte estructural del pavimento existente representa el ultimo paso del proceso de evaluación. Como tal, en el convergen los resultados provenientes de la interpretación y análisis de toda la información obtenida en el programa de deflexiones, cuya síntesis final se traduce en la obtención del espesor equivalente HEQ, que caracteriza el pavimento, y que será finalmente el indicador de la necesidad de refuerzo.

2.2.0 TRABAJOS REALIZADOS

2.2.1 ESTACADO

El estacado se ha realizado cada 100 y 200 m. con pintura color amarillo caterpillar, con la finalidad de ejecutar medidas de Deflexiones en cada carril.

Se respetaron los hitos kilométricos para toma de lecturas de la rugosidad acumulativa por Km. a lo largo de todo el tramo en estudio.

Se respetaron los hitos kilométricos para realizar el Relevamiento de fallas a lo largo de todo el tramo en estudio.

2.2.2 RELEVAMIENTO DE FALLAS

Para una determinación precisa del Índice de Condición del Pavimento (PCI) debe realizarse una inspección cuidadosa del pavimento a fin de determinar los tipos de falla, su cantidad y severidad.

El procedimiento realizado ha sido, dividir la sección del pavimento en unidades de aproximadamente 225 m² cada una. El procedimiento requiere evaluar todas las unidades; cada unidad es cuidadosamente inspeccionada y los datos referentes a cada tipo de falla son anotados en la planilla de evaluación.

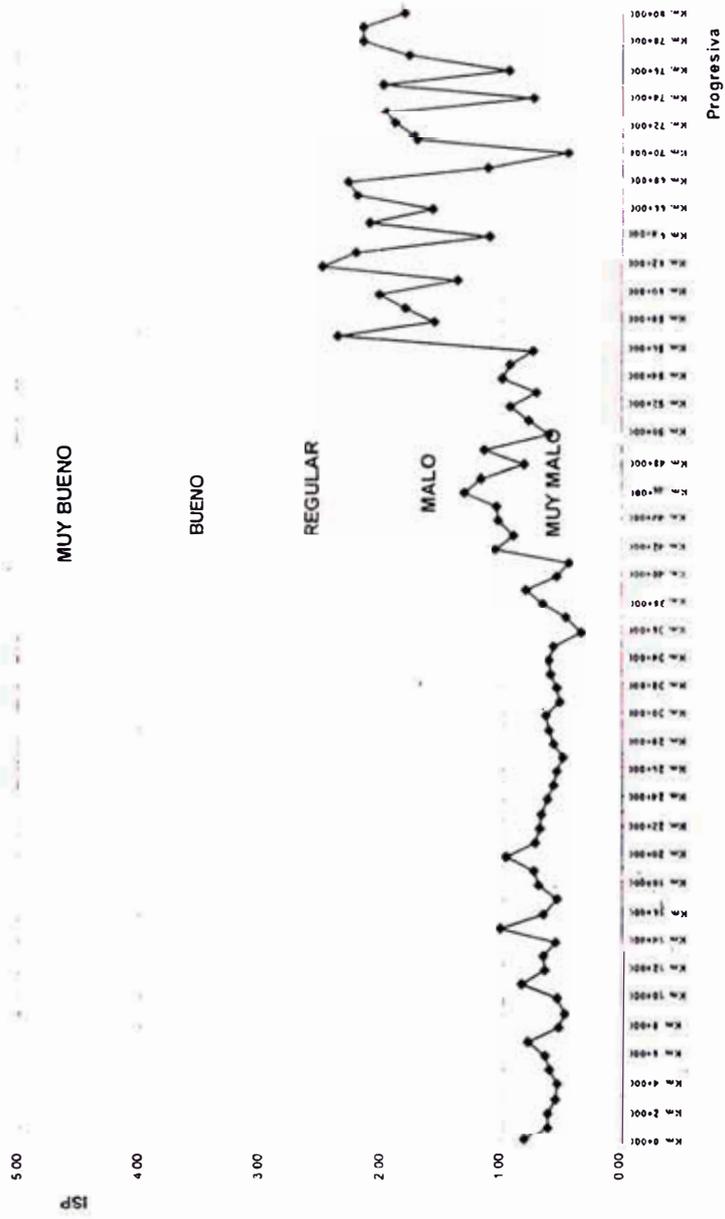
En todo el tramo se ha tomado como sección de pavimento un Kilómetro de longitud, y de 7.20 m. de ancho, éste a su vez se ha dividido en 34 unidades de 30 m c/u, determinándose el PCI para cada unidad.

2.2.3 EVALUACION DE LA RUGOSIDAD

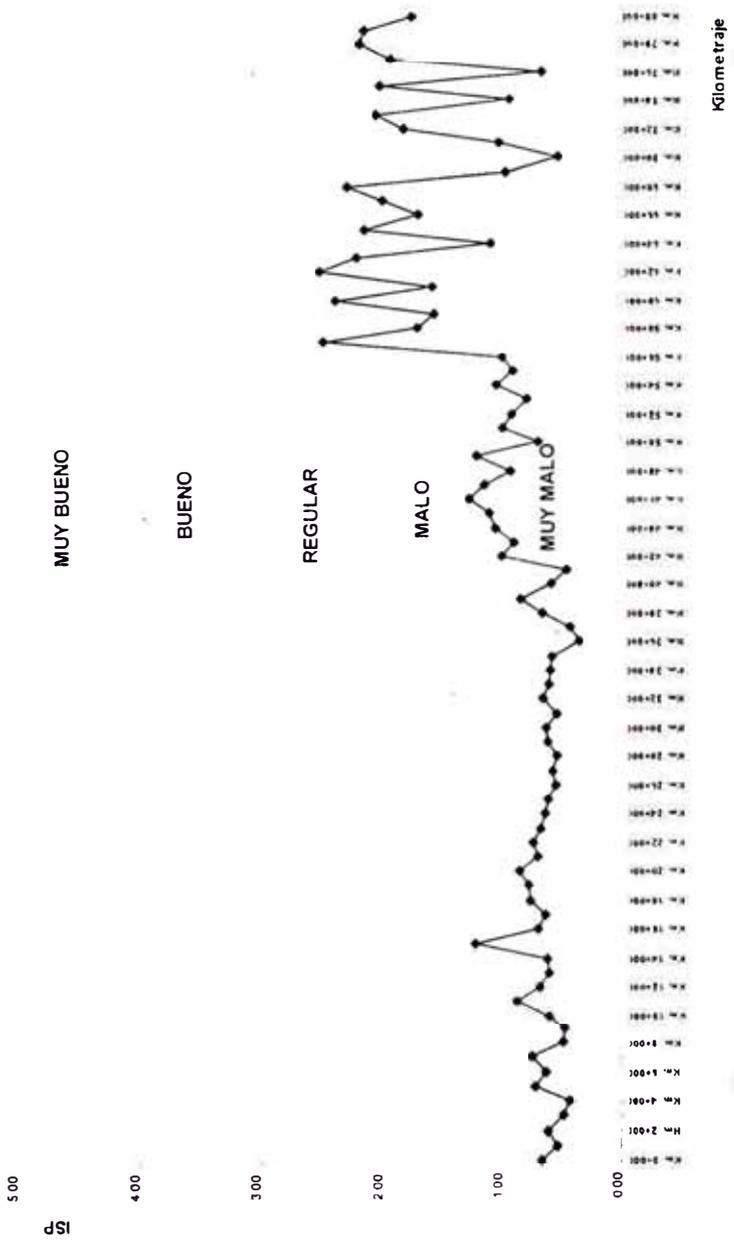
Las medidas de las Rugosidades se han realizado a lo largo de toda la carretera y en ambas vías con la ayuda del equipo denominado BUMP INTEGRATOR que va integrado a una camioneta, tomando la medida acumulativa cada 1000 m. Ver Anexo N°03.

El estado superficial o Transitabilidad del Tramo: Lima - Canta, Km. 0+000 - Km. 80+400, se resume de la siguiente forma:

CARRERA LIMA - CANTA
EVALUACION DE LA RUGOSIDAD ISP
 (Indice de serviciabilidad Presente)
 (Km 0+000 al Km 81+000)
 Carril Derecho



CARRETERA LIMA - CANTA
 EVALUACION DE LA RUGOSIDAD ISP
 (Indice de Serviciabilidad Presente)
 (Km 0+000 al Km 81+000)
 Carril izquierdo



Carril Derecho

<u>Cantidad de Km.</u>	<u>% del Total de Km.</u>	<u>Transitabilidad</u>
47.000	58.4	PESIMO
22.400	27.9	MALO
<u>11.000</u>	<u>13.7</u>	REGULAR
80.400	100%	

Carril Izquierdo

<u>Cantidad de Km.</u>	<u>% del Total de Km.</u>	<u>Transitabilidad</u>
47.000	58.5	PESIMO
24.400	30.3	MALO
<u>9.000</u>	<u>11.2</u>	REGULAR
80.400	100%	

Ver Anexo N°04.

2.2.4 MEDICION DE DEFLEXIONES

Con la finalidad de obtener información requerida para la evaluación estructural del pavimento se realizo un programa de ensayos de medición de deflexiones, tomando en cuenta experiencias de trabajos similares, así como las características propias de la estructura en estudio.

Los ensayos fueron realizados en el mes de Mayo y Junio de 1998 utilizando para ello el siguiente equipo:

- a) Deflectometro Viga Benkelman doble, con relación de brazo 1:4.
- b) Deformímetros Soiltest HT-300M, con dial de lectura de 0.01mm de precisión.
- c) Camión volquete con eje trasero simple de llantas dobles, aplicando una carga de 8,570 kg. con una presión de inflado de 80 psi.
- d) Balanza para pesado de camiones.
- e) Regla paralela de 1.20 m. de longitud.
- f) Accesorios de medición y herramientas.

Se definieron dos líneas de medición, longitudinalmente al eje de la vía, una en el carril derecho y otra en el izquierdo, a 0.60 m. aproximadamente del borde de la carpeta asfáltica, a lo largo de cada línea se realizaron mediciones en estaciones a cada 100 y 200 m, desfasándose 100 m. estos últimos, de tal manera de obtener información a cada

100 m. de pista efectuándose un total de 20 y 10 mediciones por kilometro en el primer y segundo caso respectivamente.

En total se realizaron 8,220 mediciones en 1,370 secciones de ensayo, en cada sección se determinó una curva de deflexiones tomando lecturas a 0, 25, 40, 75, 100 cm del punto de máxima deflexión, y a 25 cm. con el segundo brazo para la determinación del Radio de Curvatura para el método CONREVIAl.

Los datos obtenidos fueron cuidadosamente registrados e identificados. Asimismo se realizaron mediciones adicionales a fin de comprobar los resultados dudosos o de magnitud inesperada. Las lecturas obtenidas en el dial del deformímetro de la viga Benkelman se presentan en Anexo N°02.

El número de estaciones y medidas de deflexiones obtenidas en campo son las siguientes

- Carril Derecho:
 - 685 estaciones
 - 4,110 medidas
- Carril Izquierdo:
 - 685 estaciones
 - 4,110 medidas

Haciendo un total de 8,220 mediciones.

Se tomó la temperatura ambiente y la temperatura de la carpeta asfáltica con un termómetro de escala -10°C a +100°C, un cincel para ejecutar orificios en el pavimento de 4 a 5 cm. de profundidad y un bidón de agua.

Los valores de Radio de Curvatura se calcularon con la siguiente fórmula:

$$R = \frac{6250}{2(D_0 - D_{25})}$$

Donde:

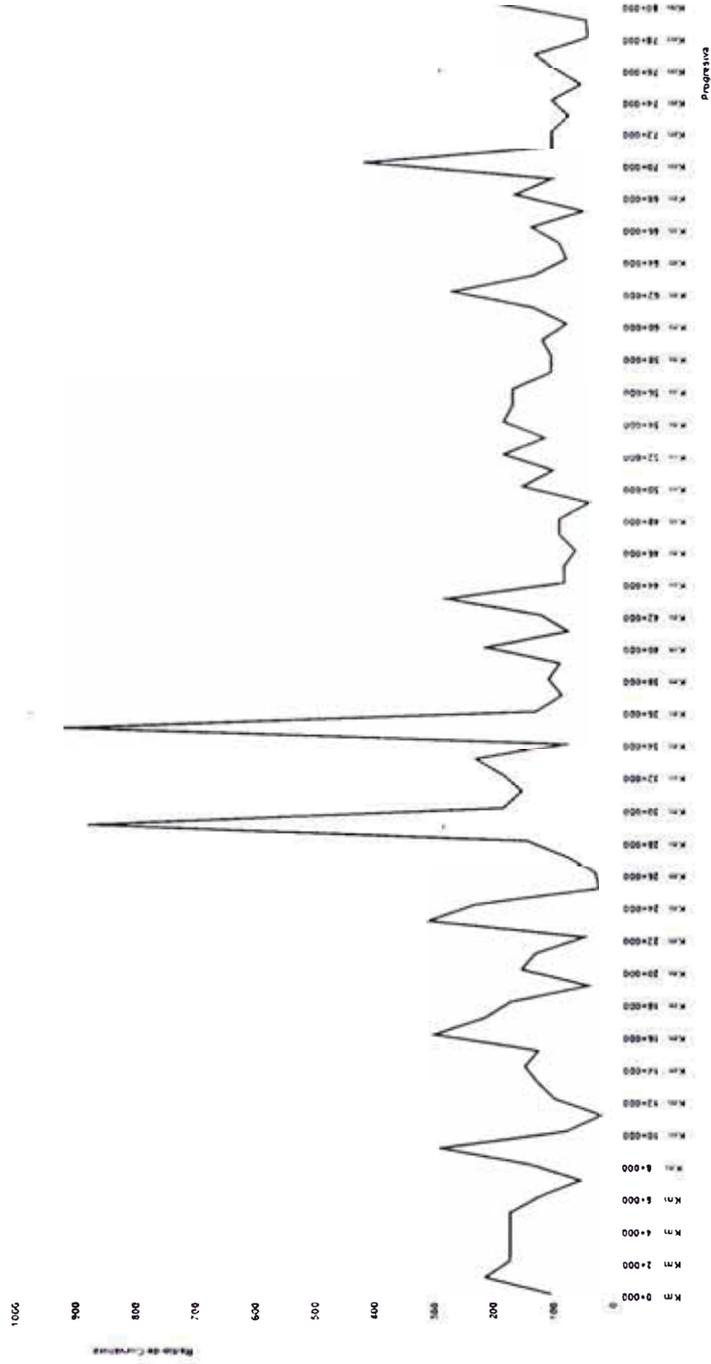
- R : Radio de Curvatura (m.)
- D_0 : Deflexión Característica (0.01 mm.)
- D_{25} : Deflexión a 25 cm. (0.01 mm.)

En el método Elástico se han obtenido parámetros mediante un programa de cómputo para pavimentos flexibles en cada estación de prueba.

En los Anexos adjunto al trabajo se muestran los formatos donde se plasman las medidas de las deflexiones de cada kilometro, las deflexiones corregidas, los Radios de Curvatura y los Deflectogramas.

REHABILITACION Y CONSERVACION
CARRETERA LIMA - CANTA - CERRO DE PASCO
TRAMO : LIMA - CANTA
KM. 0+000 - KM 80+000

RADIOS DE CURVATURA
 Tramo LIMA - CANTA
 (Carril Derecho)



2.2.5 PROGRAMA AUXILIAR DE EXCAVACION DE CALICATAS

Como parte de la evaluación de la condición general del pavimento y para obtener información adicional que permita la completa caracterización de los materiales de la Subrasante y el pavimento, así como para realizar la calibración de los resultados obtenidos en los ensayos de deflexiones, se efectuó la revisión de toda la información existente de obra sobre ensayos de laboratorio, y que llevo a cabo un programa de excavación de calicatas a fin de determinar la composición del pavimento y proceder a la medición de espesores, efectuándose un numero limitado de ensayos de densidad de campo y mediciones de temperatura de la carpeta asfáltica.

Las calicatas se ubicaron a ambos lados del pavimento, a intervalos variables, las profundidades alcanzadas en las perforaciones también son variables. Cuando se realizaron ensayos in-situ de densidad, y cuando únicamente se determino la composición y dimensiones de las capas del pavimento.

2.3.0 RESULTADOS OBTENIDOS

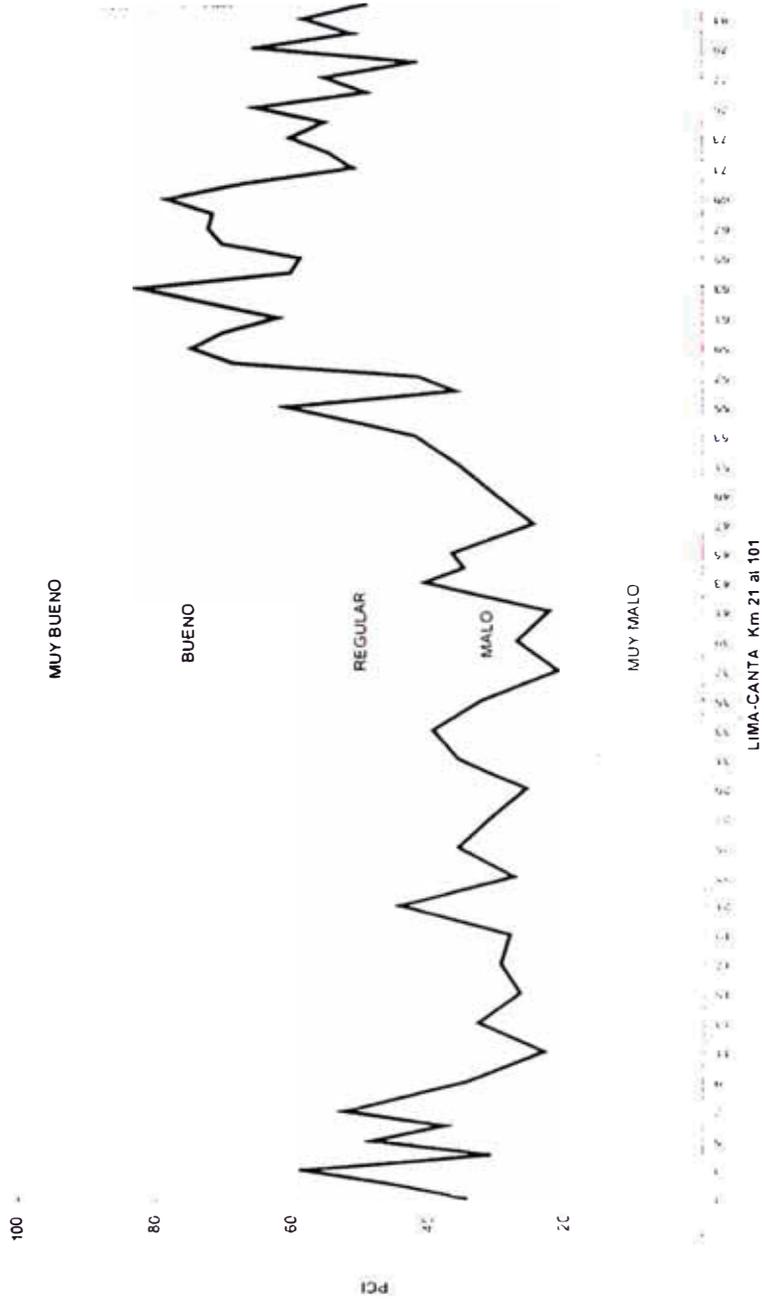
2.3.1 CONDICION DE LA SUPERFICIE DEL PAVIMENTO

El pavimento del sector en estudio presenta zonas con diversos grados de deterioro, las cuales van desde tramos en donde el pavimento mantiene una cierta integridad hasta tramos donde esta parcialmente destruido, Haciendo una estimación bastante general de la condición del pavimento evaluado, se puede concluir que un 40% del tramo total mantiene condiciones aceptables de transitabilidad, mientras, que un 20% presenta un estado de conservación tal que no ofrece condiciones mínimas para una transitabilidad rápida y segura, incluyendo puntos críticos donde el pavimento se encuentra virtualmente destruido y la transitabilidad es prácticamente nula.

La carpeta asfáltica presenta, en general, deficiencias debido al largo periodo de servicio brindado, siendo los mas frecuentes: desintegración de los bordes, fisuramiento "piel de cocodrilo", fisuramiento longitudinal y transversal, ondulaciones y ahuellamientos. Sin embargo, hay sectores en donde se ha efectuado labores de mantenimiento y/o rehabilitación, no observándose un estado de deterioro serio.

A pesar de los signos de deterioro que presenta y al escaso espesor que tiene el pavimento, HC=25-30 cm en promedio, lo que hace que de por si sea una estructura débil, es necesario señalar su contribución potencial como integrante de la "estructura de refuerzo" no solo por el grado de consolidación que ha alcanzado a través de los años y por su papel de elemento confinante del suelo de fundación, el que presenta condiciones poco favorables de trabajabilidad, sino también por las connotaciones de tipo económico que de por si son determinantes. Es importante remarcar, en ese contexto, el valor

**RELEVAMIENTO DE FALLAS LIMA-CANTA
INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO (PCI)**



EL relevamiento de fallas se efectuó tomando en cuenta el kilometraje de los hitos actuales de la carretera. El km 0+000 del proyecto corresponde al km 21+058 de la carretera actual de Lima a Canta.

EVALUACION SUPERFICIAL DE PAVIMENTOS FLEXIBLES
 INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO (PCI)
METRADO DE FALLAS

RED VIAL N° 5
 CARRETERA LIMA - CANTA.
 (Km 0+000 a Km 61+000)

CLASIFICACION SEGUN CONVENIAL

I A	Deformaciones	4.5,6,9,15,16,18
II B	Fisuras y Agrietamientos	1,3,7,8,10,14,17
III C	Disgregaciones	12,13,19
IV D	Exudaciones	2
V E	Baches y Zanjas Reparadas	11

N°	TIPO DE FALLAS DESCRIPCION	UNID
1	Piel de Cocodrilo	m2
2	Exudacion del Asfalto	m2
3	Grieta de Contracción (Bloque)	m2
4	Elevaciones - Hundimientos	ml
5	Corrugaciones	m2
6	Depresiones	m2
7	Grietas de Borde	ml
8	Grietas de Reflexion de Juntas	ml
9	Desnivel Calzada-Hombrito	ml
10	Grietas Longitudinales y Transversales	ml
11	Baches y Zanjas Reparadas	m2
12	Agregados Pulidos	m2
13	Huecos	N
14	Acceso a Puentes	m2
15	Ahuellamientos	m2
16	Deformaciones por Empuje	m2
17	Grietas de Deslizamiento	m2
18	Hinchamiento	m2
19	Disgregaciones y Desintegraciones	m2

SEVERIDAD	
L	Bajo
M	Medio
H	Alto

DEL KILOMETRO 0+000 AL KILOMETRO 81+000

TOTAL	L	11468	5	3691	2509	36024	0	1048	0	0	2532.2	3249	0	5643	38	589.1	0	553	0	217890
M	1784	0	484	77.8	5263	0	319	0	0	372.3	19.1	26	643	0	22815	354	33.2	0	121056	
H	48072	0	247	349	20.4	5	45.9	0	0	163.2	20.4	0	533	0	339.2	0	576	0	80566	
It	61325	5	4423	2936	41307	5	1413	0	0	3067.7	3289	26	6819	38	23743	354	1163	0	419512	
TOTAL																				
569425																				

solo una via

	total	densid
I A	Deformaciones	4.5,6,9,15,16,18
II B	Fisuras y Agrietamientos	1,3,7,8,10,14,17
III C	Disgregaciones	12,13,19
IV D	Exudaciones	2
V E	Baches y Zanjas Reparadas	11
TOTAL		569425

estructural de la carpeta asfáltica en contraposición a la pobre performance de la capa de base, en la parte final del tramo en estudio.

2.3.2 PERFIL ESTRATIGRAFICO DEL TERRENO

La información obtenida en los trabajos de campo y los resultados de los ensayos de laboratorio permiten inferir sobre las características de los suelos de Subrasante. Los resultados de los ensayos de laboratorio, en cuanto a la clasificación y plasticidad de los materiales de Subrasante, son concordantes con la naturaleza y origen de los suelos encontrados.

EVALUACIÓN DEL SUBSUELO.

El subsuelo se estudió mediante la ejecución de 164 calicatas (*pozos a cielo abierto*) ubicadas a la derecha o izquierda de la pista existente, distanciadas entre 40 m y 820 m, con una profundidad variable que oscila entre 1.10 m y 2.00 m.

Las muestras tomadas se analizaron en el laboratorio de Alpha Consult S.A. para determinar las propiedades índices y geotécnicas de los suelos y su resistencia a la penetración mediante el ensayo Relación Soporte California (CBR).

Los ensayos especiales en suelos de Cantera se realizaron en el Laboratorio N° 2 de Mecánica de Suelos de la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI) y los ensayos para determinar sus propiedades químicas en los laboratorios "Lasa" Ingenieros.

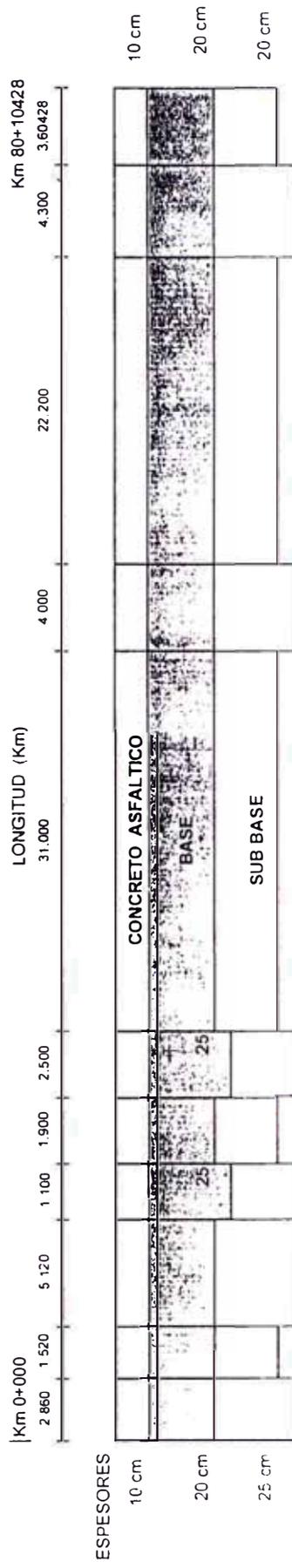
La capa superior del terreno en las zonas adyacentes a la pista existente es generalmente material de relleno compuesto por limo o arena arcillosa (tierra de cultivo con desperdicios en algunas zonas), y en las zonas de terraplenes material de afirmado (grava angulosa arenosa). Por debajo de la pista actual la capa superior del terreno está conformada por la base y/o sub-base del pavimento existente.

A mayor profundidad el suelo natural presenta características diversas desde suelos granulares (gravas y arenas con diferentes porcentajes de limo o arcilla), que pasan la malla N° 200 desde 2.1% hasta 29.3% e índices de plasticidad entre NP (*no plástico*) hasta 11% y suelos limo arenosos, limosos y arcillosos que se encuentran en pocas zonas y que pasan la malla N° 200 desde 50.9 % hasta 79.7% con excepción de la zona Huanchipuquio que tiene 90.2%, e índices plásticos desde 3.0% hasta 28.1%. Esto indica que para el diseño del pavimento, la carretera se puede dividir en 3 agrupaciones: una que considera el suelo gravoso -arenoso o limoso y/o rellenos pequeños con material granular de préstamo; otra de suelos naturales mayormente limosos - arcillosos y una tercera con rellenos mayores de material grava arenoso de préstamo de cantera.

Los grupos de sub-tramos I, II y III que se indican en el cuadro N° 1 corresponden a un análisis de suelos tomando en cuenta el trazo del proyecto de la

CARRETERA LIMA - CANTA

PERFIL DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO



carretera Lima- Canta y la ubicación de la capa de sub-rasante, la cual puede estar comprendida en el terreno natural o en el terraplén para elevar la plataforma.

CUADRO N° 1

Grupos de Subtramos	Progresiva (Km.)	Clasificación de suelos *
I	2 + 860 al 4 + 380 10+ 600 al 12 + 500 15+ 000 al 46 +000 50 +000 al 72 +200 76+500 al 80+104.28	A-1-a (0) A-1-b(0) A-2-4 (0) A-2-6(0) A-4 (0,8) A-6 (0,12)
II	0 +000 al 2+860 4 + 380 al 9+500 10 +600 al 12+500 46+000 al 50 +000 72+200 al 76 +500	A-1-a (0) A-1-b (0) A-2-4 (0) A-2-6 (0) A-4 (0,8) A-6 (0,12)
III	9+500 al 10+600 12+500 al 15+000	A-1-a(0), A-1-b(0) A-2-4 (0), A-2-6 (0) A-3 (0) A-4(0,8)
Puentes	Pucará 37+551a 37+599 Alcaparosa 38+153 a 38+201 La Cabaña 41+671 a 41+719 Arahuay 42 +953 a 43+002 Apán 50+486 a 50+527 Pocta 54+641 a 54+689	

* Con incidencia hasta 1 m de profundidad a partir de la Subrasante

Se efectuará el mejoramiento del terreno con material granular de cantera en un 30% y compactándolo al 95% de la Máxima Densidad Seca del Proctor Modificado, en las zonas que se indican en el cuadro siguiente:

CUADRO N° 2

Mejoramiento Progresiva (Km.)	Observaciones
0+000 al 2+600 9+500 al 10+600 14 +400 al 15 +820 22 +000 al 22 +600 34 +000 al 34 +600 67 +650 al 67 +980	1. - Los mejoramientos considerados son por localización de materiales de relleno en el subsuelo o presencia de suelos arcillosos o arcillo limosos.

2.3.3 RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE DEFLEXIONES

Los datos de campo provenientes directamente de las lecturas en el dial del Deformimetro, se convierten a unidades de reflexión(10-2mm) permitiendo calcular rápidamente el valor de la reflexión máxima en cada sección, y los valores de las deflexiones adicionales utilizadas para caracterizar las "Curvas de Deflexiones".

El valor de la reflexión máxima tiene relación con la resistencia del suelo de Subrasante, por lo que de su magnitud se puede inferir "a priori" sobre la resistencia o soporte de dicha capa. Un valor "bajo" de la reflexión máxima expresa buen comportamiento del suelo; valores "altos" determinan lo contrario. Sin embargo, el valor de la reflexión máxima que se obtenga dependerá de la magnitud de la carga empleada durante los ensayos, por lo que el análisis para un caso particular sera relativo a las características propias de dicho caso. Esta situación es fundamental para los métodos de análisis empírico, para los cuales la carga debe ser estandarizada.

Cuando el método de análisis tiene base racional, mecanística o matemática, no cuenta tanto la magnitud de la Reflexión cuanto la forma de la deformada, por lo que la magnitud de la carga puede resultar intrascendente siempre y cuando se tenga en cuenta la tendencia no-lineal de los suelos estudiados.

Los resultados de la Deflexiones Máximas (DO) encontrados en los ensayos efectuados, guardan relación con los valores obtenidos en experiencias correspondientes a suelos y condiciones de ensayo similares, realizadas en el país. Los deflectogramas muestra el conjunto de valores medidos para la totalidad del tramo. Se puede observar que la magnitud de la reflexión varia entre valores tan bajos como $DO=0.012$ cm. y tan altos como $DO=0.372$ cm, estando el promedio entre 0.063 cm. Los valores "altos" de Deflexiones encontrados están asociados con deficiencias en el suelo de Subrasante (baja densidad, alto contenido de humedad), o con la pobre la calidad de los materiales (suelos finos, plásticos). Los valores "bajos" corresponden a zonas de confinamiento

(cortes cerrados), lugares con presencia de roca o terraplenes bien conformados con materiales granulares bien graduados.

Es importante mencionar los resultados obtenidos en la sección comprendida entre el Km. 56+200 y Km. 80+000, zona que fue reconstruida en el año 1997. Las deflexiones máximas observadas, al final de este tramo son notablemente reducidas, no pareciendo existir condiciones topográficas o geológicas disimiles con las secciones contiguas que justifiquen los resultados, por lo que se infiere una relación con la calidad de los materiales y con los procesos constructivos. Por otro lado, los resultados encontrados en mediciones efectuadas en zonas de corte en roca, si bien son bajas, no lo son tanto como lo esperado para una Subrasante de roca viva, por lo que se infiere sobre una no muy buena calidad de la capa de pavimento.

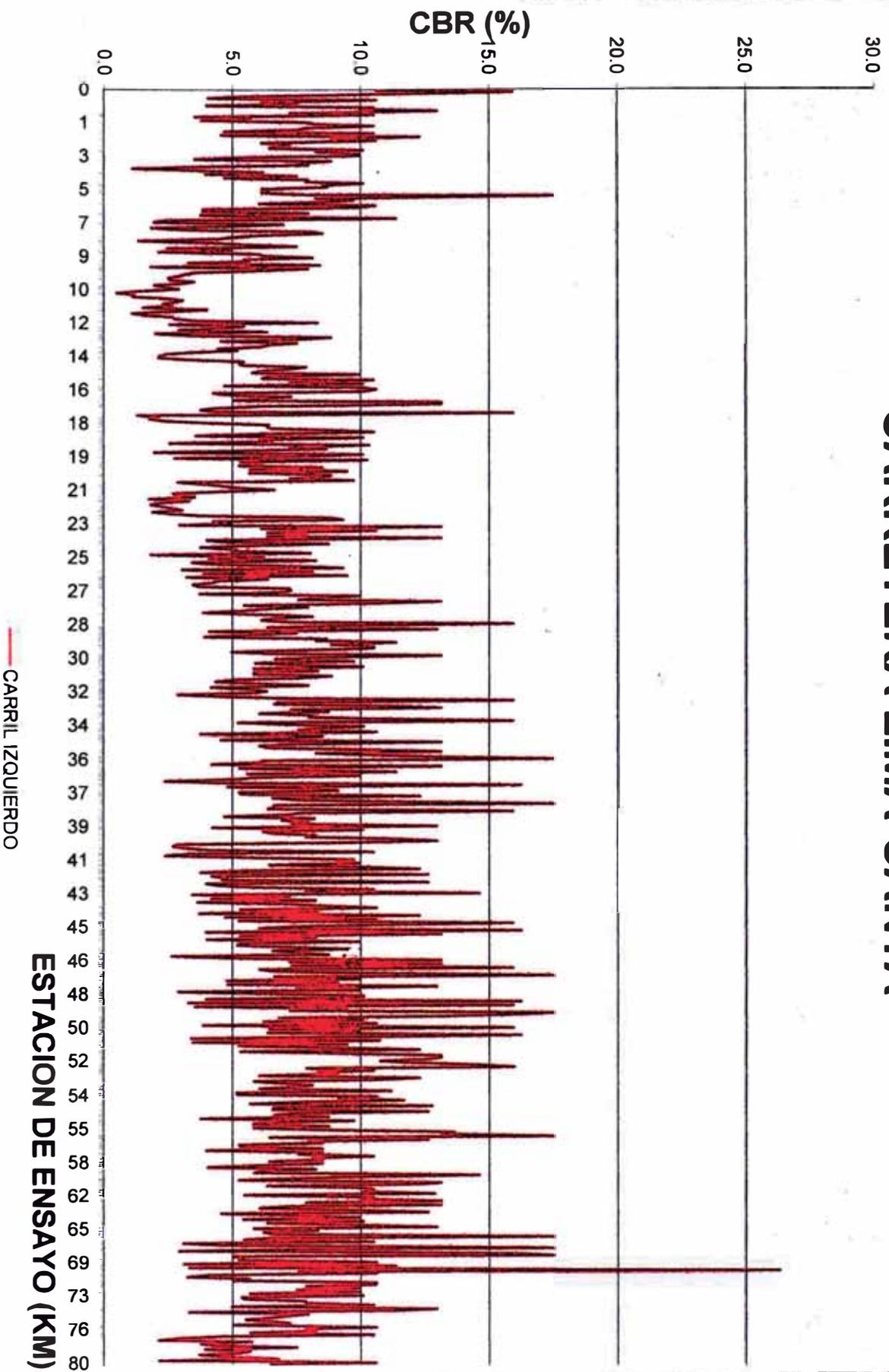
2.3.4 RESULTADOS DEL PROCESAMIENTO DE DATOS

Los datos de entrada proporcionados al computador para la ejecución del programa de análisis, en concordancia con la metodología referida anteriormente, son:

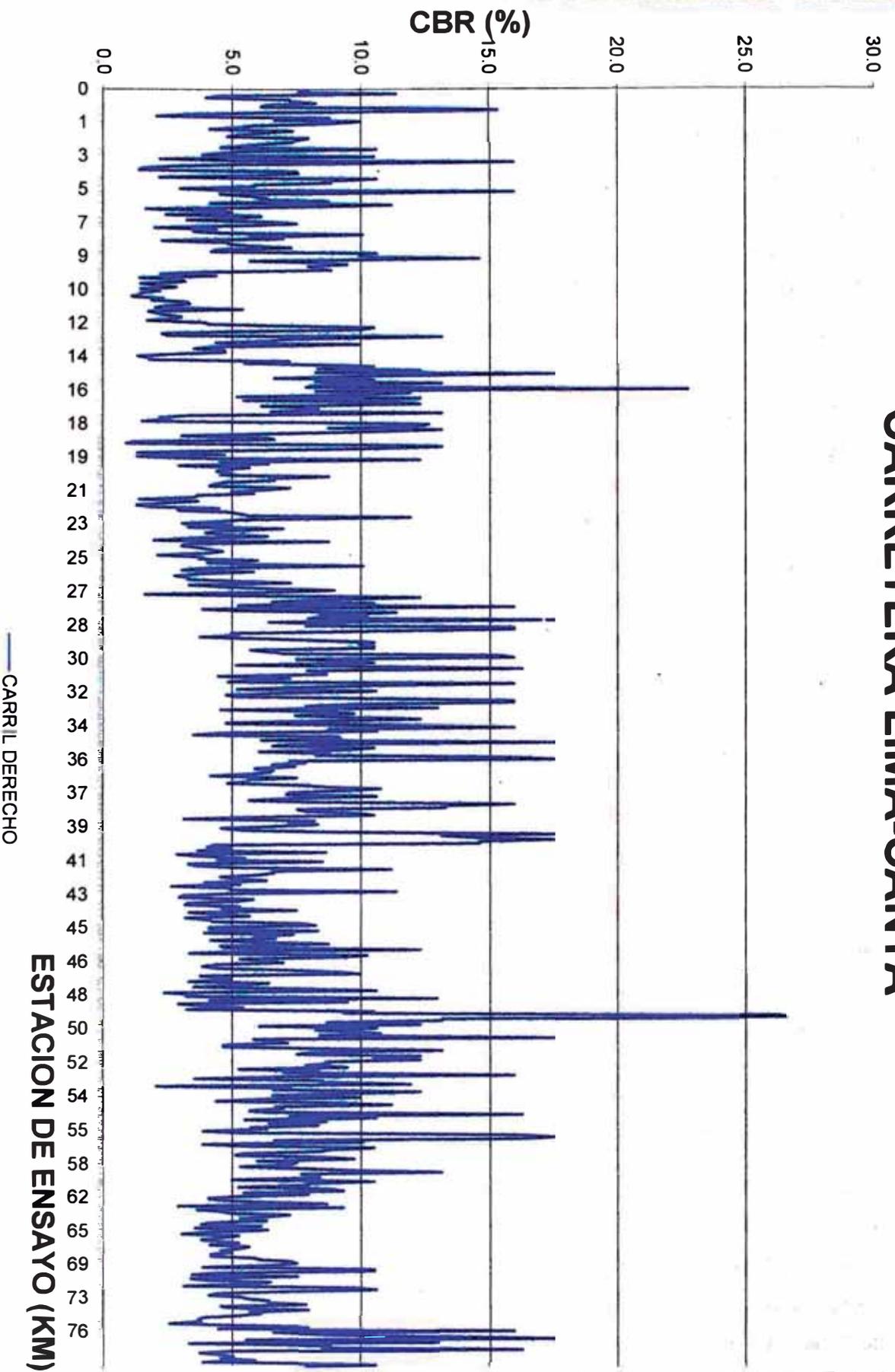
- a) Carga de ensayo: $P=4285$ Kg.
- b) Presión de inflado: $PR= 80$ psi.
- c) Espesor total del pavimento: variable entre 25 y 30 cm.
- d) Distancia radial que corresponde a la reflexión adicional DR1 o DR2:
R1=40 y 70 cm. Como valor de calculo rutinario.
R2=25 y 100 cm. Como valor para cálculos de verificación.
- e) profundidad del estrato rígido en el modelo de hogg: $H/LO =10$.
- f) Factor CBR: $CBF = 110$
- g) Modulo de Poisson de la sub-rasante: $\mu=0.40$
- h) Reflexión máxima y deflexiones adicionales: DO, DR1 y DR2 de los ensayos de deflexiones.

En el Anexo, presenta los resultados de la interpretación de las curvas de deflexiones, para cada una de las 1370 estaciones de medicion consideradas. Estos resultados denominados "Parámetros de Evaluación", permiten inferir acerca de la condición estructural del pavimento y su sub-rasante, y con ello llegar a determinar sus necesidades de refuerzo.

CARRETERA LIMA-CANTA



CARRETERA LIMA-CANTA



2.3.5 VALORES EVALUADOS DEL CBR DE LA SUBRASANTE

Se ha evaluado un total de 1370 valores de CBR de la sub-rasante, en cuya distribución en perfil se puede apreciar que hay una tendencia general hacia valores entre 5 y 15%, en donde hay matices que no se perciben, propios de un tramo que tiene variaciones en los materiales del suelo de sub-rasante.

Planimetricamente, a lo largo de la vía, se aprecia una tendencia general del valor de CBR que se encuentra claramente diferenciados sectores con características de soporte particulares de lo que se puede inferir que todo el sector en estudio no tiene un valor único de CBR, sino que esta compuesto por "secciones homogéneas", cada una de las cuales tiene un valor característico de CBR. La determinación de dichas secciones se realiza mediante el análisis estadístico de los datos evaluados, partiendo de su visualización grafica, en secciones de menor longitud, tal como se muestra en el Anexo.

A fin de optimizar el diseño del pavimento se han determinado 11 secciones homogéneas, las cuales aparecen demarcadas en el Anexo, cuyos parámetros estadísticos se presentan en el cuadro 1.

2.3.6 APORTE ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO EXISTENTE

Los valores evaluados de E^*/EO para los espesores de pavimento encontrados, han sido analizados de acuerdo al criterio de falla expuesto en el acápite 2.1.4, obteniéndose que en su mayoría los valores evaluados no cumplen con la condición $2 < E^*/EO < 4$, siendo la tendencia generalizada hacia el limite superior. Esta situación refleja, en general, el alto valor estructural del pavimento existente, que incide en la cuantificación de su "aporte", o dicho en otras palabras, la contribución de la estructura antigua, como espesor, sera superior al valor físico real encontrado.

El aporte estructural de un pavimento se cuantifica con el parámetro HEQ, denominado espesor equivalente. Los valores de HEQ para cada una de las secciones de ensayo sobre el pavimento, estos valores puntuales son analizados estadísticamente para establecer "secciones homogéneas", en función a dicho parámetro.

SECCIONES HOMOGENEAS DE PAVIMENTO EN RELACION AL HEQ

Los valores de HEQ representan el aporte estructural del pavimento existente en términos de material de base. La definición de los espesores equivalentes característicos, se establece tomando en consideración criterios estadísticos que aseguren la adopción de valores dentro de cierto rangos de seguridad. Se obtienen así para fines de diseño los valores HEQ_d mostrados en la ultima columna del Cuadro N° 2.

PROYECTO : CARRETERAS LIMA - CERRO DE PASCO
 TRAMO : LIMA - CANTA

SECCIONES DE DISEÑO

No	SECCION	LONG. (Km)	CBR (prom.)	No. DATOS	DESV. STD.	COEF.VAR.
1	Km 0 + 000 - Km 4 + 000	4.00	7.5	82	3.0	8.9
2	Km 4 + 000 - Km 6 + 300	2.30	6.9	46	3.3	11.2
3	Km 6 + 300 - Km 14 + 500	8.20	4.5	164	2.7	7.3
4	Km 14 + 500 - Km 17 + 400	2.90	8.7	58	3.6	13.1
5	Km 17 + 400 - Km 27 + 100	9.70	5.4	194	2.8	8.0
6	Km 27 + 100 - Km 40 + 400	13.30	8.6	266	3.5	12.0
7	Km 40 + 400 - Km 49 + 300	8.90	6.7	178	3.4	11.3
8	Km 49 + 300 - Km 56 + 300	7.00	9.4	140	4.0	16.3
9	Km 56 + 300 - Km 66 + 400	10.10	7.6	102	2.6	7.0
10	Km 66 + 400 - Km 71 + 400	5.00	7.1	50	4.7	22.3
11	Km 71 + 400 - Km 80 + 400	9.00	6.9	90	3.1	9.9

SECCIONES HOMOGENEAS DE PAVIMENTO EN RELACION AL HEQ

No	SECCION	LONG. (Km)	HC (prom.)	No. DATOS	HEQ (prom)	HEQ(dis)
1	Km 0 + 000 - Km 9 + 500	9.50	25.00	192.00	32.73	25.00
2	Km 9 + 500 - Km 10 + 600	1.10	30.00	22.00	36.87	28.20
3	Km 10 + 600 - Km 12 + 500	1.90	25.00	38.00	33.25	25.40
4	Km 12 + 500 - Km 15 + 000	2.50	30.00	50.00	33.73	25.80
5	Km 15 + 000 - Km 80 + 400	65.40	25.00	1,068.00	28.15	21.50

CAPITULO III

3.0.0 DISEÑO DE REFUERZO

3.1.0 DISEÑO ESTRUCTURAL

El primer paso para el diseño del refuerzo es la determinación del espesor de pavimento que se requeriría si se tratase de una estructura nueva, en función de las características de soporte de la Subrasante evaluadas y los volúmenes de tráfico previsto.

3.1.1 DATOS DE TRAFICO

ANÁLISIS DEL TRÁFICO

El análisis de tráfico permite determinar el número de aplicaciones acumuladas de cargas equivalentes (EAL) a un eje simple de 18,000 lb. (80kN) que se usará en la determinación de los espesores del pavimento.

Se tomó como base el Estudio de Tráfico realizado por la Asociación Ayesa -Alpha Consult S.A. en Junio de 1998, el cual se efectuó en la estación de conteo Yangas denominada F-1 ubicada en el Km. 33+000 de la Carretera Lima - Canta entre Chocas y Zapán, y una segunda estación en Yanamate denominada F-2. La primera se tomó como representativa del tráfico Lima - Canta y la segunda para determinar el tráfico generado.

Según los volúmenes y clasificación de tráfico vehicular, así como la encuesta de origen-destino se ha obtenido el tráfico normal - generado y el proyectado, sin considerar los vehículos ligeros por su efecto destructivo mínimo.

CUADRO N° 3

DISTRIBUCIÓN POR TIPO DE VEHÍCULOS PESADOS (IMD)

Tráfico	2 ejes	3 ejes	Articulados	Total
Normal-Generado	227	49	12	288
Proyectado	255	55	14	324

Se ha considerado como año base el 2001 (*inicio de tráfico*). La tasa de crecimiento anual determinada para el diseño ha sido del 4%.

Los ejes equivalentes por tipo de vehículo se han obtenido de acuerdo al Estudio de Tráfico (*pesaje*) según el cuadro N° 4.

CUADRO N° 4
EJES EQUIVALENTES POR VEHÍCULO

Tipo de Vehículo	Ejes equivalentes Por vehículo
2 ejes	0.10
3 ejes	21.55
Articulados	8.74

El número acumulado de repeticiones de ejes equivalentes ($EAL=W_{18}$) se obtiene por la fórmula:

$$EAL = 365 k (IMD_{2E} FD_{2E} + IMD_{3E} FD_{3E} + IMD_A FDA) ((1+r)^n - 1)/r.. (1)$$

donde:

EAL = Ejes equivalentes acumulados

IMD_i = Índice Medio Diario

FD_i = Ejes equivalentes por tipo de vehículos

r = Tasa de crecimiento

n = Período de diseño

k = Factor de distribución

De la aplicación de la fórmula (1) obtenemos los ejes equivalentes para los periodos de diseño de 10,15,20,y 30 años.

CUADRO N° 5
NÚMERO DE EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS

Lima- Canta	Número de ejes equivalentes			
	10 años	15 años	20 años	30 años
Ejes equivalentes Acumulados	2.96×10^6	4.93×10^6	7.35×10^6	1.38×10^7
Ejes equivalentes de diseño	3.26×10^6	5.42×10^6	8.09×10^6	1.52×10^7

3.1.2 CBR DE SUBRASANTE

El CBR de la sub-rasante que será utilizado en el diseño del refuerzo, se calculara en base a criterios estadísticos. Un criterio recomendado para carreteras de primer orden, establece que se tomara como CBR de diseño a aquel valor que sea igual o menor que el 87.5% del valor total de valores de la sección determinada, obtenidos en la evaluación.

La determinación del CBR de diseño, siguiendo el criterio expuesto, puede efectuarse gráficamente o mediante procedimientos computarizados, tal como se presenta en los Anexos.

3.1.3 DETERMINACIÓN DEL MÓDULO RESILENTE DE DISEÑO

En el presente diseño se ha usado una metodología que considera los CBR correlacionados con los módulos de resiliencia (M_R), la incidencia de los suelos con sus respectivas ubicaciones en profundidad y el daño relativo (*criterio de serviciabilidad*). La incidencia del tipo de suelo natural o de préstamo se obtiene considerando la cota de la sub-rasante, la cota del terreno en cada punto y espesores de estratos hasta 1.00 m de profundidad por debajo de la sub-rasante (ver cuadros N^{os} 6, 7, 8, 8A, 9, 10 y 11).

CUADRO N° 6

**COTAS DE LA SUBRASANTE Y COTAS DEL TERRENO
EN EL EJE DE LA PLATAFORMA**

CALICATA	PROGRESI VA (Km)	COTA DE SUBRASANTE (m.s.n.m.)	COTA DEL TERRENO (m.s.n.m.)	DIFERENCI A (m)
C-1A	0 + 000	248.910	249.110	-0.200
C-1B	0 + 400	249.050	249.420	-0.370
C-1	0 + 950	265.775	265.540	0.235
C-1C	1 + 290	277.085	276.140	0.945
C-2	1 + 880	283.570	283.640	-0.070
C-2B	2 + 510	290.250	290.125	0.125
C-2A	2 + 940	293.690	292.810	0.880
C-2C	3 + 530	293.830	292.970	0.860
C-3	3 + 950	302.700	303.675	-0.975
C-3A	4 + 510	310.065	309.570	0.495
C-4	4 + 940	318.090	317.800	0.290
C-4B	5 + 520	331.850	331.870	-0.020
C-4A	6 + 040	338.980	339.170	-0.190
C-4C	6 + 470	339.145	338.375	0.770
C-5	7 + 020	352.660	351.960	0.700
C-5A	7 + 510	360.770	359.775	0.995
C-6	8 + 070	368.205	367.995	0.210
C-6A	8 + 530	380.715	380.360	0.355
C-6B	9 + 010	392.220	391.430	0.790
C-7	9 + 340	396.660	397.130	-0.470
C-7A	9 + 820	401.010	401.140	-0.130
C-8	10 + 360	408.280	407.910	0.370
C-8A	10 + 930	410.700	409.580	1.120
C-9	11 + 420	415.370	413.800	1.570
C-9A	12+160	430.310	429.090	1.220
C-10	12 +360	433.510	432.490	1.020
C-10A	12 +400	434.150	433.270	0.880
C-10C	12 +780	440.510	440.330	0.180
C-10B	13+ 240	448.840	448.180	0.660
C'10D	13 +470	455.845	455.590	0.255
C-11	13+ 840	458.100	457.150	0.950
C-11A	14+ 460	470.120	470.030	0.090
C-12	14 +980	493.780	493.710	0.070
C-12A	15 + 330	505.365	505.340	0.025
C-13	15+ 840	507.900	508.530	-0.630
C-13A	16+ 400	514.750	515.070	-0.320
C-14	16 + 690	513.700	513.565	0.135
C-14A	17 + 580	522.720	522.370	0.350
C-15	17 +710	525.410	524.590	0.820
C-15B	17 + 920	530.940	529.820	1.120
C-15A	18 + 740	546.740	546.480	0.260
C-16	18 + 79	546.715	546.390	0.325

CUADRO N° 7

**COTAS DE LA SUBRASANTE Y COTAS DEL TERRENO
EN EL EJE DE LA PLATAFORMA**

CALICATA	PROGRESI VA (Km)	COTA DE SUBRASANTE (m.s.n.m.)	COTA DEL TERRENO (m.s.n.m.)	DIFERENCI A (m)
C-16A	18 +850	547.875	547.615	0.260
C-16C	19 +160	553.710	552.370	1.340
C-16B	19 + 420	558.540	557.700	0.840
C-17	19 + 710	566.715	565.960	0.755
C-17A	20 +410	579.010	578.360	0.650
C-18	20 +810	587.060	586.210	0.850
C-18A	21 +420	602.310	601.510	0.800
C-19	21 + 830	608.285	607.815	0.470
C-19A	22 +460	621.830	621.390	0.440
C-20	22 +920	638.230	635.560	2.670
C-20A	23 + 480	653.090	652.410	0.680
C-21	24 + 060	668.600	667.980	0.620
C-21A	24 +540	676.320	675.350	0.970
C-22	25 + 080	689.110	688.460	0.650
C-22A	25 + 410	697.885	697.215	0.670
C-23	26 + 040	713.410	711.780	1.630
C-23A	26 + 400	721.730	720.660	1.070
C-24	27 + 030	740.005	739.205	0.800
C-24A	27 + 470	750.410	749.965	0.445
C-25	28 + 130	755.065	754.415	0.650
C-25A	28 +400	760.080	760.750	-0.670
C-26	28 + 910	778.080	777.940	0.140
C-26A	29 + 410	805.645	806.070	-0.425
C-27	30 +050	839.920	839.200	0.720
C-27A	30 + 380	838.220	837.600	0.620
C-28	31 + 060	839.720	840.640	-0.920
C-28A	31 + 260	839.320	840.210	-0.890
C-29	31+ 940	854.030	853.590	0.440
C-29A	32 + 380	872.190	871.810	0.380
C-30	32 + 920	878.050	878.390	-0.340
C-30A	33 + 410	894.650	894.930	-0.280
C-31	33 + 940	910.150	910.550	-0.400
C-31A	34 + 400	911.010	911.150	-0.140
C-32	34 +900	916.840	917.050	-0.210
C-32A	35 + 370	925.410	925.065	0.345
C-33	35 + 880	939.880	940.120	-0.240
C-33A	36 + 450	982.700	983.170	-0.470
C-34	36 + 890	998.215	998.070	0.145
C-34A	37 + 420	1027.820	1027.190	0.630
C-35	37 +700	1040.710	1045.730	-5.020
C-35A	38 + 100	1048.570	1052.180	-3.610
C-36	38 + 650	1052.570	1052.215	0.355

CUADRO N° 8

**COTAS DE LA SUBRASANTE Y COTAS DEL TERRENO
EN EL EJE DE LA PLATAFORMA**

CALICATA	PROGRESI VA (Km)	COTA DE SUBRASANTE (m.s.n.m.)	COTA DEL TERRENO (m.s.n.m.)	DIFERENCI A (m)
C-36A	39 +300	1052.750	1053.350	-0.600
C-37	39 + 810	1064.370	1063.735	0.635
C-37A	40 +240	1061.860	1061.380	0.480
C-38	40 + 680	1065.730	1064.970	0.760
C-38A	41 + 170	1095.900	1096.685	-0.785
C-39	41 +680	1135.810	1133.280	2.530
C-39A	42 +180	1148.520	1152.530	-4.010
C-40	42 + 640	1149.940	1156.880	-6.940
C-40A	43+ 140	1158.130	1156.960	1.170
C-41	43 + 620	1155.050	1154.840	0.210
C-41A	44 + 230	1166.125	1166.520	-0.395
C-42	44 +590	1171.935	1171.915	0.020
C-43	45 +050	1175.130	1175.580	-0.450
C-44	45 +620	1190.970	1191.500	-0.530
C-45	46 +140	1220.350	1221.700	-1.350
C-46	46 + 630	1243.690	1243.750	-0.060
C-47	47 + 030	1266.795	1267.330	-0.535
C-47A	47 + 460	1291.020	1291.000	0.020
C-48	47+950	1307.160	1307.275	-0.115
C-49	48 +330	1316.290	1316.545	-0.255
C-50	48 + 565	1323.848	1323.788	0.060
C-51	49 +040	1348.360	1348.800	-0.440
C-52	49 +450	1370.295	1370.600	-0.305
C-53	50 + 160	1382.820	1382.360	0.460
C-54	50 + 550	1388.910	1387.110	1.800
C-55	51 +280	1416.000	1415.540	0.460
C-56	51 +720	1442.800	1442.330	0.470
C-57	52 + 220	1464.000	1463.370	0.630
C-58	52 + 580	1472.650	1472.900	-0.250
C-59	53 + 150	1498.830	1497.000	1.830
C-60	53+ 710	1531.790	1530.485	1.305
C-61	54 +210	1557.665	1559.395	-1.730
C-62	54 + 600	1551.910	1552.420	-0.510
C-63	55 + 210	1563.550	1563.590	-0.040
C-64	55 +680	1590.640	1590.920	-0.280
C-65	56 +180	1609.710	1610.090	-0.380
C-66	56 + 780	1613.740	1613.960	-0.220
C-67	57 +420	1614.280	1614.270	0.010
C-68	58 + 100	1646.960	1649.310	-2.350
C-69	58 + 730	1664.315	1663.265	1.050
C-70	59 + 460	1686.600	1686.490	0.110
C-71	59 +960	1709.860	1709.890	-0.030

CUADRO N° 8A**COTAS DE LA SUBRASANTE Y COTAS DEL TERRENO
EN EL EJE DE LA PLATAFORMA**

CALICATA	PROGRESI VA (Km)	COTA DE SUBRASANTE (m.s.n.m.)	COTA DEL TERRENO (m.s.n.m.)	DIFERENCI A (m)
C-72	60 + 530	1737.175	1737.140	0.035
C-73	61 +080	1767.340	1767.400	-0.060
C-74	61+ 780	1800.850	1800.810	0.040
C-75	62 + 350	1830.520	1830.625	-0.105
C-76	62 +820	1862.310	1862.040	0.270
C-77	63 +360	1903.490	1903.390	0.100
C-78	63 +940	1937.710	1937.750	-0.040
C-79	64 + 810	1981.615	1981.760	-0.145
C.-80	65 + 510	2023.725	2023.735	-0.010
C-81	66 + 150	2058.290	2058.235	0.055
C-82	66 + 690	2084.690	2084.590	0.100
C-83	67 + 180	2109.340	2109.190	0.150
C-84	67 + 580	2130.960	2130.930	0.030
C-85	68 +070	2155.185	2155.090	0.095
C-86	68 + 720	2179.360	2179.320	0.040
C-87	69 +270	2195.635	2195.715	-0.080
C-88	70 + 000	2229.130	2229.140	-0.010
C-89	70 +620	2260.380	2260.320	0.060
C-90	71 +130	2282.175	2282.250	-0.075
C-91	71 +54	2300.370	2300.540	-0.170
C-92	72 + 070	2324.715	2324.540	0.175
C-93	72 +550	2343.500	2343.500	0.000
C-94	73 + 280	2383.640	2383.710	-0.070
C-95	73 +560	2398.990	2399.020	-0.030
C-96	74 + 170	2446.800	2446.770	0.030
C-97	74 + 540	2474.900	2474.900	0.000
C-98	75 +090	2509.805	2509.790	0.015
C-99	75 +520	2538.140	2538.170	-0.030
C-100	76 + 030	2574.620	2574.515	0.105
C-101	76 + 790	2634.510	2634.720	-0.210
C-102	77 +170	2659.145	2658.950	0.195
C-103	77 + 560	2680.360	2680.450	-0.090
C-104	78 + 110	2722.490	2722.215	0.275
C-105	78 + 690	2765.870	2765.930	-0.060
C-106	79 + 220	2793.190	2792.910	0.280
C-107	79 + 670	2813.905	2813.820	0.085

CUADRO N° 9 DISEÑO I

PROGRESIVA (Km.)	CALICATA	PRESTAMO	A-1-a(0)	A-1-b (0)	A-2-4 (0)	A-2-6 (0)	A-4 (0,8)	A - 6(0,12)
2+940	C-2A	0.88	0.12					
3+530	C-2C	0.86						0.14
10 +930	C-8A	1.00						
15+330	C-12A	0.03	0.57		0.40			
15 +840	C-13				1.00			
16+400	C-13A			1.00				
16 +690	C-14	0.14		0.86				
17+290	C-14B	0.39	0.61					
17 +710	C-15A	0.82			0.18			
19 + 420	C-16B	0.84		0.16				
21 +830	C-19	0.47		0.53				
22+920	C-20	1.00						
23+480	C-20A	0.68						0.32
24+540	C-21A	0.97		0.03				
25+410	C-22A	0.64			0.36			
26+040	C-23	1.00						
26+400	C-23A	1.00						
27+030	C-24	0.80			0.20			
27+470	C-24A	0.45		0.55				
28+400	C-25A			1.00				
28 +910	C-26	0.14			0.86			
29+410	C-26A		1.00					
30+050	C-27	0.72		0.28				
30+380	C-27A	0.62		0.38				
.31+940	C-29	0.44			0.56			
32+920	C-30		0.74		0.26			
33+410	C-30A		1.00					
33+940	C-31			1.00				
34+400	C-31A					0.45	0.55	
34+900	C-32		0.06	0.94				
35+370	C-32A	0.35	0.65					
35 +880	C-33				1.00			
36+890	C-34		1.00					
39+300	C-36A		1.00					
39+810	C-37	0.64	0.11		0.25			
41 +170	C-38A			1.00				
43+140	C-40A	1.00						
44+230	C-41A				1.00			
44+590	C-42	0.02	0.98					
45+050	C-43		1.00					
45+620	C-44		1.00					
50 +160	C-53	0.46	0.29		0.25			
50+550	C-54	1.00						
51+280	C-55	0.46	0.54					
52 +220	C-57	0.63	0.37					
53+710	C-60	1.00						
54+600	C-62			1.00				
55 +210	C-63					1.00		
55+680	C-64		0.48		0.52			
56+180	C-65		0.70			0.30		
57+420	C-67	0.01	0.10				0.89	
59+460	C-70	0.11		0.24	0.65			
60+530	C-72	0.04	0.56	0.40				
61+780	C-74	0.04		0.50	0.46			
62+820	C-76	0.27	0.38	0.35				

Continuación Cuadro N° 9

PROGRESIVA (Km.)	CALICATA	PRESTAMO	A-1-a(0)	A-1-b (0)	A-2-4 (0)	A-2-6 (0)	A-4 (0,8)	A - 6(0,12)
63+940	C-78				0.74	0.26		
66+690	C-82	0.10			0.44	0.15		0.31
68 +070	C-85	0.10	0.30		0.60			
69+270	C-87		0.58	0.42				
70 +62	C-89	0.06			0.84	0.10		
71+130	C-90				0.75	0.25		
76+790	C- 101		0.72		0.28			
77 +170	C-102	0.20					0.80	
77 +560	C-103			0.65		0.26		0.09
78+110	C-104	0.28	0.72					
78 +690	C-105				0.11	0.89		
79 +220	C-106	0.28			0.17	0.55		
79+670	C-107	0.09		0.30	0.61			
Total influyente		21.03	15.58	11.59	12.49	4.21	2.24	0.86

CUADRO N° 10 DISEÑO II

PROGRESIVA (Km.)	CALICATA	PRESTAMO	A-1-a(0)	A-1-b (0)	A-2-4 (0)	A-2-6 (0)	A-4 (0,8)	A-6(0,12)
0 +000	C-1A			0.70	0.30			
0+400	C-1B				0.53		0.47	
0+950	C-1	0.24	0.51		0.25			
1+290	C-1C	0.95				0.05		
1+880	C-2		0.86				0.14	
2+510	C-2B	0.13		0.75		0.12		
4 +510	C-3A	0.50	0.50					
4+940	C-4	0.29						0.71
5+520	C-4B			0.67		0.33		
6+040	C-4A			0.49	0.21	0.30		
6+470	C-4C	0.77			0.23			
7+020	C-5	0.70						0.30
7+510	C-5A	1.00						
8+070	C-6	0.21					0.54	0.25
8+530	C-6A	0.36						0.64
9+010	C-6B	0.79			0.21			
9+340	C-7			0.73			0.27	
46 +630	C-46	0.06	0.30		0.55		0.09	
47 +030	C-47		1.00					
47 +460	C-47A	0.02		0.98				
47 +950	C-48			0.08	0.62		0.30	
48 +330	C-49		1.00					
48 +565	C-50	0.06		0.69	0.25			
49 +040	C-51		1.00					
49 +450	C-52			1.00				
72 +070	C-92	0.18			0.65	0.17		
72 +550	C-93		1.00					
73 +280	C-94		1.00					
73 +560	C-95				1.00			
74 +170	C-96	0.03			0.62	0.35		
74 +540	C-97				0.70	0.30		
75 +090	C-98	0.02	0.45		0.53			
75 +520	C-99					1.00		
76 +030	C-100	0.11			0.49		0.40	
Total influyente		6.42	7.62	6.09	7.14	2.62	2.21	1.90

CUADRO N° 11 DISEÑO III

PROGRESIVA (Km.)	CALICATA	PRESTAMO	A-1-a(0)	A-1-b (0)	A-2-4 (0)	A-2-6 (0)	A-4 (0,8)	A-6(0,12)
9+820	C-7A			0.20		0.50	0.30	
10+360	C-8	0.37				0.40	0.23	
12+780	C-10C	0.18			0.30			0.52
13+240	C-10B	0.66					0.34	
13+470	C-10D	0.25	0.75					
13+840	C-11	0.95			0.05			
14+460	C-11A	0.09					0.55	0.36
14+980	C-12	0.07	0.08				0.85	
Total influyente		2.57	0.83	0.20	0.35	0.90	2.27	0.88

De acuerdo a la geología del lugar, ensayos de laboratorio compacidad natural y relaciones de clasificación con valores de soporte, se ha obtenido para cada tipo de suelo un valor de CBR representativo (*ver cuadros N° 12, 13 y 14*).

Para cada valor de M_R se determina el daño relativo según la fórmula siguiente:

$$\mu_f = 1.18E08 M_R^{-2.32}$$

CUADRO N° 12 (M_R I)

Suelo	CBR (%)	M_R	Incidencia	Daño μ_f	Ponderación
Préstamo	35	17000	30.93	0.018	0.56
A-1-a (0)	20	13000	22.91	0.034	0.78
A-1-b (0)	16	12000	17.04	0.041	0.70
A-2-4 (0)	14	11500	18.37	0.045	0.83
A-2-6 (0)	12	10500	6.19	0.055	0.34
A-4 (0,8)	10	8000	3.29	0.104	0.34
A-6 (0,12)	5	5000	1.27	0.309	0.39
Total					3.94
M_R					12152
M_R (d)					11995

CUADRO N° 13 (M_R II)

Suelo	CBR (%)	M_R	Incidencia	Daño μ_f	Ponderación
Préstamo	35	17000	18.88	0.018	0.34
A-1-a (0)	20	13000	22.41	0.034	0.76
A-1-b (0)	16	12000	17.91	0.041	0.73
A-2-4 (0)	14	11500	21.00	0.045	0.95
A-2-6 (0)	12	10500	7.71	0.055	0.42
A-4 (0,8)	10	8000	6.50	0.104	0.68
A-6 (0,12)	5	5000	5.59	0.309	1.73
Total					5.61
M_R (d)					10419

CUADRO N° 14 (M_R III)

Suelo	CBR (%)	M_R	Incidencia	Daño μ_f	Ponderación
Préstamo	35	17000	32.12	0.018	0.578
A-1-a (0)	20	13000	10.37	0.034	0.353
A-1-b (0)	16	12000	2.50	0.041	0.103
A-2-4 (0)	14	11500	4.38	0.045	0.196
A-2-6 (0)	12	10500	11.25	0.055	0.619
A-4 (0,8)	10	8000	28.38	0.104	2.952
A-6 (0,12)	5	5000	11.00	0.309	3.399
Total					8.200
M_R (d)					8861

El material de préstamo que conformará el terraplén para elevar la plataforma de la carretera será de las canteras de la zona; deberá tener como especificación un CBR mínimo de 35 %.

3.1.4 METODOLOGÍA DE DISEÑO.

La Carretera Lima-Canta será construida con pavimento flexible para un período de 15 años con mantenimiento periódico y un índice de serviciabilidad terminal de 2.5.

Se ha utilizado el método AASHTO versión 1993 que se basa en el módulo de resiliencia (M_R), los ejes equivalentes acumulados de 18,000 lb (W_{18}) el índice de serviciabilidad (P_t), las características físicas y mecánicas de los materiales de préstamo y los espesores mínimos de concreto asfáltico que especifica el método de acuerdo al EAL correspondiente.

Los valores del número estructural (SN) se hallaron con la fórmula siguiente:

$$\log (W_{18}) = Z_R S_o + 9.36 \log (SN + 1) + \frac{\log(\Delta PSI)}{0.40 + \frac{(4.2 - 1.5)}{1094 (SN + 1)^{1.9}}} + 2.32 \log M_R - 8.27$$

donde :

W_{18} = Número de ejes equivalentes para el periodo de diseño

M_R = Módulo resiliente (lb/pulg²)

ΔPSI = Perdida de serviciabilidad

Z_R = Factor de confiabilidad

S_o = Desviación estándar de todas las variables

SN = Número estructural

La expresión que relaciona el número estructural con los espesores de capa es:

$$SN = a_1 D_1 + a_2 m_1 D_2 + a_3 m_2 D_3$$

donde :

a_1, a_2, a_3 = Coeficientes estructurales o de capa

m_1, m_2 = Coeficientes de drenaje

D_1, D_2, D_3 = Espesores de capa

Considerando los valores siguientes para el cálculo del número estructural requerido (SN)

$$\Delta PSI = 1.7$$

$$Z_R = -1.282$$

$$S_o = 0.44$$

Los coeficientes estructurales de capa considerados para el cálculo del número estructural de diseño son los siguientes.

$$a_1 = 0.42$$

$$a_2 = 0.135$$

$$a_3 = 0.11$$

Se ha considerado como calidad de drenaje, bueno correspondiente a factores entre 1.15 y 1.00. El valor adoptado para m_1 y m_2 es de 1.10.

En los cuadros N° 18, 19 y 20 se muestran los espesores de concreto asfáltico, base y sub-base granulares, para cada agrupación que satisfacen el número estructural requerido para los períodos de 10, 15, 20 y 30 años para cada diseño.

CUADRO N° 18
DISEÑO DE ESPESORES DE PAVIMENTO - DISEÑO I

Periodo de diseño						10 años	15 años	20 años	30 años
Subtramos						I	I	I	I
Número de ejes equivalentes						3.26.E+06	5.42E+06	8.09E+06	1.52E+07
Módulo resiliente						11995	11995	11995	11995
Factor de confiabilidad						-1.282	-1.282	-1.282	-1.282
Desviación estándar						0.44	0.44	0.44	0.44
Indice de serviciabilidad						2.5	2.5	2.5	2.5
Número estructural SN						3.51	3.81	4.06	4.47
Concreto			a_1	0.42	D_1 (pulg)	4	4	4.5	5.5
Base	m_1	1.10	a_2	0.135	D_2 (pulg)	8	8	8	8
Sub-base	m_2	1.10	a_3	0.11	D_3 (pulg)	6	8	8	8
Espesor total del pavimento (pulg)						18	20	20.5	21.5
Número estructural SN'						3.59	3.84	4.05	4.47

CUADRO N° 19
DISEÑO DE ESPESORES - DISEÑO II

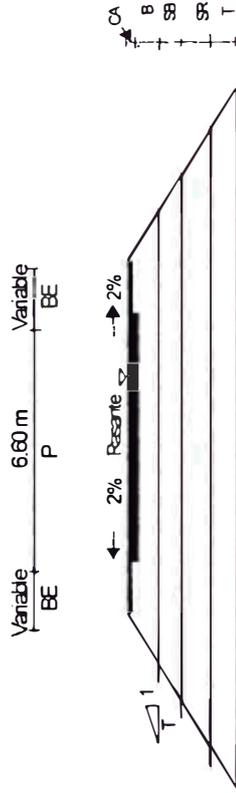
Periodo de diseño						10 años	15 años	20 años	30 años
Subtramos						II	II	II	II
Número de ejes equivalentes						3.26E+06	5.42E+06	8.09E+06	1.52E+07
Módulo resiliente						10419	10419	10419	10419
Factor de confiabilidad						-1.282	-1.282	-1.282	-1.282
Desviación estándar						0.44	0.44	0.44	0.44
Indice de serviciabilidad						2.5	2.5	2.5	2.5
Número estructural SN						3.70	4.01	4.27	4.70
Concreto			a ₁	0.42	D ₁ (pulg)	4	4	4.5	5.5
Base	m ₁	1.10	a ₂	0.135	D ₂ (pulg)	8	8	8	8
Sub-base	m ₂	1.10	a ₃	0.11	D ₃ (pulg)	8	10	10	10
Espesor total del pavimento (pulg)						20	22	22.5	23.5
Número estructural SN'						3.84	4.08	4.29	4.71

CUADRO N° 20
DISEÑO DE ESPESORES - DISEÑO III

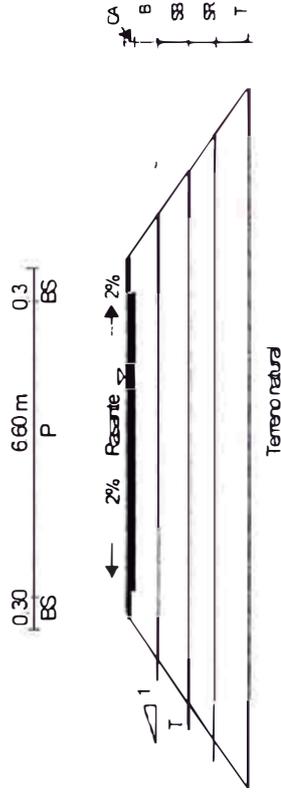
Periodo de diseño						10 años	15 años	20 años	30 años
Subtramos						I	I	I	I
Número de ejes equivalentes						3.26E+06	5.42E+06	8.09E+06	1.52E+07
Módulo resiliente						8861	8861	8861	8861
Factor de confiabilidad						-1.282	-1.282	-1.282	-1.282
Desviación estándar						0.44	0.44	0.44	0.44
Indice de serviciabilidad						2.5	2.5	2.5	2.5
Número estructural SN						3.93	4.26	4.52	4.96
Concreto			a ₁	0.42	D ₁ (pulg)	4	4	4.5	5.5
Base	m ₁	1.10	a ₂	0.135	D ₂ (pulg)	8	10	10	10
Sub-base	m ₂	1.10	a ₃	0.11	D ₃ (pulg)	10	10	10	10
Espesor total del pavimento (pulg)						22	24	24.5	25.5
Número estructural SN'						4.08	4.38	4.59	5.01

SECCIONES LIMA - CANTA

CROQUIS SECCION TIPO I



SECCION TIPO II



CUADRO DE ESPESORES En cm

ELEMENTO	DISEÑO		
	I	II	III
PISTA (CA)	10	10	10
BERMA EXTERIOR	2.5	2.5	2.5
BASE GRANULLA	20	20	25
SUBBASE GRAN	20	25	25
CAPA DE SUBR	30	30	30
TERRAPLEN	Nulo - variable	Variable	Variable

LEYENDA

P	=	PISTA
BE	=	BERMA EXTERIOR
BS	=	BERMA DE SEGURIDAD
CA	=	CONCRETO ASFALTICO
B	=	BASE GRANULAR
SB	=	SUB BASE GRANULAR
SR	=	CAPA DE SUBRASANTE
T	=	TERRAPLEN

CARRETERA LIMA - CANTA RED VIAL N° 5

Diseño	Fernán Lima	Sep-98
Ing° Caldeiro	Trazo	C.C.S

LAMINA N°1

Nota

Las zonas adyacentes a la vía serán consideradas de acuerdo al sistema de drenaje (Ver secciones plano)

CAPITULO IV

4.0.0 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- 1.- De acuerdo a las excavaciones efectuadas sobre la vía se ha determinado que el espesor de las capas del pavimento actual para las zonas de recapeo en promedio es el siguiente: concreto asfáltico de 6 cm, base de 25 cm. y subbase con material gravo-arenoso medianamente compacto de 20 a 30 cm sobre el suelo natural .
- 2.- Los resultados de la evaluación de la Rugosidad en ambos carriles nos da Muy Malo, según el IRI (Índice de Rugosidad Internacional), con valores entre 0.33 y 2.49 con excepciones puntuales. Se observó baches, corrugaciones y deformaciones.
- 3.- Referente al relevamiento de fallas nos da resultados de 21 a 82 que significa heterogeneidad de valores desde Bueno, Regular, y Malo, de acuerdo al Índice de Condición del Pavimento (PCI). Se observó fallas severas a medianas en todo el tramo, entre ellas, fallas tipo piel de cocodrilo, bloque, grietas transversales y longitudinales e indentaciones de medias a severas que comprometen la superficie del pavimento.
- 4.- Las deflexiones en ambos carriles del tramo en estudio varían entre 12×10^{-2} mm a 372×10^{-2} mm, las que son inferiores y superiores a la admisible, lo que nos indica un inadecuado comportamiento estructural del pavimento, salvo excepciones puntuales.
- 5.- Los radios de curvatura en el tramo son variables desde 23 m hasta 922 m, con zonas puntuales y por carriles donde llegan a valores de 922m, estando el mayor porcentaje entre 100 m y 200 m lo que significa cierta irregularidad y comportamiento de regular a malo.
- 6.- El subsuelo se estudió mediante la ejecución de calicatas en las que se tomaron muestras para ser analizadas en los laboratorios especializados.
- 7.- La evaluación superficial del pavimento se efectuó mediante métodos no destructivos (deflexiones y rugosidad), con la viga Benkelman y rugosímetro BUMP INTEGRATOR cuyos resultados, así como el relevamiento de fallas se encuentran en los anexos del presente trabajo.
- 8.- Con respecto al tráfico tomamos la información de los cuadros N° 3, 4 y 5 del ítem 3.1.1 Análisis de Tráfico del presente Trabajo correspondientes a la distribución de vehículos, ejes equivalentes por vehículo y ejes equivalentes acumulados.
- 9.- En este tramo Lima - Canta (km. 0+000 al km. 80+104.28) se ha realizado la investigación del subsuelo con investigación sobre la resistencia del suelo y características físicas y mecánicas de los suelos que conforman el subsuelo, así como el diseño del pavimento nuevo correspondiente. Estos datos nos servirán de

base para el diseño del reforzamiento de la Carretera actual dentro de las progresivas correspondientes determinadas por el trazo del Km. 57+000 hasta el Km. 80+104.28. En el cuadro N° 18 al 20 del Item 3.1.4 del presente trabajo se indican además de los ejes equivalentes acumulados, los valores de los números estructurales determinados para períodos de diseño de 10,15,20 y 30 años.

10.- La solución para el reforzamiento de la vía existente de la carretera Lima – Canta en las progresivas correspondientes conlleva a analizar el aporte que podría tener la estructura actual para rehabilitación y duración por el período considerado de diseño, previa conservación.

De acuerdo a la evaluación superficial efectuada que nos determina la rugosidad y las deflexiones del pavimento mediante el rugosímetro BUMP INTEGRATOR y la viga Benkelman, así como la evaluación de fallas superficiales del pavimento, se concluye que el factor de conversión del espesor de los componentes del pavimento existente en espesor efectivo (Te) sería de 55%. para el concreto asfáltico. La base y la subbase existentes de acuerdo a sus características tendrían como espesor efectivo de 80 % y 75%, respectivamente considerado para toda la vía.

Tomando en cuenta estas consideraciones tenemos:

$$\text{Aporte estructural} = (2.36 \cdot 0.231) + (10 \cdot 0.135 \cdot 1.1 \cdot 0.8) + (10 \cdot 0.11 \cdot 1.1 \cdot 0.75) = 2.641$$

$$\text{Número estructural de diseño} = 3.81$$

$$\text{Número estructural por aportar} = 1.169$$

$$\text{Número estructural adicional} = (2.95 \cdot 0.42) = 1.239$$

$$\text{Concreto asfáltico adicional} = 7.5 \text{ cm.}$$

Luego la vía deberá ser reforzada con concreto asfáltico de grado 85/100 en un espesor de 7.5 cm. en las zonas correspondientes a las progresivas donde indica el trazo de la carretera, entre el Km. 57+000 al Km. 80+104.28

Dentro de este tramo hay zonas que requieren la reconstrucción del pavimento y para las cuales se tomará el diseño correspondiente al pavimento nuevo.

11.- En el estudio se han encontrado diferentes tipos de suelos que podemos considerarlos como:

a. Capa superior (*superficie del terreno*); arena pobremente graduada, arena limosa, limo arenoso, y arena arcillosa como tierra de cultivo mayormente y zonas de grava arenosa tipo afirmado así como rellenos con raíces.

b. Estratos inferiores, arenas pobremente graduadas, arenas limosas, arenas arcillosas, gravas arcillosas o limosas y en puntos aislados arcillas y arcillas limosas de baja plasticidad

- 12.- Los valores de EAL (*ejes equivalentes acumulados*) han sido calculados tomando como referencia los datos de la estación F-1, del Estudio de Tráfico en la estación de Yangas en el Km. 33+000 del proyecto de la carretera Lima – Canta y la estación F-2 en Yanamate.
- 13.- El período de diseño se ha tomado a partir del año 2001 y los ejes equivalentes (EAL) han sido proyectados a 10,15,20 y 30 años, con una tasa de crecimiento del 4%. Se ha considerado conveniente tomar para el diseño definitivo el periodo de 15 años es decir proyectado al año 2015, de acuerdo al análisis técnico económico, considerando costos de construcción y mantenimiento para el período de diseño mediante el método HDM-III versión 3.0.
- 14.- Se deberá utilizar asfalto de grado 60/ 70 desde el inicio de la carretera hasta el Km. 50+600 (localidad de Apán a 1387 m.s.n.m.). o dentro del rango de 1200 m.s.n.m. a 1600 m s n m. De este kilómetro hasta el fin del tramo (Ciudad de Canta en el km. 80+10428 a 2831.21 m.s.n.m.) se utilizará asfalto grado 85/100 por cuestiones climáticas y en concordancia con la altitud.
- 15.- La alternativa adoptada de la estructura del pavimento nuevo, sobre la base de los cálculos efectuados para un período de diseño de 15 años, considerando los espesores de sus capas en cm se presenta en el cuadro N° 21. Los diseños nuevos considerados son válidos para el tramo comprendido entre el Km. 0+000 y el Km. 57+000 y para el resto del tramo Lima-Canta en las progresivas siguientes: Km. 58+590 al Km. 58+630, Km. 61+610 al Km. 61+640, Km. 67+720 al Km. 67+750, Km. 68+980 al Km. 68+990, Km. 69+820 al Km. 69+930, Km. 70+320 al Km70+380, Km. 72+740 al Km. 72+770.
- Las zonas de la carretera actual de una vía que se aprovecharán, previo reforzamiento, están comprendidas entre las siguientes progresivas del Proyecto: Km. 57+000 al Km. 58+590, Km. 58+630 al Km. 61+610, Km. 61+640 al Km. 67+720, Km. 67+750 al Km. 68+980, Km. 68+990 al Km. 69+820, Km. 69+930 al Km. 70+320, Km. 70+380 al Km. 72+740, Km. 72+770 al 80+104.28. Dentro de estas progresivas de recapeo se recomienda la construcción de un pavimento nuevo con los diseños mencionados en el cuadro N° 21 entre las progresivas correspondientes a las zonas que se deterioren por efecto remanente del fenómeno El Niño posteriormente a la investigación de campo del Proyecto.

**CUADRO N° 21
ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO**

Diseño N°	Longitud (Km.)	Espesores de las capas del pavimento			
		Concreto Asfáltico (cm)	Base Granular (cm)	Sub base Granular (cm)	Espesor Total (cm)
I	59.92428	10	20	20	50
II	16.280	10	20	25	55
III	3.600	10	25	25	60

* Longitudes descontando 300 m de puentes del proyecto en el grupo I.

- 16.- El pavimento nuevo deberá estar sujeto a una evaluación estructural periódica para determinar su condición y proceder al mejoramiento que requiera.
- 17.- En las zonas de bermas se mantendrán los mismos espesores de la sub base y se incrementará la base en el espesor necesario para conformar las bermas a nivel de la pista. Las bermas tendrán un espesor de 2.5 cm de concreto asfáltico, pudiendo considerar por seguridad para anchos menores de 0.75 m. el espesor del concreto asfáltico de la pista correspondiente.
- 18.- En las zonas requeridas se efectuará el mejoramiento del suelo hasta una profundidad de 30 cm. como mínimo, mejorando el suelo natural con material granular de cantera en un 30% de espesor, compactado al 95% de la Máxima Densidad Seca del Proctor Modificado.
- 19.- Los materiales de préstamo que se usarán en los terraplenes para elevar la rasante, deberán ser de cantera que cumplan con una gradación continua; tengan una dimensión máxima de partículas de 2 ½", estén exentos de materia orgánica y restos vegetales y sean compactados por capas de 20 cm. de espesor al 95% de la Máxima Densidad Seca del Proctor Modificado.
- 20.- La alternativa de estructura del pavimento (ítem. 5) está basada en la calidad de los materiales granulares de base y sub base, por lo que deberán cumplir con las especificaciones generales y principalmente las siguientes:

CBR de la base	= 80 % mínimo
CBR de la sub base	= 40 % mínimo
Desgaste mecánico	= 40% máximo
Desgaste químico	= 12% máximo
Equivalente de arena	= 40% mínimo
Límite líquido	= 25% máximo
Indice plástico	= 4% máximo

- Compactación de la base $\geq 100\%$ de la Máxima Densidad Seca del Proctor Modificado.
- Compactación de la Sub base $\geq 100\%$ de la Máxima Densidad Seca del Proctor Modificado.
- Granulometría de curva continua que cumpla con las gradaciones A o B de la especificación AASHTO.
- Contenido de sales totales = 1% máximo.

El material granular de la base debe ser 50 % triturado como mínimo. Se recomienda de preferencia la gradación granulométrica A y se utilizara la B, ésta deberá tener como máximo 15 % de material que pasa la malla N° 200 y un índice plástico menor o igual a 3%.

- 21.- La capa de subrasante se considera los primeros 30 cm debajo de la sub base, deberá ser escarificada, sin presencia de materia orgánica ni vegetación y compactada al 95% de la Máxima Densidad Seca del Proctor Modificado.
- 22.- Las especificaciones que se indican en el diseño forman parte de las especificaciones técnicas, por lo que se deberá tener en cuenta para la buena ejecución de la obra.
- 23.- Los resultados del presente diseño son válidos solamente para los niveles de tráfico y características de suelos de la carretera Lima - Canta. En el tramo correspondiente.

- En el presupuesto que se presenta, vemos que el monto de Movimiento de tierra y Pavimentos suman un Total de 50.98 % del costo Total de la Obra, lo que es un porcentaje considerable, razón por la cual y además de lo económico también técnico se vio por conveniente cambiar el trazo ligeramente desde el Km. 0+000 al Km. 57+000 del proyecto y conservamos el trazo en el resto del tramo.
- Elevando en gran parte del tramo la rasante por razones de drenaje y otros factores
- El primer tramo del 0+000 al 57+000 el trazo ha variado e incluso vario el nivel de la rasante por cuanto el tratamiento que se le da, es necesario y no permite mayor evaluación económica.
- En el segundo tramo es en donde se concentra nuestro estudio pues se esta respetando el trazo con mínimas excepciones y el nivel de rasante varia mínimamente, dando un tratamiento ya mencionado en el estudio implicando las siguientes partidas:

- Riego de liga	176,811.89
- Carpeta Asfáltica en caliente	2'249,246.47
- Parchado superficial	196,024.23
- Parchado profundo	296,421.23
- Tratamiento de fisuras	3,384.24

- En consecuencia luego de la evaluación del pavimento en todo el tramo se determino lo anteriormente descrito de los cuadros siguientes se puede apreciar que el porcentaje que corresponde al costo del tramo a la cual se le va ha dar una rehabilitación es mínima con respecto al costo total del proyecto, no siendo necesario mayor análisis de costos, primando para este efecto de rehabilitación el aspecto netamente técnico.

ASOCIACION AYESA-APHA CONSULT S.A.

PRESUPUESTO

OBRA: ESTUDIO DE INGENIERIA E IMPACTO AMBIENTAL PARA LA REHABILITACION Y CONSERVACION DE L TRAMO VIAL LIMA-CANTA RED VIAL N° 5

FECHA: 31/03/99

ITEM	DESCRIPCION	UNID	METRADO	PRECIO SUB-TOTAL	TOTAL	FORZADORA
01.00.00	OBRAS PRELIMINARES				443.372.35	0.78
02.00.00	MOVIMIENTO DE TIERRAS					
02.01.00	Excavacion no clasificada para explanaciones	M3	587278.26	8.04	4,721,717.21	
02.02.00	Mejoramiento de la Sub Rasante	M2	41277	6.31	260,457.87	
02.03.00	Conformacion de terraplen con material de prestamo lateral	M3	154008.42	6.85	1,054,964.53	
02.04.00	Conformacion de terraplen con material de prestamo de cantera	M3	170888.34	19.54	3,339,158.16	
02.05.00	Remocion de carpetaasfaltica antigua	M2	396094	1.12	443,625.28	
02.06.00	Eliminacion de materialesmonte Dm=4.8 km	M3	445134.12	5.25	2,336,954.13	
03.00.00	PAVIMENTOS					
03.01.00	Suba Base Granular	M3	111,641.41	19.77	2,207,150.68	
03.02.00	Base Granular	M3	106,741.35	28.31	3,021,847.62	
03.03.00	Imprimacion Bituminosa	M2	638,298.67	1.13	721,277.50	
03.04.00	Riego de Liga	M2	162,212.74	1.09	176,811.89	
03.05.00	Carpeta Asfaltica en Caliente E=0.10m	M2	399,155.43	18.81	7,508,113.64	
03.06.00	Carpeta Asfaltica en Caliente E=0.075m	M2	160,202.74	14.04	2,249,246.47	
03.07.00	Carpeta Asfaltica en Caliente E=0.025m	M2	80,437.71	4.99	401,384.17	
03.08.00	Parchado Superficial	M2	13,491.00	14.53	196,024.23	
03.09.00	Parchado Profundo	M2	16,477.00	17.99	296,421.23	
03.10.00	Tratamiento de Fisuras	ML	956.00	3.54	3,384.24	
04.00.00	OBRAS DE ARTE Y DRENAJE				16,781,661.66	29.56
05.00.00	PUESTES				18,932,191.64	33.35
06.00.00	SEÑALIZACION				4,127,083.75	7.27
07.00.00	MEDIDAS DE CORRECCION AMBIENTAL				3,556,996.82	6.27
08.00.00	OBRAS COMPLEMENTARIAS				463,750.00	0.82
					303,724.81	0.54

COSTO DIRECTO	58,765,658.21	100.00
GG Y UT (23.08%)	13101513.91	
COSTO TOTAL	69,867,172.12	
IGV (18%)	12576090.98	
COSTO TOTAL + IGV	82,443,263.11	

Diagrama de Costos

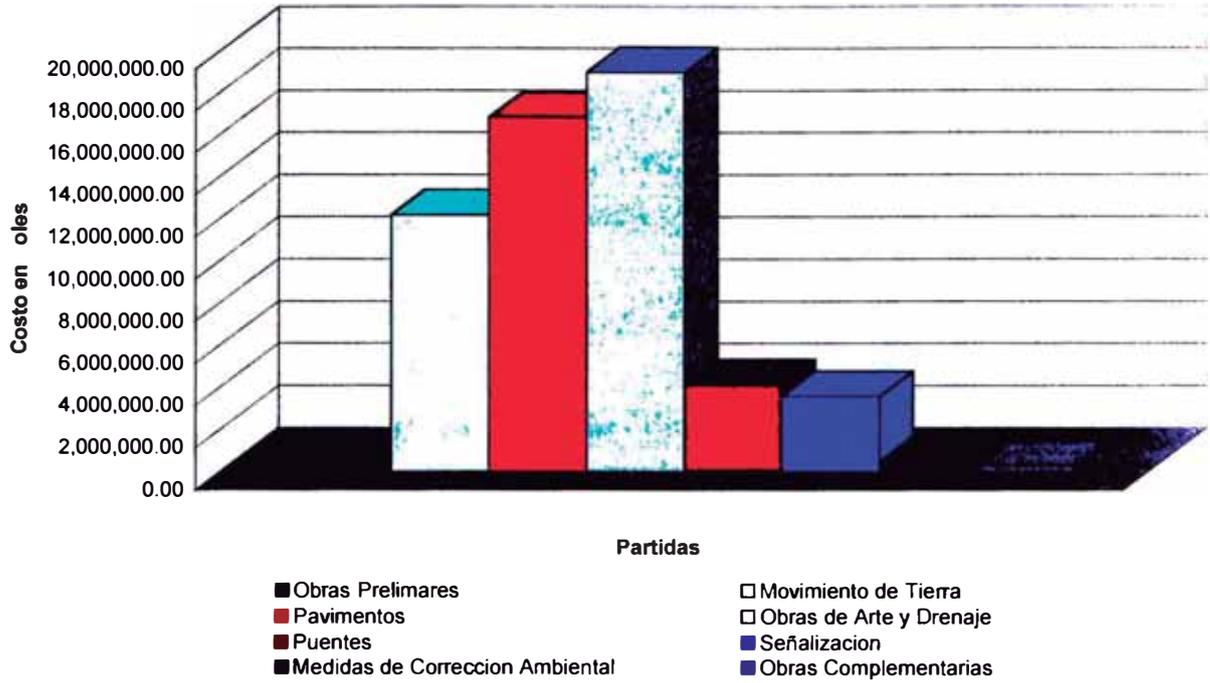
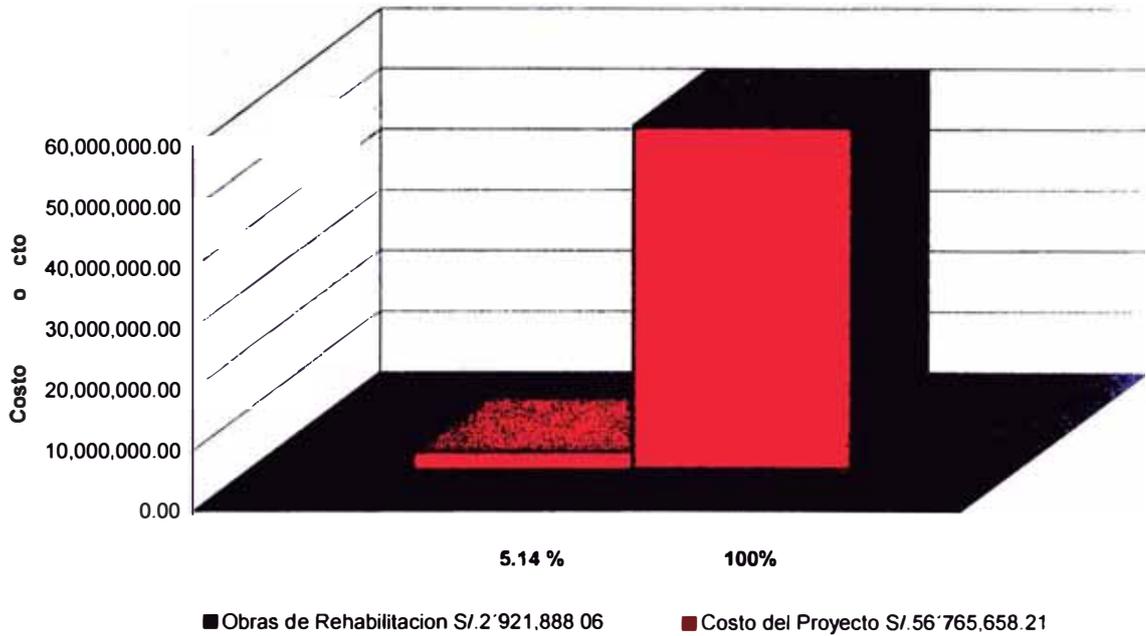


Diagrama Comparativo



CAPITULO V

5.0.0 REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- CONREVIAl Estudios de Rehabilitación de Carreteras en el País, aspectos de evaluación de pavimentos Cap. VI
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Norma Peruana para el diseño de carreteras
- Guía AASHTO para diseño de estructuras de pavimentos
- Carrillo, Nuber, Mecánica de Suelos
- La Ingeniería de Suelos en las Vías de Transporte – Rico y del Castillo - México.
- Normas ASTM parte C y D – USA.
- Wiseman, G.; Uzan, J.; Hoffman, M.S.; Ishai, I. & Livneh, M. “Simple Elastic Models for Pavement Evaluation Using Measured Surface Deflection Bowls”. Proceedings, Fourth International Conference on the Structural Design of Asphalt Pavements. Ann Arbor, Michigan, 1977.
- Hoffman, M.S. & Del Aguila, P.M. “Estudios de Evaluación Estructural de Pavimentos, Basados en la Interpretación de Curvas de Deflexiones (Viga Benkelman)”. Manual Técnico presentado a la Dirección de Estudios Especiales del M.T.C. Lima, 1985.
- Germán Vivar, Copias del curso de Pavimentos.