

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



**EVALUACION ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO CON VIGA
BENKELMAN**

**MONITOREO DE CONSERVACIÓN CARRETERA
CAÑETE - HUANCAYO Km. 118+000 AL Km. 120+000**

INFORME DE SUFICIENCIA

**Para optar el Título Profesional de:
INGENIERO CIVIL**

FREDDY GOMEZ MONTES

Lima- Perú

2010

INDICE

	Pag.
RESUMEN	3
LISTA DE CUADROS	4
LISTA DE GRÁFICOS	5
LISTA DE SÍMBOLOS Y SIGLAS	6
INTRODUCCIÓN	7

CAPÍTULO I: PERFIL DEL PROYECTO

1.1 Aspectos Generales	8
1.1.1 Ubicación del Proyecto	8
1.1.2 Geomorfología.....	10
1.1.3 Geología.....	11
1.2 Objetivos del Proyecto.....	17
1.2.1 Planteamiento del Problema.....	17
1.2.2 Objetivo del Proyecto de Conservación Vial	17
1.2.3 Alternativa de Solución	17
1.3 Resumen del Estudio de pre inversión a nivel de Perfil	19
1.3.1 Costos	19
1.3.2 Beneficios.....	20
1.3.3 Evaluación Económica	20

CAPÍTULO II: MARCO TEORICO

2.1 Fundamentos Teóricos con la Viga Benkelman.....	23
2.2 Evaluación Estructural no Destructiva	24
2.3 Deflectometria Metodo Empirico Conrevial.....	25
2.3.1 Deflexiones.....	25
2.3.2 Medición de deflexiones en el pavimento	26
2.3.3 Calculo de deflexiones recuperables	29
2.3.4 Corrección por temperatura.....	30

2.3.5	Corrección por estacionalidad	30
2.3.6	Calculo del Radio de Curvatura	31
2.3.7	Deflexión característica	32
2.3.8	Deflexión admisible.....	33
2.3.9	Deflectogramas	34
2.3.10	Evaluación de la capacidad estructural del pavimento.....	34
2.3.11	Espesor de refuerzo	36

CAPITULO III.- APLICACIÓN AL TRAMO Km 118+000 AL Km 120+000

3.1	Mediciones en Carril Izquierdo.....	37
3.2	Procesamiento de Datos.....	37
3.3	Análisis e Interpretación de Resultados	39
3.3.1	Grafico de deflectogramas.....	39
3.3.2	Evaluación de la capacidad estructural.....	39

CONCLUSIONES	41
---------------------------	----

RECOMENDACIONES	42
------------------------------	----

BIBLIOGRAFÍA	43
---------------------------	----

ANEXOS	44
---------------------	----

RESUMEN

Las obras viales son estructuras que tienden a deteriorarse desde el primer día de su puesta en servicio, debiéndose a diversos factores: tránsito vehicular que sobrepasa el diseño, problemas con el sistema de drenaje, aspectos climáticos, etc; es por ello la necesidad de elaborar planes de evaluación estructural. El equipo deflectómetro tipo Viga Benkelman, permite evaluar de manera práctica y sencilla el comportamiento estructural de un pavimento con el fin de identificar y recomendar su conservación para que se encuentre en un estado que pueda brindar el servicio que requiere el usuario.

El presente Informe de Suficiencia comprende la evaluación estructural en el tramo Km. 118+000 al Km. 120+000 Carretera Cañete – Yauyos – Chupaca, haciendo uso de mediciones de deflexiones con el equipo Viga Benkelman, procesando los datos obtenidos en campo por el método empírico posteriormente interpretando los resultados que conllevaran a unas conclusiones y recomendaciones, de tal manera que la vía permanezca en servicio en su etapa de conservación del pavimento.

De acuerdo a estos criterios observados y a los resultados obtenidos, el pavimento en su evaluación estructural, presentara un buen comportamiento para su etapa de conservación vial en el tramo Km.118+000 al Km 120+000.

LISTA DE CUADROS

	Pag.
Cuadro 1-1 Cuadro Resumen de CBR	17
Cuadro 1-2 Trabajos de Conservación a Realizar – Alternativa seleccionada ...	18
Cuadro 1-3 Costos Financieros de Inversión	19
Cuadro 1-4 Costos de Operación Vehicular	19
Cuadro 1-5 Ahorro de Cov debido a la Alternativa Seleccionada	20
Cuadro 1-6 Valor Actual Neto del Proyecto - Alternativa Seleccionada	20
Cuadro 1-7 Cuadro Resumen Análisis de Sensibilidad.....	21
Cuadro 2-1 Factores de Corrección por Estacionalidad.....	31
Cuadro 2-2 Análisis combinado de los resultados de evaluación	35
Cuadro 2-3 Valores Recomendados para R.....	36
Cuadro 3-1 Medición de Deflexiones con Viga Benkelman.....	37
Cuadro 3-2 Caracterización Deflectométrica Procesamiento de Deflexiones ...	38

LISTA DE GRÁFICOS

	Pag.
Grafico 1-1 Corredor Vial: Cañete – Lunahuaná – Pacarán – Dv. Yauyos – Roncha – Chupaca.....	10
Grafico 2-1 Tipos de Deflexiones.....	26
Grafico 2-2 Esquema y Principio de Operación de la Viga Benkelman.....	28
Grafico 2-3 Configuración Geométrica del Sistema de Carga en Ensayos con Viga Benkelman	28
Grafico 2-4 Esquema del Proceso de Medición con la Viga Benkelman.....	29
Grafico 2-5 Esquemmatización del Radio de Curvatura	32

LISTA DE SIMBOLOS Y SIGLAS

MTC: Ministerio de transporte y comunicaciones

AASHTO: American Association of State Highway and

IMD: Indice de medio diario

EAL: Numero de ejes equivalentes en el periodo de diseño

CONREVIAl: Consorcio de Rehabilitación Vial

INTRODUCCION

Las necesidades de evaluar estructuralmente los pavimentos se incrementan para tener una óptima conservación en cualquier momento de su vida de servicio, siendo una alternativa la de no dañar el pavimento, teniendo como objetivo principal el establecer el comportamiento estructural del pavimento en su etapa de conservación vial.

En el presente trabajo se realiza la interpretación de las deflexiones medidas en la superficie de un pavimento, Su medición es simple, rápida, económica y "no destructiva", La deflexión de la superficie es sin duda la que ofrece las posibilidades de análisis más amplias.

A nivel mundial se cuenta con una gran cantidad de equipos para determinar deflexiones en campo, sin embargo, en el Perú el de mayor uso es el deflectómetro tipo Viga Benkelman.

El presente Informe de Suficiencia contiene tres capítulos, siendo el primero el estudio de pre inversión a nivel de perfil, el segundo se basa en los fundamentos teóricos con la Viga Benkelman, el tercero el procesamiento e interpretación de resultados aplicados al tramo Km 118+000, Km 120+000 de la carretera Cañete-Yauyos-Chupaca y finalmente se presentan las conclusiones, recomendaciones, bibliografía y anexos.

CAPITULO I: PERFIL DEL PROYECTO

1.1 ASPECTOS GENERALES:

El Ministerio de Transportes y Comunicaciones viene desarrollando su política de mantenimiento y conservación de la Red Vial Nacional; es así que a través del Proyecto Especial de Infraestructura de Transporte Nacional - PROVIAS NACIONAL está tercerizando estos trabajos por Niveles de Servicio.

De esta forma se busca mantener las vías nacionales con una adecuada serviciabilidad, interviniendo en forma oportuna y metódicamente mediante las actividades de Conservación Rutinaria, Conservación Periódica, Reparaciones Menores y atención de emergencias viales.

Todas las actividades están previstas para su desarrollo bajo los lineamientos de las correspondientes Especificaciones Técnicas y con las normas actualmente vigentes.

Mediante el Contrato: N° 288-2007-MTC/20, del 27 de Diciembre del 2,007 celebrado con PROVIAS NACIONAL, el Consorcio Gestión de Carreteras asume la responsabilidad de efectuar el servicio de Conservación del Corredor Vial Cañete – Lunahuaná – Pacarán – Dv. Yauyos – Roncha – Chupaca (281,73 km) y el Mejoramiento del Tramo Zúñiga – Dv. Yauyos – Roncha a nivel de solución básica.

Con esta solución básica se busca obtener un “Cambio de Estándar” de la vía, desde el punto de vista del mejoramiento de la serviciabilidad, respecto del actualmente brindado, mediante la colocación de material granular estabilizado y protegida con una capa bituminosa. Los Términos de Referencia señalan que esta Solución Básica se debe aplicar sobre la superficie actual de la vía, previamente reconformada, no se realizan cambios en la geometría.

1.1.1 UBICACIÓN DEL PROYECTO:

La carretera Cañete – Lunahuaná – Pacarán – Zúñiga – Dv. Yauyos – Ronchas – Chupaca se encuentra ubicado en la región central del país, abarcando los departamentos de Lima y Junín, pasando la vía por los poblados de: Imperial, Nuevo Imperial, La Encañada, Caltopa, Socsi, Incahuasi, Jita, Lunahuana, Jacayita, Jacaya, Romani, Pacaran, Zúñiga, San Juan, San Jerónimo, Huayampi, Catahuasi, Canchan, Chichicay, Capillucas, Calachota, Pte. Auco,

Dv. A Yauyos (Magdalena), Huayña, Tinco Huantan, LLapay, Tinco Alis, Alis, Tomas Huancachi, Tinco Yauricocha, Abra Chaucha, Abra Negro Bueno (Lima); así como San José de Quero, Chaquicocha, Collpa, Roncha, Angasmayo, Huarisca y Chupaca (Junín); pertenecientes a la ruta nacional 024.

PROGRESIVA	POBLADO
01+805	CAÑETE
04+988	IMPERIAL
08+925	NUEVO IMPERIAL
16+855	LA ENCAÑADA
22+905	CALTOPA
27+805	SOCSI
29+405	INCAHUASI
37+335	JITA
38+975	LUNAHUANA (Pueblo)
42+755	LUNAHUANA (Uchupampa)
45+405	JACAYITA
48+935	JACAYA
51+185	ROMANI
54+662	PACARAN
58+405	ZUÑIGA
67+405	SAN JUAN
73+005	SAN JERONIMO
77+105	HUAYLLAMPI
78+805	CATAHUASI
83+345	CANCHAN
93+915	CHICHICAY
96+445	CAPILLUCAS
106+845	CALACHOTA
114+605	PTE. AUCCO
128+805	MAGDALENA – DV. YAUYOS
136+305	HUAYÑA
142+165	TINCO HUANTAN
156+105	LLAPAY
161+805	TINCO ALIS
164+905	ALIS
172+895	TOMAS
176+605	HUANCACHI
183+485	TINCO YAURICOCHA
195+315	ABRA CHAUCHA
213+125	ABRO NEGROBUENO
231+105	SAN JOSE DE QUERO
241+405	CHAQUICOCHA
248+005	COLLPA
256+990	RONCHAS
260+305	ANGASMAYO
265+800	HUARISCA
273+531	CHUPACA
284+531	HUANCAYO

Gráfico 1-1
CORREDOR VIAL CAÑETE – LUNAHUANA – PACARÁN – DV. YAUUYOS –
RONCHAS - CHUPACA



1.1.2 GEOMORFOLOGIA

Los rasgos geomorfológicos que presenta el área de estudio, son el resultado de procesos geotectónicos y plutónicos, sobre impuestos por los procesos de geodinámica que han modelado el rasgo estructural de la región.

Entre las formas estructurales que han controlado el modelado de la región, cabe mencionar el anticlinal de Lima y los bosques fallados como productos del dislocamiento regional. Así mismo, la erosión, la incisión por drenaje y la acumulación de arena eólica sobre grandes extensiones de la zona, han dado la configuración del actual relieve; el mismo que va desde el nivel medio del mar en el borde litoral hasta 3600 m. de altura, sobresaliendo rasgos geomorfológicos clasificados como unidades, y que se describen a continuación:

Estribaciones Andinas

Comprendida entre los 400 a 1,000 m.s.n.m., tiene una topografía intermedia, con pendientes hasta los 45°, mayormente.

Flanco disectado Andino

Está comprendida dentro de la región de la Cordillera Occidental de los Andes y se define entre los 1,000 a 4,000 m.s.n.m., esta zona está delimitada por las estribaciones andinas y el borde del altiplano. Muestra una topografía abrupta con pendientes que llegan hasta los 60° mayormente.

Altiplano

Se localiza entre los 4,000 a 4,800 m.s.n.m., la topografía presenta un relieve suave a moderado, caracterizado también por una morfología de típico modelado glaciar y fluvioglaciar; como son los valles en "U", depósitos morrénicos y depósitos fluvioglaciares, entre otros.

Divisoria Continental

Es un rasgo topográfico importante, pues como su nombre lo indica divide las aguas de la vertiente del Pacífico de las del Atlántico. Se caracteriza por una cadena de cerros con formas topográficas de típico modelado glaciar, se desarrolla en este tramo sobre los 4,800 m.s.n.m.

Depresión de Huancayo

Se le menciona por ser un rasgo importante, es una depresión alargada con dirección NW-SE, en el cuadrángulo de Huancayo, su altitud varía entre los 3160 y 3350 m.s.n.m. El río Mantaro la atraviesa siguiendo su eje, el fondo de la cuenca está tapizado por gruesas formaciones Cuaternarias que conforman un sistema escalonado de terrazas, las más antiguas están afectadas por flexuras y pliegues que pueden ser fácilmente observados.

1.1.3 GEOLOGIA

La determinación del recurso geológico de la zona, permite conocer la disponibilidad de materiales aptos para la construcción de la futura Carretera, indicando los lugares recomendables a ser utilizados como canteras, así como los sitios que servirán de depósitos de materiales excedentes, sin que esto signifique causar grandes daños al entorno.

- Intrusivo-Tiabaya (Ki-tdi-t)
- Intrusivo - Catahuasi (K-gdt-c)
- Formación Asia - Morro Solar (JsKi-a-ms)

- Formación Tantará (Ti-t)
- Formaciones Oyon / Chimú (JsKi-och)
- Formaciones Santa - Carhuaz (Ki - sa - ca)
- Formación Goyarisquizga y Pariahuanca (Ki - gp)
- Formación Jumasha (Ks-j)
- Formaciones Chulec - Pariahuanca - Pariatambo (K-ch-pt)
- Formación Celendín (Ks-ce)
- Grupo Pucará (Tr-Ji-pu)
- Formación Casapalca (Ki-Ti-C)
- Formación Ingahuasi (Ts-ti)
- Formación Matahula (Ts-m)

Recursos Hídricos

El conocimiento de los recursos hídrico de la zona por donde va a pasar el trazo de Carretera, va a permitir adoptar las medidas de mitigación necesarias, cuando se produzcan las avenidas de los ríos y que estas causen el menor daño posible en las estructuras de los puentes, canales de regadío y en la misma vía.

La carretera Lunahuaná – Chupaca, va a interceptar en su recorrido los cursos de aguas de los ríos Cañete y Mantaro que pertenecen a la vertiente del Pacífico y del Atlántico respectivamente. Estos ríos tienen características diferentes en lo que respecta a volumen de sus aguas, régimen, pendientes de sus lechos. En forma general, los ríos de la vertiente del Pacífico son de corto recorrido y fuerte pendiente, con una gran variación en el volumen de sus aguas a lo largo del año, no son navegables en pequeñas embarcaciones.

La alimentación de sus aguas es de origen glacio-niveo-pluvial y mientras las lluvias originan crecientes, durante el invierno austral, la licuación del hielo y la nieve es fuente importante para mantener las escasas aguas durante la estación seca del invierno.

En la época de lluvias, estos ríos incrementan considerablemente su caudal y el volumen de aguas que transportan sobrepasan ampliamente la necesidad de uso múltiple que se le da a lo largo de su recorrido. En el período comprendido entre los meses de diciembre-abril que las crecientes son tan grandes que

producen inundaciones en los valles del desierto costero. En la región interandina es el período en que se producen los huaycos que afectan campos de cultivo, ciudades e infraestructura de riego y transportes. También es la época de aluviones, que teniendo diversos orígenes tales como obstrucciones de lechos fluviales que son las causas que ocasionan grandes desastres en la costa.

Los ríos del sistema hidrográfico pertenecientes a la cuenca del Atlántico, son en cambio de largo recorrido y en conjunto presentan un perfil longitudinal de su lecho con menor pendiente, aunque existe un sector interandino donde las aguas amazónicas descienden violentamente por lechos con pendientes pronunciadas que están en profundos cañones. Estos ríos al ingresar en la selva alta, comienzan a ser navegables, y al entrar a la selva baja con un incremento en el volumen de sus aguas, permiten el tráfico de embarcaciones mayores.

CLIMA

El área comprometida en el proyecto se ubica en diferentes regiones. A continuación se señalan las temperaturas típicas que se dan en estas regiones:

Yunga (500 msnm - 2300 msnm): Esta región se caracteriza por ser de sol dominante durante casi todo el año. La temperatura fluctúa entre 20 y 27°C durante el día; las noches son frescas, a causa de los vientos que bajan de las regiones más altas.

Las localidades que se encuentran con esta configuración son: Zúñiga (821 msnm) en el Km. 56+600, Catahuasi (1206 msnm) en el Km. 77+000, Capillucas (1581 msnm) en el Km. 94+640, Calachota (1740 msnm) en el Km. 105+040, y Dv. Yauyos o Magdalena (2289 msnm) en el Km. 127+000).

Quechua (2300 msnm – 3500 msnm): El clima es templado con notable diferencia entre el día y la noche, el sol y la sombra. La temperatura media anual fluctúa entre 11°C y 16°C; las máximas entre 22°C y 29°C; y las mínimas entre 7°C y -4°C. La humedad atmosférica es poco sensible, aún cuando el suelo es normalmente húmedo, como consecuencia de las lluvias que caen con regularidad en el verano (diciembre a marzo).

Localidades ubicadas en esta región son: Tinco Huantan (2640 msnm) en el Km. 140+360, Llapay (2950 msnm) en el Km. 154+300, y Alis (3261 msnm) en el Km. 163+100. Al otro lado de la cordillera se ubica Roncha (3358 msnm) en el Km. 255+185.

Suni o Jalca (3500 msnm a 4000 msnm): El clima es frío debido a la elevación ya los vientos locales. La temperatura media anual fluctúa entre 7°C y 10°C, máximas superiores a 20°C y mínimas invernales de -1°C a -16°C. El aire es transparente y las nubes se presentan en grandes cúmulos aborregados, simulando nítidas y caprichosas esculturas, muy blancas y brillantes. La precipitación promedio es de 800 mm por año.

La localidad llamada Tomas (km 171+090) se ubicada en esta región. Se encuentra a 3566 msnm. Al otro lado de la cordillera se ubican: San José de Quero (3908 msnm) en el km 229+300, Chaquicocha (3650 msnm) en el km 239+600, y Collpa (3508 msnm) en el km 246+200.

Puna (4000 msnm y 4800 msnm): La temperatura media anual es superior a 0°C e inferior a 7°C. La máxima entre setiembre y abril, es superior a 15°C llegando hasta 22°C. Las mínimas absolutas, entre mayo y agosto oscilan entre -9°C y -25°C. La precipitación fluctúa entre 200 mm y 1000 mm al año.

En esta región ubicamos localidades o lugares como: Tinco Yauricocha (4040 msnm) en el km 181+680, Abra Chaucha (4751 msnm) en el km 193+510, Abra Negro Bueno (4666 msnm) en el km 211+320).

ESTUDIO DE SUELOS

Del análisis de los resultados de campo y laboratorio se puede configurar el perfil estratigráfico, de la siguiente manera:

km 57+000 – km 63+650. Se tiene una capa superior de 30 cm de espesor como mínimo, que corresponde a antiguos trabajos de mantenimiento del afirmado, se trata de una arenas y gravas limosas que clasifica en el Sistema SUCS como SC-SM y GC-GM, mientras que en el sistema AASHTO como A-1-b(0) y A-1-a(0); la forma de los agregados gruesos es subangular, su matriz de color marrón claro es de escasa plasticidad; tiene bolonería comprendido entre 3% y 10% con tamaño máximo de 7". Bajo él se encuentra un material areno-limoso, cuya clasificación SUCS es SC y AASHTO es A-2-4(0), siendo los

agregados gruesos también de forma subangular; este estrato también contiene bolonerías entre 2% y 8% cuyo tamaño máximo es de 6”.

En este sector se tiene áreas de cultivo a ambos lados de la vía, encontrándose en su gran mayoría sobre la plataforma vial.

km 63+650 – km 88+600. Sector de carretera donde, en su gran mayoría el material de la plataforma vial clasifica en el sistema SUCS como SC-SM y en el sistema AASHTO es variable entre A-1-b(0) y A-2-4(0). Los agregados gruesos de este material arenoso son de forma subangular, mientras que la matriz tiene plasticidad comprendida entre escasa a moderada (como máximo I.P. = 6%).

En la subrasante se han encontrado bolonerías, sin embargo a partir del km 67+700, se encuentra aproximadamente a partir de los 0,40 m (en promedio) mayor concentración de ellos, entre 40% y 50% y en tamaños variables entre 4” a 8”.

Desde el km 63+650 al km 66+600, la plataforma vial también se encuentra rodeada por áreas de cultivo. A partir del km 66+600 el panorama es desértico y transcurre a media ladera por la quebrada, observándose en los taludes sectores con material aluvional, terrazas de depósitos fluviales y cortes en rocas macisas.

km 88+600 – km 91+500. La subrasante es una arena arcillosa cuya plasticidad promedio es de I.P. = 12%. Su clasificación de suelos en el sistema SUCS es SC, mientras que en el sistema AASHTO es A-6(2). También en este estrato, a partir de los 0,40m se ha encontrado bolonería entre 40% y 50% cuyo tamaño máximo es de 7”. La capacidad de soporte de este suelo expresado en CBR es de 7% al 95% de la Máxima Densidad Seca del material.

km 91+500 – km 96+600. En este sector mayoritariamente se tiene mayoritariamente suelos gravosos que en el sistema SUCS clasifican como GC-GM, mientras que en el sistema AASHTO es A-1-a(0) a A-1-b(0). Su Índice de Plasticidad varía se encuentra entre 4,9% y 6,1%. En estos suelos también se aprecia la presencia de bolonería, la cual se incrementa a partir de 0,40m a valores comprendidos entre 40% y 60%.

km 96+600 – km 106+600. Presencia mayoritaria de arenas limo-arcillosas, con clasificación de suelos SUCS igual a SC-SM, mientras que en AASHTO es igual a A-1-b(0). Su plasticidad es baja y variable entre 4,9% y 6,0%. Se tiene

presencia de bolonerías, en poca proporción en la capa superior, mientras que a partir de 0,50 aumenta su presencia a 50%.

km 106+600 – km 114+600. En los estratos se encuentran gravas y arenas de matriz limo-arcillosa. Estos materiales clasifican en el sistema SUCS como GC-GM y SC-SM, y en el AASHTO como A-1-b(0). Las bolonerías se encuentran en todo el estrato, pero a partir de 0,40 m aproximadamente, se encuentra mayor concentración de éstos (aproximadamente entre 40% y 50%).

Por debajo de esta capa se encuentra roca a partir de 1,50 m.

km 114+600 – km 130+000. Arenas limo-arcillosas, con clasificación de suelos SUCS igual a SC-SM, mientras que en AASHTO es igual a A-1-b(0). Su plasticidad es baja y variable entre 4,6% y 6,4%. Se tiene presencia de bolonerías, en poca proporción en la capa superior, mientras que a partir de 0,50 aumenta su presencia entre 40% y 50%.

km 130+000 – km 220+000. Arenas y gravas limosas y arcillosa, de mediana a baja plasticidad, clasificando en el sistema SUCS como GC, GC-GM, SC, SC-SM, y en el AASHTO, A-2-4(0). La plasticidad es variable entre 5,7% y 9,2%. Varias perforaciones no han llegado al 1,50m, debido a que aproximadamente desde los 0,30m hasta los 1,50m, se ha ubicado roca.

km 220+000 – km 240+000. Sector de carretera donde en la mayoría de los casos se tiene una capa granular superficial entre 0,20m y 0,30m que clasifica como GM-GC o SC-SM, mientras que en el AASHTO es A-2-4(0). Subyacente se encuentra una capa de arena-arcillosa y de arcilla SC, CL y en AASHTO A-2-6 y A-6 (4), cuya capacidad de soporte CBR es bajo.

km 240+000 – km 248+000. Arena arcillosa y arena limo-arcillosa que clasifica en el sistema SUCS como SC o SM-SC, y en el sistema AASHTO como A-2-4(0). Su plasticidad es media, encontrándose que varía entre 6,8% y 9,7%.

km 248+000 – km 258+000. En este sector se tiene también una capa granular superficial entre 0,20m y 0,30m que clasifica como GC y GM-GC, mientras que en el AASHTO es A-2-4(0). Subyacente se encuentra una capa de arena-arcillosa y de arcilla SC, CL y en AASHTO A-6(1), cuya capacidad de soporte CBR es bajo.

Cuadro 1-1
CUADRO RESUMEN DE CBR

SUBSECTOR (km – km)	CBR (%) al 95% de MDS	CALIFICACION
57+450 – 130+000	20	Regular
130+000 – 220+000	18	Regular
220+000 – 240+000	5	Malo
240+000 – 248+000	15	Regular
248+000 - 258+000	4	Malo

1.2 OBJETIVOS DEL PROYECTO:

1.2.1 Planteamiento del Problema.- Se propone como problema principal: “**La Seguridad Vial**” como consecuencia del cambio de estándar y la mejora de la transitabilidad en los dos primeros años en la vía Cañete – Chupaca. Como consecuencia se tiene un mayor flujo vehicular con el respectivo incremento del IMD. Originando una mayor cantidad de accidentes.

1.2.2 Objetivo del Proyecto de Conservación Vial.- El objetivo principal del proyecto es la integración de las regiones Lima y Junín, brindando las facilidades en el transporte de pasajeros y carga, con la finalidad de mejorar el nivel de vida de la población, nivel de transitabilidad permitiendo el aumento del nivel de competitividad de la Carretera Cañete – Yauyos – Chupaca, como eje de integración de la costa y el valle del río Mantaro, y vía alterna a la Carretera Central.

1.2.3 Alternativa de Solución

En esta alternativa se propone mantener la serviciabilidad de la Carretera Cañete – Yauyos – Chupaca mediante un **Tratamiento Superficial Monocapa** en los sectores Pacarán – Zúñiga, Zúñiga – Dv. Yauyos – San José de Quero y Ronchas – Chupaca y **Slurry Seal** en el sector San José de Quero - Ronchas. Se mantendrán las mismas actividades de limpieza de cunetas, limpieza de alcantarillas, eliminación de derrumbes, limpieza de señales, limpieza de puentes, limpieza de hitos, limpieza de guardavías, roce, tratamiento de fisuras, parchado, bacheos, mitigación ambiental e implementación de señales adecuados para la vía.

Cuadro 1-2
TRABAJOS DE CONSERVACION A REALIZAR – ALTERNATIVA
SELECCIONADA

N°	Tramo	Partida	Cantidad	Unidad	Total Grupo 5 (Alt.02)
1	Cañete – Lunahuana	Conservación Rutinaria (antes de Rehabilitación)	40,75	Km.-Año	0,00
2	Cañete – Lunahuana	Conservación Rutinaria (después de Rehabilitación)	40,75	Km.-Año	1 747 413,38
3	Lunahuana – Pacarán	Conservación Periódica.	12,49	Km.	0,00
4	Lunahuana – Pacarán	Conservación Rutinaria.	12,49	Km.-Año	736 840,06
5	Pacarán – Zúñiga	Conservación Rutinaria en vía afirmada (antes de la construcción)	4,15	Km.-Año	0,00
6	Pacarán – Zúñiga	Conservación Rutinaria en vía asfaltada (después de la construcción)	4,15	Km.-Año	287 537,11
7	Zúñiga – Dv. Yauyos	Conservación Rutinaria en vía afirmada (antes del cambio de Standard)	72,6	Km.-Año	0,00
8	Zúñiga – Dv. Yauyos	Cambio de Standard – Solución Básica	72,6	Km.	0,00
9	Zúñiga – Dv. Yauyos	Conservación Rutinaria en Solución Básica (después del cambio de Standard)	72,6	Km.-Año	5 949 873,47
10	Zúñiga – Dv. Yauyos	Conservación Periódica en Solución Básica	72,6	Km.	9 854 020,51
11	Dv. Yauyos - Ronchas	Conservación Rutinaria en vía afirmada (antes del cambio de Standard)	26	Km.-Año	0,00
12	Dv. Yauyos - Ronchas	Cambio de Standard – Solución Básica	26	Km.	6 846 630,70
13	Dv. Yauyos - Ronchas	Conservación Rutinaria en Solución Básica (después del cambio de Standard)	135,13	Km.-Año	8 138 190,74
14	Ronchas – Chupaca	Conservación Rutinaria en vía afirmada (antes de la construcción)	16,61	Km.-Año	0,00
15	Ronchas – Chupaca	Conservación Rutinaria en vía asfaltada (después de la construcción)	16,61	Km.-Año	696 225,76
16	Relevamiento de información	Estudio de Tráfico, Origen Destino e Inventario Calificado	281,73	Km.-Año	653 754,47
17	Atención de Emergencias Extraordinarias	Derrumbes mayores a 200 m3 por evento, no son acumulables, se pagará cuando ocurra	15000	M3	640 350,00

Inversión	6 846 630,70
Conservación	28 704 205,48
Total (S/.)	35 50 836,18

1.3 RESUMEN DEL ESTUDIO DE PRE INVERSION A NIVEL DE PERFIL

1.3.1 COSTOS

Para el presente perfil los Costos Operativos Vehiculares se han basado en los costos modulares elaborados por la Oficina General de Presupuesto y Planificación del MTC. Los costos de Inversión se han estimado en base a experiencias anteriores en zonas similares. Para el mantenimiento, los costos se han considerado que no varían con el incremento de tráfico; teniendo en cuenta el nivel de análisis en que se encuentra el estudio y los niveles de tráfico de los tramos de este proyecto.

Para la conversión de precios financieros a precios económicos se han utilizado los factores de 0.75 para los costos de mantenimiento y 0.79 para los de inversión.

Se plantea que la inversión se ejecuta en el primer año.

Cuadro 1-3
COSTOS FINANCIEROS DE INVERSION

ANALISIS DE COSTOS	REGION	US\$ x Km
Slurry Seal (1")	Costa y Sierra	142,584.89
Monocapa – Slurry Seal	Costa y Sierra	126,187.61
Monocapa - Slurry Seal - Mayor Señalización	Costa y Sierra	142,520.30

Fuente: Elaboración Propia

En el siguiente cuadro se indica los COV de los usuarios para las alternativas propuestas.

Cuadro 1-4
COSTOS DE OPERACIÓN VEHICULAR

Tipo de Vehículo	Costos Operativos Vehiculares (COV)			
	(US\$ Veh/Km)			
	Sin Proyecto Afirmado Malo	Mejoramiento Slurry Seal Alternativa 1	Mejoramiento Monocapa – Slurry Seal Alternativa 2	Mejoramiento Monocapa – Slurry Seal+Señalización Alternativa 3
Auto	0.53	0.24	0.23	0.22
Camioneta	0.7	0.25	0.245	0.24
Camioneta Rural	1.09	0.51	0.49	0.47
Omnibus	1.48	0.56	0.54	0.53
Camión 2E	2.49	0.72	0.65	0.58
Camión 3E	2.95	0.93	0.86	0.79
Articulados	3.29	1.15	1.07	1.03

Fuente: Elaboración Propia

1.3.2 BENEFICIOS

El mantenimiento tanto periódico como rutinario de la carretera generara beneficios atribuibles al proyecto, como son:

- Reducción de los Costos de operación de los vehículos,
- Reducción de los tiempos de recorrido,
- Mejora la comodidad para la circulación vehicular y aminora los accidentes de tráfico por causa del mal estado de la vía,
- Todo lo cual facilita el acceso de los bienes producidos en las localidades apartadas hacia los centros consumidores y ayuda a expandir los servicios públicos de diferente índole en las zonas rurales.

Cuadro 1-5**AHORRO DE COV DEBIDO A LA ALTERNATIVA SELECCIONADA**

Vehículo	2010	2011	2012	2013
Auto	-	10,746,767.52	11,294,852.66	11,870,890.15
Camioneta	-	1,422,487.05	1,495,033.89	1,571,280.62
Camioneta Rural	-	918,596.52	928,701.08	938,916.80
Ómnibus	-	516,096.31	521,773.37	527,512.87
Camión 2E y 3E	-	7,681,684.53	8,157,948.97	8,663,741.80
Articulados	-	11,959,613.97	12,701,110.04	13,488,578.86
	Total:	33,245,245.90	35,099,420.01	37,060,921.10

1.3.3 EVALUACION ECONOMICA

La evaluación económica para este caso se realizó por el método del VAN (Valor actual neto) y el TIR (Tasa de interés de retorno). Considerando una tasa de descuento de 11%. En los siguientes cuadros se resume la evaluación económica de las alternativas planteadas.

Cuadro 1-6**VALOR ACTUAL NETO DEL PROYECTO – ALTERNATIVA SELECCIONADA**

Año	Ahorro por Costos Mantenimiento	Ahorro por reducción de COV	Flujo Neto del Proyecto
2010	-27,884,427.96	-	-27,884,427.96
2011	-306,596.90	35,099,420.01	34,792,823.11
2012	1,473,584.54	37,060,921.10	38,534,505.64
2013	-1,246,938.39	0.00	-1,246,938.39
		VAN (US\$)	33,824,176.35
		TIR	94.61%
		B/C	1.20

Cuadro 1-7
CUADRO RESUMEN ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD

VARIABLES	ALTERNATIVA ESCOGIDA	OBSERVACIONES
<ul style="list-style-type: none"> Se mantiene tasa de crecimiento. Se mantiene costos de conservación. Se mantiene costo de operación vehicular (COV). 	MONOCAPA/ SLURRY	VAN (x10 ⁶ US\$) 33.8 TIR (%) 94.61 B / C 1.60
<ul style="list-style-type: none"> Tasa de crecimiento aumenta 10%. Costos de conservación aumenta 10%. COV aumenta 5%. 	MONOCAPA/ SLURRY	VAN (x10 ⁶ US\$) 40.5 TIR (%) 110.02 B / C 1.44
<ul style="list-style-type: none"> Tasa de crecimiento disminuye 10%. Costos de conservación disminuye 10%. COV disminuye 5%. 	NINGUNA	B / C ₁ 0.69 B / C ₂ 0.99 B / C ₃ 0.80
<ul style="list-style-type: none"> Tasa de crecimiento aumenta 10%. Costos de conservación aumenta 10%. COV disminuye 5%. 	MONOCAPA/ SLURRY	VAN (x10 ⁶ US\$) 34.0 TIR (%) 95.0 B / C 1.21
<ul style="list-style-type: none"> Tasa de crecimiento disminuye 10%. Costos de conservación disminuye 10%. COV aumenta 5%. 	MONOCAPA/ SLURRY	VAN (x10 ⁶ US\$) 33.6 TIR (%) 94.21 B / C 1.20
<ul style="list-style-type: none"> Tasa de crecimiento aumenta 10%. Costos de conservación se mantiene. COV aumenta 5%. 	MONOCAPA/ SLURRY	VAN (x10 ⁶ US\$) 40.5 TIR (%) 109.87 B / C 1.44
<ul style="list-style-type: none"> Tasa de crecimiento aumenta 10%. Costos de conservación se mantiene. COV disminuye 5%. 	MONOCAPA/ SLURRY	VAN (x10 ⁶ US\$) 34.0 TIR (%) 94.86 B / C 1.21
<ul style="list-style-type: none"> Tasa de crecimiento disminuye 10%. Costos de conservación se mantiene. COV aumenta 5%. 	MONOCAPA/ SLURRY	VAN (x10 ⁶ US\$) 33.7 TIR (%) 94.34 B / C 1.20
<ul style="list-style-type: none"> Tasa de crecimiento disminuye 10%. Costos de conservación se mantiene. COV disminuye 5%. 	NINGUNA	B / C ₁ 0.69 B / C ₂ 0.99 B / C ₃ 0.80
<ul style="list-style-type: none"> Tasa de crecimiento se mantiene. Costos de conservación aumenta 10%. COV aumenta 5%. 	MONOCAPA/ SLURRY	VAN (x10 ⁶ US\$) 36.9 TIR (%) 101.90 B / C 1.31
<ul style="list-style-type: none"> Tasa de crecimiento se mantiene. Costos de conservación disminuye 10%. COV aumenta 5%. 	MONOCAPA/ SLURRY	VAN (x10 ⁶ US\$) 36.9 TIR (%) 101.62 B / C 1.31
<ul style="list-style-type: none"> Tasa de crecimiento se mantiene. Costos de conservación disminuye 10%. COV disminuye 5%. 	MONOCAPA/ SLURRY	VAN (x10 ⁶ US\$) 30.7 TIR (%) 87.27 B / C 1.09

VARIABLES	ALTERNATIVA ESCOGIDA	OBSERVACIONES
<ul style="list-style-type: none"> Tasa de crecimiento se mantiene. Costos de conservación aumenta 10%. COV disminuye 5%. 	MONOCAPA/ SLURRY	VAN (x10 ⁶ US\$) 30.8 TIR (%) 87.54 B / C 1.10
<ul style="list-style-type: none"> Tasa de crecimiento aumenta 10%. Costos de conservación aumenta 10%. COV se mantiene. 	MONOCAPA/ SLURRY	VAN (x10 ⁶ US\$) 37.3 TIR (%) 102.53 B / C 1.33
<ul style="list-style-type: none"> Tasa de crecimiento disminuye 10%. Costos de conservación aumenta 10%. COV se mantiene. 	MONOCAPA/ SLURRY	VAN (x10 ⁶ US\$) 30.7 TIR (%) 87.62 B / C 1.09
<ul style="list-style-type: none"> Tasa de crecimiento disminuye 10%. Costos de conservación disminuye 10%. COV se mantiene. 	MONOCAPA/ SLURRY	VAN (x10 ⁶ US\$) 30.7 TIR (%) 87.36 B / C 1.09
<ul style="list-style-type: none"> Tasa de crecimiento aumenta 10%. Costos de conservación disminuye 10%. COV se mantiene. 	MONOCAPA/ SLURRY	VAN (x10 ⁶ US\$) 37.2 TIR (%) 102.25 B / C 1.33
<ul style="list-style-type: none"> Tasa de crecimiento aumenta 10%. Costos de conservación disminuye 10%. COV aumenta 5%. 	MONOCAPA/ SLURRY	VAN (x10 ⁶ US\$) 40.5 TIR (%) 109.73 B / C 1.44
<ul style="list-style-type: none"> Tasa de crecimiento disminuye 10%. Costos de conservación aumenta 10%. COV aumenta 5%. 	MONOCAPA/ SLURRY	VAN (x10 ⁶ US\$) 33.7 TIR (%) 94.48 B / C 1.20
<ul style="list-style-type: none"> Tasa de crecimiento disminuye 10%. Costos de conservación aumenta 10%. COV disminuye 5%. 	NINGUNA	B / C ₁ 0.69 B / C ₂ 0.99 B / C ₃ 0.80
<ul style="list-style-type: none"> Tasa de crecimiento aumenta 10%. Costos de conservación disminuye 10%. COV disminuye 5%. 	MONOCAPA/ SLURRY	VAN (x10 ⁶ US\$) 34.0 TIR (%) 94.73 B / C 1.21

Nota ilustrativa:

- VAN = Valor Actual Neto (S/.)
 TIR = Tasa Interna de Retorno (%)
 B = Beneficios (S/.)
 C = Costo de Inversión (S/.)
 B/C = Relación Beneficio Costo

CAPITULO II: MARCO TEORICO

2.1 FUNDAMENTOS TEORICOS CON LA VIGA BENKELMAN

La Viga Benkelman como algunos otros equipos de medición se desarrollaron en el marco del crecimiento de la construcción de las carreteras asfaltadas y se necesitaba de instrumentos para medir el estado estructural del pavimento desde el punto de vista de las deflexiones, es así que investigadores e instituciones realizaron estudios en busca de nuevos métodos prácticos y confiables de control para conocer las deflexiones.

La Viga Benkelman se desarrollo en los Estados Unidos por su creador Alvin C. Benkelman, Ingeniero civil graduado de la Universidad de Michigan. En 1953 Alvin C. Benkelman propuso un método para medir las deflexiones, la denominada "Viga Benkelman", en el instituto WASHO (Western Association of State Highway Organizations"; desde entonces ha sido ampliamente usada para el control de las deflexiones en la construcción y supervisión de carreteras.

Una versión modificación más limitada es el deflectometro, desarrollado en Argentina que es una especie de Viga Benkelman de 2 brazos, que solo permite la medición de la deflexión máxima y la deflexión a 25cm. Los métodos de análisis utilizados han sido empíricos y mecanísticos.

En el Perú se viene usando desde hace casi 20 años la Viga Benkelman de brazo simple y aplicando el método Canadiense para la determinación de curvas de deflexiones adoptado y normado en el método CONREVIAL.

La Viga Benkelman ya no se usa en los países desarrollados porque lo han reemplazado por equipos más especializados y precisos. Estos reemplazos se dan por la constante investigación que desarrollan acompañados de financiamiento; lo opuesto ocurre en países subdesarrollados. Los nuevos aparatos desarrollados son caros de adquirir en países como los de Sudamérica por lo cual se usa equipos alternativos de menor costo como la Viga Benkelman.

Desde 1990 el Ministerio de Transportes y Comunicaciones ha empezado a solicitar el uso de la Viga Benkelman para los estudios de evaluación de pavimentos tanto la construcción de carreteras en los controles de calidad como para la rehabilitación.

La evaluación estructural de pavimentos consiste básicamente, en la determinación de la capacidad portante del sistema pavimento-subrasante en una estructura vial existente en cualquier momento de su vida de servicio para establecer y cuantificar las necesidades de rehabilitación cuando el pavimento se acerca al fin de su vida útil o cuando el pavimento va a cambiar su función. Las necesidades de evaluar estructuralmente los pavimentos de una red aumentan a medida que se completa el diseño y la construcción de una red vial nacional o regional y Consecuentemente aumenta la necesidad de su preservación y rehabilitación.

2.2 EVALUACION ESTRUCTURAL NO DESTRUCTIVA

Ante un problema de evaluación estructural, el Ingeniero Vial tradicionalmente ha recurrido a la perforación de calicatas, a la toma de muestras para su ensayo en el laboratorio, y al análisis de cada uno de sus componentes (materiales) por separado, para incorporarlos luego en el sistema (pavimento) y deducir acerca de las características estructurales del mismo. Esta metodología es cara, lenta, altera el equilibrio del sistema al perforar y es "destructiva".

La alternativa presentada en este estudio es "no destructiva" y se basa en la interpretación de las deflexiones medidas en la superficie de un pavimento. Las deflexiones en la superficie de un pavimento reflejan una respuesta global del sistema pavimento-subrasante bajo una carga dada. Su medición es simple, rápida, económica y "no destructiva", es decir, no se alteran el equilibrio ni la integridad del sistema.

La metodología no destructiva se fundamenta en que la forma y dimensión de la curva de deflexiones encierran una valiosa información acerca de las características estructurales del pavimento y su subrasante. Para interpretar esta información en forma cuantitativa, se compara al pavimento-subrasante reales con un modelo matemático utilizando las deflexiones medidas para determinar los parámetros estructurales del sistema. Una vez determinados,

estos parámetros estructurales, puede usarse como insumo para establecer las necesidades de refuerzo. Podría decirse entonces que la metodología de evaluación estructural, por métodos no destructivos, es un proceso de diseño inverso ya que utiliza la respuesta del sistema para establecer sus Características estructurales, lo cual es generalmente opuesto a un proceso de diseño.

Otra característica de la metodología de evaluación no destructiva, es que por constituir la "muestra de ensayo" el pavimento mismo, esta representa el fiel reflejo de la compleja interacción entre sus componentes (capas de materiales y subrasante), y además esta "muestra" puede ser ensayada en cualquier momento de su vida sin disturbarla ni destruirla.

El desarrollo de soluciones para modelos matemáticos de pavimentos, la Simpleza, rapidez y economía de las mediciones de deflexiones y el carácter no destructivo de los ensayos, han contribuido al auge de las metodologías de evaluación estructural de pavimentos en los últimos años.

2.3 DEFLECTOMETRIA METODO EMPIRICO CONREVIAl

2.3.1 DEFLEXIONES

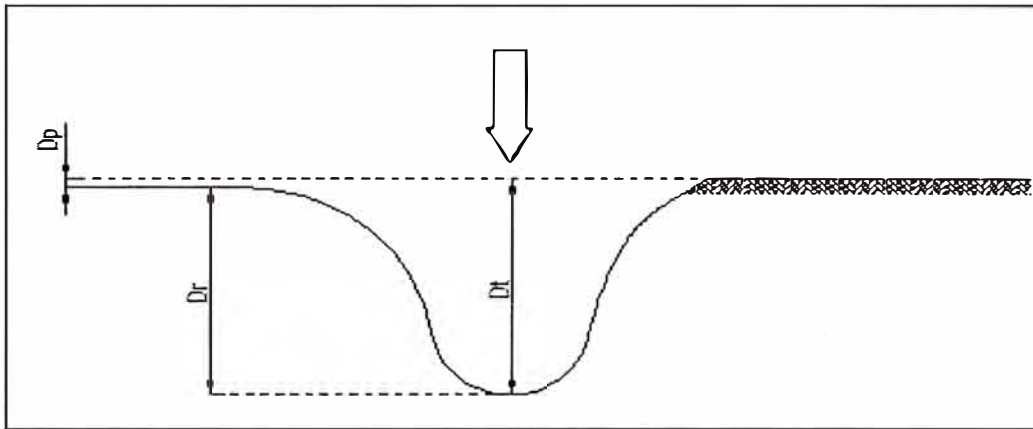
La deflexión es una medida de carácter elástico, pero intervienen esfuerzos plásticos los primeros desaparecen en cuanto se renuevan las cargas y los segundos son permanentes y su acumulación a través de las reiteraciones de las cargas produce las distorsiones de ahuellamiento en la superficie del pavimento. Por este motivo, se distingue tres tipos de deflexiones:

- a. Deflexión Total (DT): Es la deformación vertical puntual de una superficie bajo la acción de una carga.
- b. Deflexión recuperable o elástica (D_r): Es la recuperación elástica de la superficie que se produce al retirar la carga.
- c. Deflexión permanente o residual (D_p): Es la diferencia entre la posición original de la superficie antes de aplicar la carga y después de retirarla.

GRAFICO N°2.1

TIPOS DE DEFLEXIONES

(Fuente: Estudio CONREVIAL)



2.3.2 MEDICIÓN DE DEFLEXIONES EN EL PAVIMENTO

Las mediciones de deflexión en la superficie del pavimento, se pueden realizar con el equipo portátil denominado viga benkelman, cuya evaluación permite conocer los diferentes estados y propiedades del pavimento, de gran utilidad para el diseño, construcción y conservación de su estructura.

a. Relación de Equipos

- 1) Camión volquete de 8 – 12 m³ de capacidad, llantas de 16 lonas en optimo estado, 80 psi presión de inflado de llantas, un eje trasero con 8200kg (18,000 libras)
- 2) Balanza de plataforma para pesado del eje trasero del camión volquete
- 3) Viga Benkelman con sistema de bloqueo de brazo pivotante y sistema de vibración. Verificar la correcta operación del equipo y la relación de brazos
- 4) Dial indicador para toma de lecturas, con divisiones de 0.01 mm. Verificar la correcta operación del dial.
- 5) Sistema de referencia para colocación de la punta de la Viga Benkelman en el interior de las llantas dobles
- 6) Termómetro electrónico digital para la medición de la temperatura del asfalto
- 7) Equipo para perforación de pavimento asfáltico, para medición de temperatura (cincel o punzón de acero y comba de 10 libras)

- 8) Elementos de seguridad (chalecos de seguridad fosforescentes para todo el personal y 2 o 3 banderolas de tela roja

b. Relación de personal

- 1) Ingeniero de campo
- 2) Técnico de laboratorio para ejecución de lecturas
- 3) Auxiliar de laboratorio para medición de temperatura y espesor del pavimento
- 4) Ayudante para transporte y colocación de Viga Benkelman
- 5) Chofer de volquete
- 6) Ayudante Para seguridad (2)

c. Procedimiento de medición de campo

La Viga Benkelman es un instrumento que funciona según el principio de una palanca, uno de cuyos extremos se apoya en el pavimento deformado ante la aplicación de una carga, mientras que el otro está en contacto sensible con un deformímetro de precisión, con dial de lecturas graduado en centésimas de mm. Dependiendo de la relación de brazos del equipo y de la factibilidad que el dial proporcione la verdadera magnitud de las leídas, en forma automática, se establece si es necesario corregir o no las lecturas. La carga de ensayo es del orden de 8.2 Ton, que la proporciona el eje posterior simple de llanta doble de un camión. La presión de inflado de las llantas debe verificarse en 80 psi. Eventualmente la carga usada en los ensayos puede tener una variación en el orden $\pm 1\%$.

La viga Benkelman, de acuerdo a procedimientos estandarizados, no mide la deformación elástica del pavimento en un proceso de carga directa sino que, partiendo de un estado inicial en que este experimenta al ser descargado progresivamente.

Para ello se coloca la punta del instrumento, en un punto "D" seleccionado, bajo el centro de gravedad de una de las llantas dobles del camión que aplica la carga, y que inicialmente se encuentra estacionado. El pavimento, en consecuencia, por efecto del peso aplicado por las llantas experimenta una deformación elástica. En esa posición se gradúa el dial en "cero", que sería la lectura inicial.

Luego el camión avanza a una velocidad muy baja (1 a 3 km/h), como consecuencia el punto "D" del pavimento, donde está apoyada la punta de la Viga Benkelman, es liberado progresivamente de la carga a la que inicialmente estaba sometido, y por lo tanto, el pavimento en ese punto empieza igualmente a recuperarse del estado de deformación en que se encontraba.

Cuando el camión avanza 25cm, el pavimento en el punto "D" seguirá todavía parcialmente deformado; en esa posición se tomara una segunda lectura.

Finalmente, la llanta del camión se aleja completamente del punto "D" dejándolo completamente liberado de la influencia de su carga, y, en consecuencia, el pavimento en dicho punto se recuperará casi completamente del estado inicial de deformación, condición en la cual se toma una última lectura en el dial del deflectómetro.

GRAFICO N°2.2

ESQUEMA Y PRINCIPIO DE OPERACIÓN DE LA VIGA BENKELMAN

(Fuente: Estudio CONREVIAL)

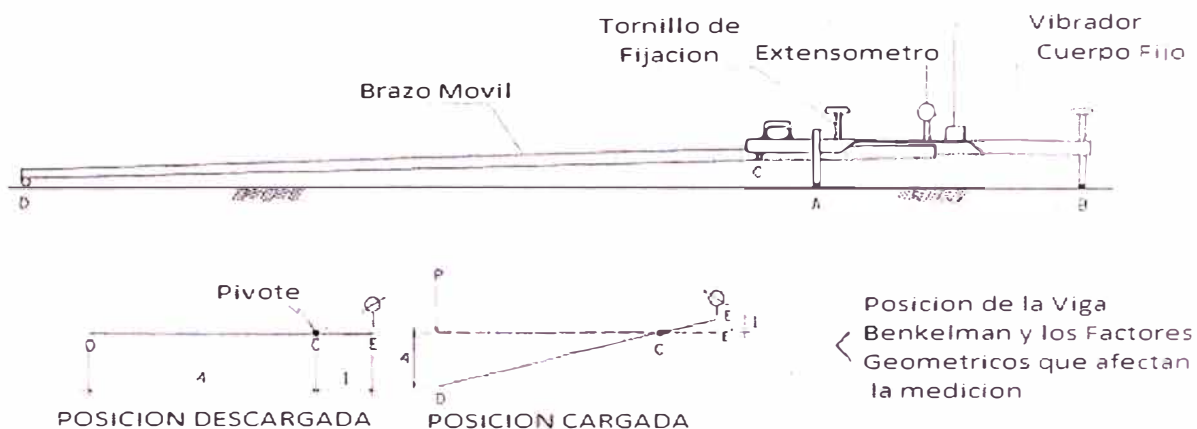


GRAFICO N°2.3

CONFIGURACION GEOMETRICA DEL SISTEMA DE CARGA EN ENSAYOS CON VIGA BENKELMAN

(Fuente: Estudio CONREVIAL)

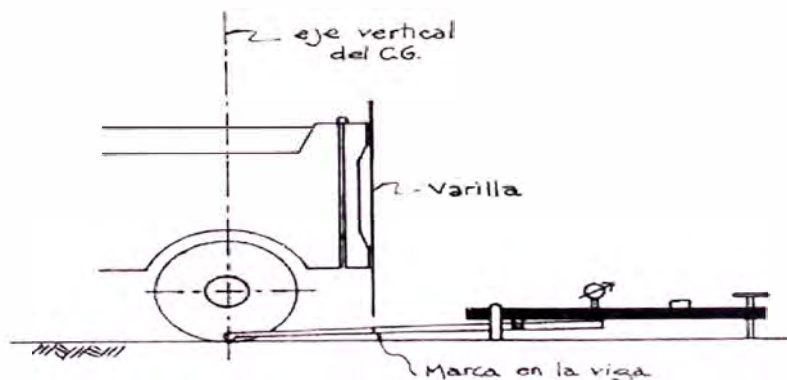
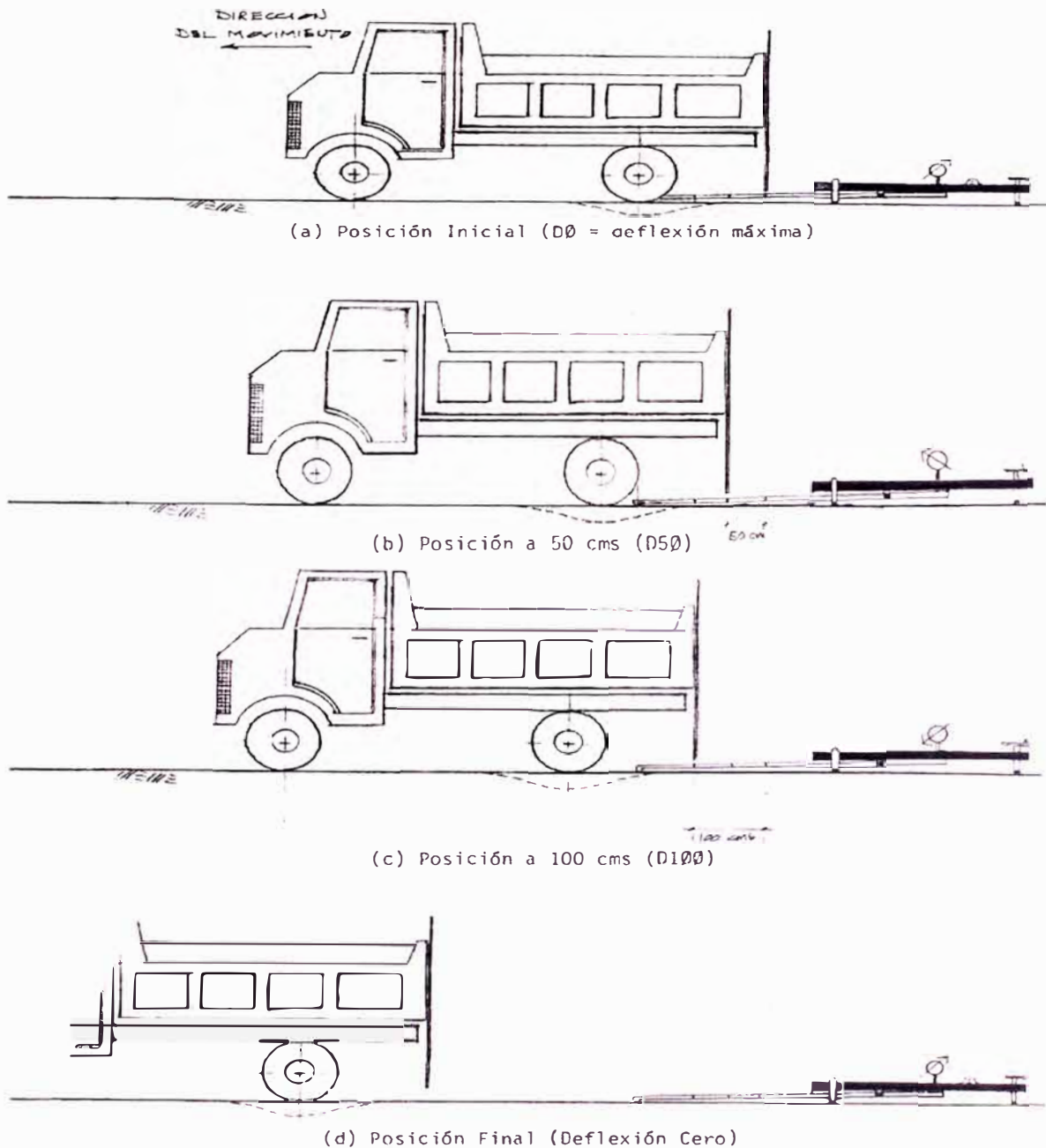


GRAFICO N°2.4

ESQUEMA DEL PROCESO DE MEDICION CON LA VIGA BENKELMAN (Fuente: Estudio CONREVIAL)



2.3.3 CALCULO DE DEFLEXIONES RECUPERABLES

El procedimiento para el cálculo de las deflexiones es simple. Para el caso de la deflexión máxima, se debe calcular la diferencia entre la lectura inicial y la lectura final. Para el caso de la deflexión a 25cm, se debe encontrar la diferencia entre la lectura a 25cm y la lectura final. Las diferencias en ambos casos se multiplican por la relación de los brazos de la Viga Benkelman empleada.

2.3.4 CORRECCION POR TEMPERATURA

La temperatura de la capa asfáltica de rodadura, afecta al valor de la magnitud de la deflexión, esto se debe a una disminución de rigidez de las mezclas bituminosas, por lo que el efecto dependerá del espesor de dichas capas y de la rigidez de las capas subyacentes. Por lo cual las deflexiones medidas sobre la superficie de un pavimento asfáltico deben ser corregidas en función a una temperatura estándar.

Si las carpetas asfálticas son de espesor grueso, se especifica que el rango de temperatura para la ejecución de los ensayos, este entre 5 a 30 °C, con la finalidad de que no se produzcan deformaciones plásticas considerables; y para el caso de tratamiento superficiales bituminosos dicho rango se ha ampliado hasta 38°C, y en virtud al escaso aporte estructural de los mismos, CONREVIAl considera no necesario efectuar corrección por temperatura.

A fin de referir las deflexiones a una temperatura estándar de 20°C, se emplea la siguiente expresión según la Metodología de la División Nacional Vial (DNV – Argentina):

$$D_{(20^{\circ}\text{C})} = \frac{Dt}{K \times (t-20) \times e+1}$$

Donde:

$D_{(20^{\circ}\text{C})}$: Deflexión recuperable a la temperatura estándar 20°C (0.01 mm).

Dt : Deflexión recuperable a la temperatura "t" (0.01mm).

K: 1×10^{-3} : Constante para capas granulares (1/cm x °C).

t : Temperatura de la carpeta asfáltica del pavimento (°C).

e : Espesor de la carpeta asfáltica (cm).

2.3.5 CORRECCION POR ESTACIONALIDAD

La capacidad de deformación de los suelos está influenciada por el grado de saturación que experimentan, por lo tanto, es deseable realizar las mediciones de deflexiones en el periodo más crítico del año, en relación a los factores ambientales predominantes en la zona en estudio, pero debido a la dificultad que existe en realizar las pruebas en situaciones ambientales críticas, se debe

efectuar la corrección de las medias de deflexiones a fin de tomar en cuenta dicho aspecto.

Para fines prácticos se propone el uso de los siguientes factores de corrección según estudios basados en Brasil, considerando el tipo de suelo de la subrasante y la época en que se realiza los ensayos.

CUADRO N°2.1
FACTORES DE CORRECCIÓN POR ESTACIONALIDAD
(Fuente: Estudio CONREVIAL)

TIPO DE SUELO DE SUBRASANTE	ESTACION LLUVIOSA	ESTACION SECA
Arenosa-permeable	1.0	1.1 a 1.3
Arcillosa-sensible al agua	1.0	1.2 a 1.4

2.3.6 CALCULO DEL RADIO DE CURVATURA

El radio de curvatura, permite determinar la magnitud de la deformación lineal por tracción que sufren las capas asfálticas, al flexionar bajo la acción de las cargas de tránsito. El método para determinar el radio de curvatura, se basa en la hipótesis de que la línea de deflexiones de la distancia hasta el eje de carga, se aproxima a una parábola hasta una distancia superior a 25cm, sufriendo luego una inflexión para tender asintóticamente hacia la horizontal. La curvatura de la parábola queda entonces definida por su parámetro, el cual en la zona de máxima curvatura, se confunde con el radio del arco oscular en dicho punto, o sea exactamente bajo el centro del eje de la rueda cargada. El radio de curvatura según la metodología francesa se expresa mediante la siguiente fórmula:

$$R_c = \frac{10 \times 25^2}{2(D_o - D_{25})} = \frac{6250}{2(D_o - D_{25})}$$

Donde:

R_c : Radio de Curvatura (m)

D_o : Deflexión máxima corregida por temperatura (0.01mm)

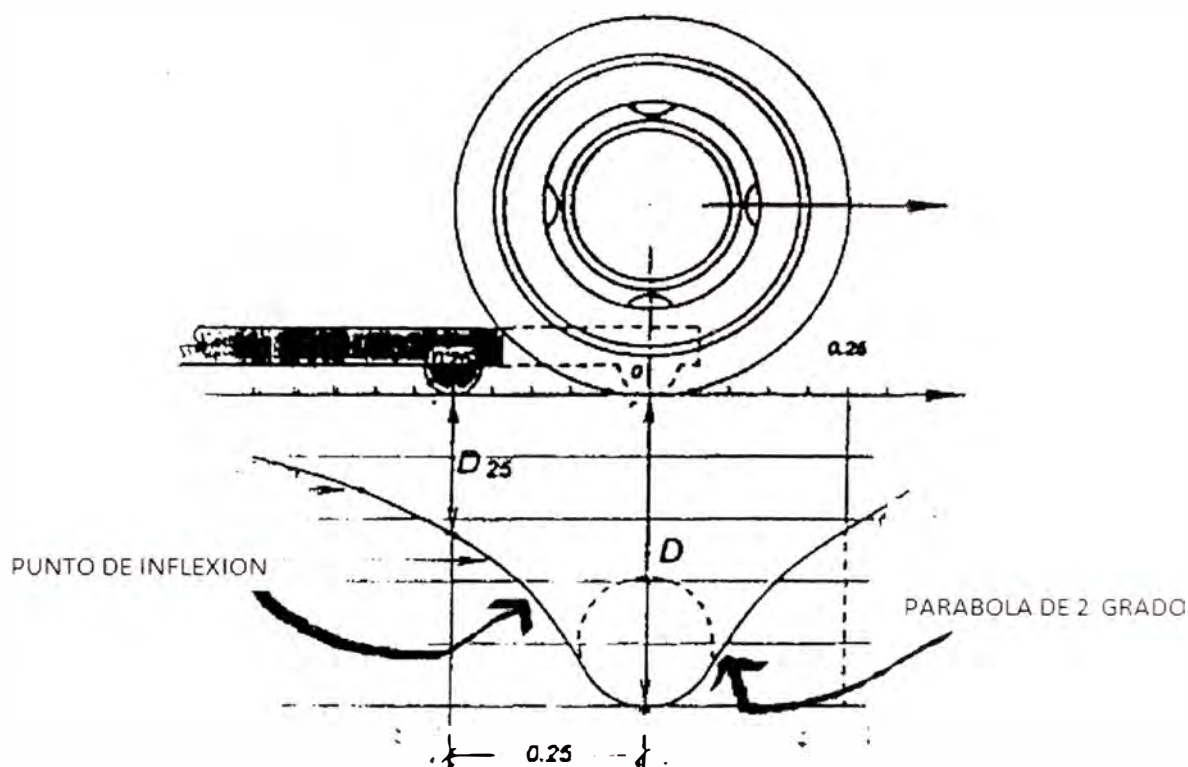
D₂₅ : Deflexión a 25cm corregida por temperatura (0.01mm)

10 : Coeficiente por cambio de unidades.

GRAFICO N°2.5

ESQUEMATIZACION DEL RADIO DE CURVATURA

(Fuente: Apuntes de clase del curso de Mecánica de Suelos Aplicada a Vías de Transporte – Ing. José Wilfredo Gutiérrez Lazares)



2.3.7 DEFLEXION CARACTERISTICA

La deflexión característica, es un parámetro estadístico, empleado para la caracterización representativa de la magnitud de deformación de los pavimentos. Para su determinación, es necesario contar con una base de datos de deflexiones recuperables máximas (D_o), del tramo que se requiere evaluar, y establecer los parámetros estadísticos de dichos datos.

La deflexión característica (D_c), se define con conceptos de la estadística clásica, el cual se representa mediante siguiente expresión:

$$D_c = D + t * \sigma$$

Donde:

D_c : Deflexión característica

D : Deflexión promedio de los valores individuales de D_o corregidos por temperatura y estacionalidad.

t : Coeficiente que representa al porcentaje del área total con probabilidad de representar deflexiones superiores a la deflexión característica D_c .

σ : Desviación estándar

En el estudio CONREVIAL se utiliza $t=1.645$ que corresponde al 95%, lo que equivale a considerar que solo un 5% del área total del pavimento tendrá deflexiones mayores a D_c .

Dado que el estudio de deflexiones recuperables ha demostrado que las deflexiones medidas en una sección de pavimento, presentan una distribución de frecuencias que se asemejan a una distribución normal. Por ende, a partir de las deflexiones individuales, asumiendo que se hayan distribuido de acuerdo a la ley de Gauss se ha determinado la deflexión media, la desviación estándar y el coeficiente de variación. Usando las siguientes expresiones:

a. Deflexión media

$$\bar{D} = \frac{\sum_{i=1}^n D_i}{n}$$

D_i : Valor individual de un ensayo

n : numero de ensayos individuales

b. Desviación estándar

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (D_i - \bar{D})^2}{(n-1)}}$$

c. Coeficiente de variación

$$Cv = \frac{\sigma \times 100}{\bar{D}}$$

(Cv varía entre 10% a 40%)

2.3.8 DEFLEXIÓN ADMISIBLE

La deflexión admisible, es un parámetro definido en función al tráfico de diseño, que establece un límite para la deflexión característica, por encima del cual no se garantiza un comportamiento satisfactorio de la estructura, durante el periodo considerado.

El principio en este caso es que el comportamiento de un pavimento hasta alcanzar niveles críticos es inversamente proporcionalmente a su deflexión, lo que se representa de la siguiente manera:

$$Da = (1.15 / N_{18})^{1/4}$$

Donde:

Da = Deflexión admisible inicial (en mm)

N18= Número esperado de repeticiones de ejes equivalentes a 8.2 ton en el periodo de diseño (en millones).

La determinación del numero de ejes equivalentes soportados se detalla en el ANEXO 01 del presente informe, el cual sigue las normas establecidas en el manual de carreteras pavimentadas de bajo volumen de transito del MTC.

2.3.9 DEFLECTOGRAMAS

El deflectograma constituye un elemento fundamental para el análisis de la variabilidad de la capacidad estructural, donde se podrá diferenciar secciones de distinta capacidad estructural en un mismo tramo. Con el deflectograma se identifica; secciones de diferente capacidad estructural y/o comportamiento, las que posteriormente serán procesadas estadísticamente; valores extremos aislados, que luego se eliminan ya que distorsionan los resultados, y también nos permite identificar los sectores donde se realizaran las perforaciones representativas de buen y mal comportamiento estructural (calicatas).

2.3.10 EVALUACION DE LA CAPACIDAD ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO

Una vez finalizadas las distintas tareas y procesamiento de datos de campo y obtenido los resultados necesarios, se debe llevar a cabo un análisis de los mismos, que conduzca a establecer la capacidad estructural del pavimento, en relación al tránsito que debe soportar la calzada.

Para lo cual existe la necesidad de establecer el tipo de rehabilitación requerida, de acuerdo a tres situaciones representativas que se resumen en:

- Estructura adecuada, requiere mejora superficial.
- Estructura de fatiga, requiere un refuerzo estructural
- Estructura deficiente, requiere reconstrucción parcial o total.

CUADRO N°2.2

ANALISIS COMBINADO DE LOS RESULTADOS DE EVALUACION

DEFLECTOMETRIA	ESTADO VISUAL	ESTADO ESTRUCTURAL	RECOMENDACIÓN
La deflexión característica es superior a la admisible. Los radios de curvatura son elevados o aceptables (en relación a la estructura). $D_c > D_a$ $R_c +$	No hay fallas de origen estructural	Estructura infradiseñada, que necesita con urgencia un refuerzo estructural para resistir el tránsito futuro. Es necesario realizar perforaciones que avalen los espesores, naturaleza y estado de las capas. La capacidad portante de las capas decrece en profundidad. (No existe capa débil inmediatamente debajo capa asfáltica.	Examinar fecha y tipo de las últimas obras ejecutadas para justificar estado del pavimento.... 1°CASO. Hay acuerdo entre todas las variables. a) Las deflexiones son empleadas para el cálculo de refuerzo. b) Para deflexiones muy fuertes analizar económicamente reconstrucción. Verificar refuerzo con métodos de diseño.....2°CASO
	Hay fallas de origen estructural generalizadas a causa ajenas a la presencia de un espesor de base débil.	Existe una capa débil inmediatamente debajo de las capas asfálticas (Relación entre módulos de elasticidad menor de 1). La fallas por fatiga (agrietamiento, fisuras, tipo cuero de cocodrilo) observadas derivan de este caso.	Se trata de neutralizar el efecto de la capa que falla ya sea por reconstrucción parcial o refuerzo. No es conveniente emplear la deflexión ya que puede no ser representativa. 3°CASO
La deflexión característica es superior a la admisible. Los radios de curvatura son pequeños (aún para deflexiones reducidas). $D_c > D_a$ $R_c -$			
La deflexión característica es inferior a la admisible. Los radios de curvatura son reducidos $D_c < D_a$ $R_c -$	Hay fallas de origen estructural por fatiga (Fisuras tipo piel de cocodrilo).	Existe una capa débil inmediatamente debajo de las capas asfálticas.	Analizar fecha de mediciones y tipo estructura. Neutralizar el efecto de la capa débil (reconstrucción o refuerzo). De ninguna manera se pueden considerar las deflexiones para el proyecto, emplear métodos de diseño 2°CASO
La deflexión característica es inferior a la admisible. $D_c < D_a$	Hay fallas de origen estructural: deformaciones permanentes de la fundación	Estructura degradada no adecuada para fundación.	Evaluar aporte estructural de la calzada existente (reconstrucción o refuerzo). La deflexión no es representativa.... 4°CASO
	No hay fallas de origen estructural	Estructura bien diseñada.	Corregir fallas de origen superficial, las soluciones dependerán de los defectos observados y sus causas. Mejora superficial. 5°CASO

(Fuente: José Wilfredo Gutiérrez L, Modelación Geotécnica de Pavimentos Flexibles con Fines de Análisis y Diseño en el Perú, Lima Perú, 2007)

2.3.11 ESPESOR DE REFUERZO

Sabiendo que para la determinación de los espesores de refuerzo, se utiliza el método de reducción de las deflexiones con varias formulas que propone el documento CONREVIAl, se puede indicar que este método se basa sobre la reducción de la elongación vertical sobre la subrasante provista por una capa adicional de carpeta asfáltica de espesor "h". Ella sola es utilizable, si esta elongación es representativa del modo de ruptura del pavimento y de su daño, es decir, solamente en el caso de pavimentos flexibles con pocos espesores de carpeta asfáltica que continúan flexibles después del refuerzo. Es el caso de la mayoría de las carreteras en su primera rehabilitación. Para el cálculo del espesor de refuerzo, en los casos 1º y 2º, se emplea la Formula de Ruiz (Argentina), cuya expresión es:

$$h = \frac{R \log(D_0/D_h)}{0.434}$$

Donde:

h : Espesor de refuerzo (cm)

D₀: Deflexión característica antes del refuerzo (1/100 mm)

D_h: Deflexión característica luego del refuerzo (1/100 mm) ; (Dadm. de diseño)

R : Coeficiente con dimensiones de un espesor.

El coeficiente R, según el estudio CONREVIAl, menciona que para el empleo de mezclas asfálticas de tipo superior como material de refuerzo, recomienda considerar el valor de "R" mostrado en el cuadro N°2.1.

CUADRO N°2.3

VALORES RECOMENDADOS PARA R

(Fuente: Estudio CONREVIAl)

Deflexión característica antes del refuerzo en (0.01 mm)	Espesor de refuerzo "h"			
	5	10	15	20
50	20	21.5	23	24.5
70	18	19.5	21	22.5
90	17	18	19.5	21
120	15	16.5	18	19.5
150	13.5	15	16.5	18
170	13	14.5	16	17.5
200	12	13.5	15	16.5

Para los casos 3º y 4º, se reemplaza métodos racionales para diseño de pavimentos, como por ejemplo el método AASHTO.

3.3 ANALISIS E INTERPRETACION DE RESULTADOS

3.3.1 GRAFICOS DE DEFLECTOGRAMAS

Los datos procesados en el cuadro N°3.2, permite graficar el deflectograma, el cual está en función de las progresivas del tramo vs las deflexiones corregidas D_o (ver ANEXO 07), Obteniéndose el grafico deflectometrico en el cual se puede notar que la Deflexión Característica en general su valor es superior a las deflexiones corregidas en el tramo de análisis.

3.3.2 EVALUACION DE LA CAPACIDAD ESTRUCTURAL

- **Para un periodo de diseño de 2 años (2010):** Se observa que la deflexión característica ($D_c = 63.80 \times 10^{-2} \text{mm}$), es menor que la deflexión admisible ($D_a = 275 \times 10^{-2} \text{mm}$) y el radio de curvatura ($R_c = 189.35 > 100$), por tanto es aceptable, se considera que la capacidad estructural del pavimento en el tramo en estudio tendrá un comportamiento adecuado.
- **Para un periodo de diseño de 3 años (2011):** Se observa que la deflexión característica ($D_c = 63.80 \times 10^{-2} \text{mm}$), es menor que la deflexión admisible ($D_a = 272 \times 10^{-2} \text{mm}$) y el radio de curvatura ($R_c = 189.35 > 100$), por tanto es aceptable, se considera que la capacidad estructural del pavimento en el tramo en estudio tendrá un comportamiento adecuado.
- **Para un periodo de diseño de 4 años (2012):** Se observa que la deflexión característica ($D_c = 63.80 \times 10^{-2} \text{mm}$), es menor que la deflexión admisible ($D_a = 268 \times 10^{-2} \text{mm}$) y el radio de curvatura ($R_c = 189.35 > 100$), por tanto es aceptable, se considera que la capacidad estructural del pavimento en el tramo en estudio tendrá un comportamiento adecuado.
- Según el CONREVIAl los radios de curvatura mayores a 100m se calificaran como aceptables, mientras que para valores mayores a 200m se requerirán una evaluación.

Progresiva (km)	Radio Curvatura (m)	Observaciones
118+000	103.65	bueno
118+200	120.86	bueno
118+400	104.77	bueno
118+600	363.30	evaluar
118+800	242.91	evaluar
119+000	355.11	evaluar
119+200	120.58	bueno
119+400	180.63	bueno
119+600	144.19	bueno
119+800	103.99	bueno
120+000	242.90	evaluar

El radio de curvatura promedio obtenido para el tramo en análisis es de 189.35m por lo que es aceptable.

CONCLUSIONES

- De acuerdo al análisis obtenido El aumento de los ejes equivalentes disminuye las deflexiones admisibles del pavimento para los tres próximos años.

Tiempo (años)	Año Correspondiente	Ejes Equivalentes	Deflexion (10-2 mm)		
			Promedio	Caracteristica	Admisible
2	2010	0.04	39.15	63.8	275
3	2011	0.042	39.15	63.8	272
4	2012	0.044	39.15	63.8	268

- Para el tramo en análisis, en los años 2010, 2011 y 2012 sus respectivas deflexiones admisibles son $275 \times 10^{-2} \text{mm}$, $272 \times 10^{-2} \text{mm}$ y $268 \times 10^{-2} \text{mm}$ siendo estos mayores que la deflexión característica $63.80 \times 10^{-2} \text{mm}$ y el radio de curvatura ($R_c=189.35 \text{m}$) es aceptable, por lo que se concluye que el pavimento tiene un adecuado comportamiento estructural, para los años en los cuales concluye su etapa de conservación vial.
- Con los resultados obtenidos se concluye que el tiempo para su conservación para que el pavimento logre su aceptable comportamiento estructural será el mismo en que dure su etapa de conservación vial, sin la necesidad de hacer una rehabilitación.
- El método empírico ha demostrado que es posible llevar un adecuado control en la evaluación de carreteras teniendo en cuenta la realidad de nuestros recursos económicos y técnicos.
- La temperatura juega un papel muy importante debido a que una variación de esta puede generar valores diferentes de deflexiones y generar malas interpretaciones.
- La metodología para la toma de datos en campo con la Viga Benkelman es de suma importancia ya que de esto depende que los datos sean comparables y reproducibles.

RECOMENDACIONES

- Es de vital importancia la conservación rutinaria de la superficie de rodadura ante la presencia de principios de fallas como las fisuras, huecos, etc. ya que estos al aumentar su deterioro disminuirán la capacidad estructural del pavimento.
- Se recomienda tener en óptimas condiciones de conservación los sistemas de drenajes de la carretera ya que su mal funcionamiento, disminuiría la capacidad estructural de la base en la cual se apoya el pavimento.
- Se recomienda realizar el ensayo de deflectometría con la Viga Benkelman, en épocas de lluvia (enero a marzo), debido a que el comportamiento estructural del pavimento es crítico en esta época del año.
- Las lecturas de deflectograma son muy sensibles al procedimiento de medición por lo cual debe tomarse mucho cuidado en seguirlo en forma cuidadosa y de contar con un personal debidamente capacitado. El error en las lecturas puede llevar a un juicio equivocado de la capacidad estructural del pavimento, distorsionando las conclusiones sobre el aporte real de la estructura.
- El criterio de la deflexión admisible debe tomarse con cuidado, puesto que utilizan formulas empíricas muy sensibles y que depende de las condiciones zonales para las cuales fueron desarrolladas.

BIBLIOGRAFIA

1. Gutiérrez Lazares José Wilfredo, "Modelación Geotécnica de Pavimentos Flexibles con fines de Análisis y Diseño en el Perú" Lima, Perú, 2007.
2. Hoffman Mario S., Del águila Pablo M. "Estudios de Evaluación Estructural de Pavimentos basados en la Interpretación de curvas de deflexiones (Ensayos no destructivos)", Lima, Perú, 1985.
3. Manual CONREVIAl, MTC. "Estudio de Rehabilitación de Carreteras en el País Capítulo VI: Aspectos de Evaluación de Pavimentos", Volumen C, Lima Perú, 1983.
4. Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Manual para el Diseño de Caminos Pavimentados de Bajo Volumen de Transito, Perú, 2007.
5. Solminihac T. Hernán, Gestión de Infraestructura Vial.
6. www.tede.usfc.br Estudio comparativo entre medidas de deflexión con Viga Benkelman.
7. www.proviasnac.gob.pe

ANEXOS

ANEXO 01	
DETERMINACION DEL NÚMERO DE EJES EQUIVALENTES.....	45
ANEXO 02	
ESTUDIO DE TRÁFICO, CALCULO DE N18 Y DEFLEXION ADMISIBLE.....	48
ANEXO 03	
MEDICION DE DEFLEXIONES CON VIGA BENKELMAN.....	51
ANEXO 04	
PROCESAMIENTO DE DATOS DE DEFLEXIONES.....	52
ANEXO 05	
DEFLECTOGRAMA.....	53
ANEXO 06	
PANEL FOTOGRAFICO.....	54

ANEXO 01

DETERMINACION DEL NUMERO DE EJES EQUIVALENTES

En el funcionamiento estructural de las capas de la estructura del pavimento influye el tipo de suelo de la subrasante, el número total de los vehículos pesados por día o durante el periodo de diseño, incluido las cargas por eje y la presión de los neumáticos. La demanda o volumen de tráfico, requiere ser expresado en términos de Ejes Equivalentes acumulados para el periodo de diseño. El concepto de eje equivalente se basa en la posibilidad de evaluar el daño que produce determinada carga y compararla con otra de referencia.

Factores de Equivalencia de Carga

De los estudios experimentales desarrollados, se han obtenido ecuaciones crecientes, de relación exponencial del orden de 4, entre la carga real y la del eje referencial. Estas experiencias ampliamente difundidas, dan lugar a establecer factores de equivalencia de carga, tanto para cada tipo de composición vehicular, que permiten cuantificar el tremendo efecto destructivo de los vehículos más pesados.

El eje estándar de adoptado es un eje simple de 8.2 ton, se puede tomar el criterio simplificado de la metodología AASHTO, aplicando las siguientes relaciones para vehículos pesados, buses y camiones:

Tipo de eje	Eje equivalente (EE _{8.2T})
Eje Simple de ruedas simples	$EE_{S1} = [P / 6.6]^4$
Eje Simple de ruedas dobles	$EE_{S2} = [P / 8.2]^4$
Eje Tandem de ruedas dobles	$EE_{TA} = [P / 15.1]^4$
Ejes Tridem de ruedas dobles	$EE_{TR} = [P / 22.9]^4$
P = peso real por eje en toneladas	

Fuente: Manual de Diseño de Carreteras Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito

La determinación del EE por tipo de vehículo pesado, camiones y buses, resulta de la suma de EE por tipo de eje, para cada vehículo específico; para lo cual se ha tomado en cuenta los pesos de vehículos máximas permitidas.

TABLA DE PESOS Y MEDIDAS									
Configuración vehicular	Descripción gráfica de los vehículos	Long. Máx. (m)	Peso máximo (t)					Peso bruto máx. (t)	
			Eje Delant	Conjunto de ejes posteriores					
				1°	2°	3°	4°		
C2		12.30	7	11	—	—	—	18	
C3		13.20	7	18	—	—	—	25	
C4		13.20	7	23 ^{1/2}	—	—	—	30	
T2S2		20.50	7	11	18	—	—	36	
C2R2		23.00	7	11	11	11	—	40	
B2		13.20	7	11	—	—	—	18	
B3-1		14.00	7	16	—	—	—	23	

Fuente: Pesos y Medidas máximas permitidas – Reglamento Nacional de Vehículos

Determinación del número de repeticiones del eje estándar de 8.2 ton

Para el cálculo del Número esperado de repeticiones de ejes equivalentes a 8.2 ton (N_{18}), se debe considerar principalmente a los vehículos que tenga un alto factor equivalente de carga en el pavimento como vehículos pesados (trayler y semytrailer), camiones y buses, se desprecia los vehículos ligeros (autos, camionetas, etc.). Así también se debe considerar el año que fue determinado el IMD y las tasas de crecimiento.

Para la guía AASHTO corresponde al EAL afectado por coeficientes que representan el sentido y el número de carriles que tendrá la vía.

$$N_{18} = FD \times FC \times EAL_{(8.2T)}$$

$$EAL_{(8.2T)} = 365 \times \left(\sum IMD_v \times FEC_v \right) \times \left[\frac{(1+i)^n - 1}{i} \right]$$

Donde:

- N_{18} : Número esperado de repeticiones de ejes equivalentes a 8.2 ton en el periodo de diseño.
- FD: 0.5, corresponde a caminos de dos direcciones por calzada (recomendable).
- FC: 1.0, corresponde a un carril por dirección o sentido.
- $EAL_{(8.2T)}$: Número de ejes equivalentes a 8.2 ton en el periodo de diseño.
- 365: Número de días del año.
- IMD_v : Índice Medio Diario de cada tipo de vehículo correspondiente al año base.
- FEC_v : Factor equivalente de carga 8.2 ton por cada tipo de vehículo
- i: Tasa de crecimiento de los vehículos.
- n: Periodo de Diseño.

ANEXO 02**ESTUDIO DE TRÁFICO, CALCULO DE N18 Y DEFLEXION ADMISIBLE**

Los datos del conteo de tráfico fueron extraídos del estudio de tráfico realizado por el "Consortio Gestión de Carreteras 2", realizado entre los meses de Abril y Mayo del año 2008. Los conteos fueron realizados por tipo de vehículos, durante 7 días continuos en las estaciones E-1, E-2, E-3, E-4, E-5 y E-6, cuya ubicación se indica en el Cuadro 3-1.

UBICACIÓN DE ESTACIONES DE CONTEO

CODIGO	ESTACIÓN	PROGRESIVA	ALTITUD (m.s.n.m)	TRAMO
E-1	Cañete	12+800	30	CAÑETE (IMPERIAL) - LUNAHUANA
E-2	Pacarán	53+000	710	LUNAHUANA - PACARÁN
E-3	Zuñiga	58+000	821	PACARÁN - ZUÑIGA
E-4	Dv. Yauyos	127+400	2289	ZUÑIGA - DV. YAUYOS – SAN JOSE DE QUERO
E-5	Roncha	256+900	3458	SAN JOSE DE QUERO – RONCHAS
E-6	Huarisca	265+000	3200	RONCHAS - CHUPACA

Fuente: Elaboración Propia

Para determinar el número y/o porcentaje de los vehículos de carga y vehículos de pasajeros que se desviarían de la carretera Huancayo – La Oroya – Lima o viceversa por la carretera en estudio una vez se realicen los trabajos de conservación que se propongan, se está utilizando la encuesta de origen destino realizada en el Estudio de Pre-inversión a nivel de factibilidad del Proyecto "Mejoramiento y Rehabilitación de la Carretera Ruta 22 Tramo: Lunahuana – Dv.Yauyos - Chupaca", el cual se realizó en el tramo La Oroya – Huancayo, en la Garita de Peaje "Quilla".

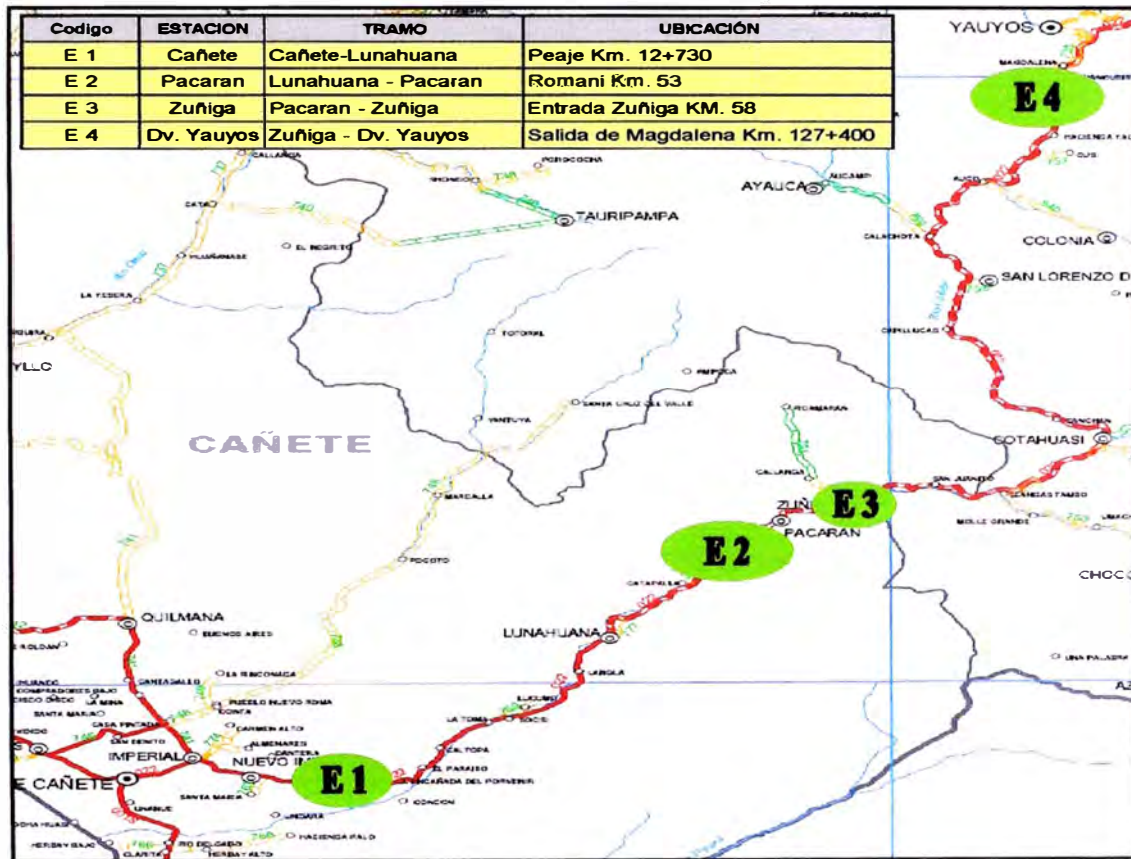
UBICACIÓN DE ESTACIONES DE ORIGEN Y DESTINO

ESTACION	UBICACION	PROGRESIVA	TRAMO
E-A-1 O/D	Peaje Quilla	18+620	LA OROYA-HUANCAYO

Al observar el registro de datos de la encuesta origen, consideraremos dentro del tráfico desviado los vehículos que tenían como punto de partida Huancayo y

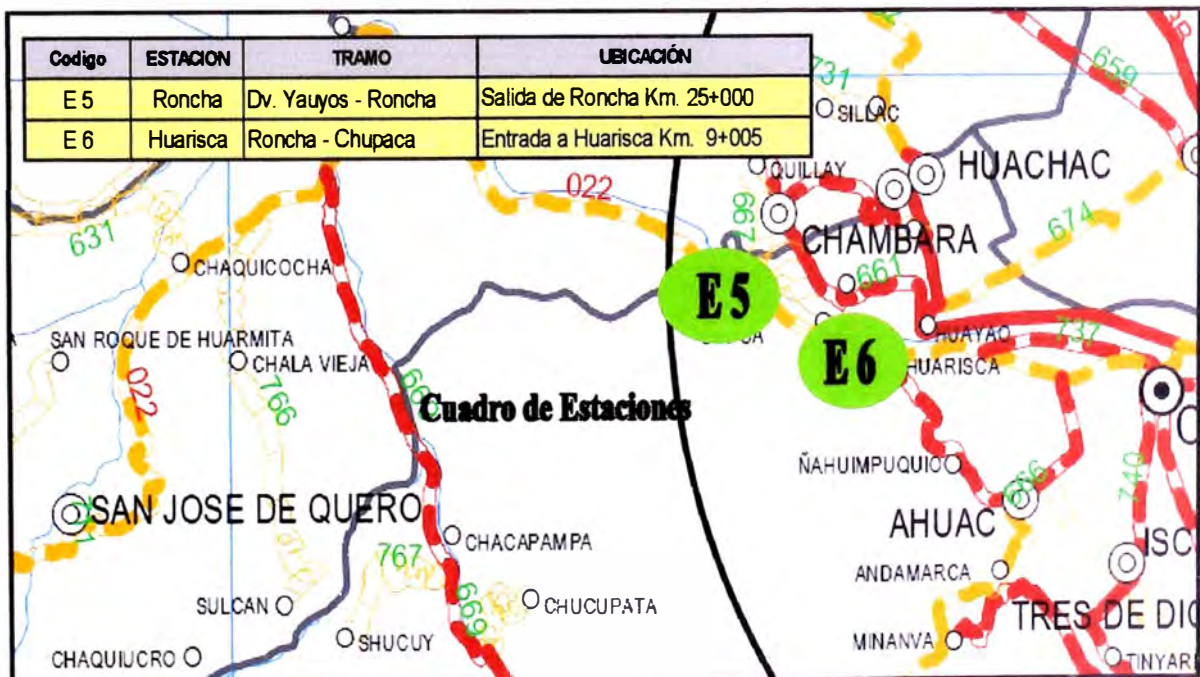
como puntos de destino Lima (empleando la carretera central), y viceversa y así también la Mina Yauricocha (empleando la carretera Cañete – Huancayo)

UBICACIÓN DE ESTACIONES DE CONTEO REGION LIMA



Fuente: Estudio de Tráfico 2008 del CGC 2

UBICACIÓN DE ESTACIONES DE CONTEO REGION JUNIN



Fuente: Estudio de Tráfico 2008 del CGC 2

TRÁFICO AÑO 2008

TRAMO		CAÑETE LUNAHUANA		LUNAHUANA PACARAN		PACARAN ZUÑIGA		ZUÑIGA YAUYOS SAN JOSE DE QUERO		SAN JOSE DE QUERO RONCHAS		RONCHAS CHUPACA	
CLASIFICACION	VEHICULO	IMD	DIST (%)	IMD	DIST (%)	IMD	DIST (%)	IMD	DIST (%)	IMD	DIST (%)	IMD	DIST (%)
LIGERO	AUTOS	301	91.78%	21	82.01%	76	82.54%	1	47.17%	9	74.64%	17	82.38%
	CAMIONETAS	406		189		147		20		208		319	
	CAMIONETA RURAL	209		120		105		4		37		33	
	MICRO	11		12		17		0		5		5	
	OMNIBUS 2E	11	10	8	8	8	9						
	OMNIBUS 3E	0	0	0	0	0	0						
PESADOS	CAMION 2E	45	8.22%	44	17.99%	36	17.46%	9	52.83%	37	25.36%	36	17.62%
	CAMION 3E/4E	8		5		10		11		7		5	
	ARTICULADOS	19		16		19		0		36		30	
TOTAL		1010	100.00%	417	100.00%	418	100.00%	53	100.00%	347	100.00%	454	100.00%

**CALCULO DE N18 Y DEFLEXION ADMISIBLE EN
TRÁFICO NORMAL PROYECTADO - TRAMO: ZUÑIGA – Dv. YAUYOS –
SAN JOSE DE QUERO**

TIPO DE VEHÍCULO	2010	2011	2012
AUTOS	1	1	1
CAMIONETAS	22	23	24
CAMIONETA RURAL	4	5	5
MICRO	0	0	0
OMNIBUS 2E	8	8	8
OMNIBUS 3E	0	0	0
CAMION 2E	10	11	11
CAMION 3E/4E	12	13	14
ARTICULADOS	0	0	0
IMD	58	61	64
EAL (10 ⁶)	0.04	0.042	0.044
N18	0.02	0.021	0.022
Da (x10-2mm)	275	272	268

ANEXO 03

MEDICION DE DEFLEXIONES CON VIGA BENKELMAN

SECTOR	: CARRETERA CAÑETE - YAUYOS - CHUPACA				CARRIL	: Izquierdo			
TRAMO	: km 118+000 al km 120+000				R. BRAZOS	: 4:1			
SUPERFICIE	: Monocapa				CARGA DE EJE	: 8200 KG			
FECHA	: 22/05/2010				PRESION	: 80 PSI			
Progresiva (km)	Lecturas de Campo (10-3mm)				L.C.B Corto Lmax	Espesor (mm)	Ahuellamiento (mm)	Temp C.A (°C)	
	L ₂₅	L ₅₀	L ₇₅	L _{max}					
118+000	2	7	10	12	5	11	10.00	39.6	
118+200	3	7	10	12	6	9	7.00	41.0	
118+400	1	8	11	14	7	8	4.00	43.3	
118+600	1	4	5	4	4	8	7.00	39.2	
118+800	1	4	6	8	5	9	8.00	38.6	
119+010	1	3	4	5	3	7	6.00	20.0	
119+200	1	5	7	15	9	9	6.00	38.7	
119+400	2	5	6	7	3	10	10.00	37.3	
119+600	1	3	5	6	1	10	4.00	38.9	
119+800	3	5	6	8	1	9	10.00	39.2	
120+000	1	4	5	7	4	10	15.00	40.0	

ANEXO 04

PROCESAMIENTO DE DATOS DE DEFLEXIONES

CARACTERIZACIÓN DEFLECTOMÉTRICA										
CARRETERA: CAÑETE - YAUYOS - CHUPACA										
SECTOR	: Km 118+000 al Km 120+200					OPERADOR	: Bach. Freddy Gomez Montes			
CARRIL	: Izquierdo					RELACIÓN VP	: 4:1			
CAPA	: Monocapa					DIAL	: 0.001			
Progresiva (km)	L.C.B. Corto	L.C.B. Largo	Deflexiones sin Corregir (10 ⁻² mm)		Espesor (m)	Temp (°C)	Estacionalidad	RESULTADOS DEFLECTOMÉTRICOS		Radio Curvatura (m)
	L ₂₅	L _{max}	D ₂₅	D _{max}				Deflexiones Corregidas		
								D ₂₅ x 10 ⁻² mm	D ₀ x 10 ⁻² mm	
118+000	5	12	20	48	0.011	39.6	1.1	21.54	51.69	103.65
118+200	6	12	24	48	0.010	41.0	1.1	25.86	51.71	120.86
118+400	7	14	28	56	0.014	43.3	1.1	29.83	59.65	104.77
118+600	4	6	16	24	0.012	39.2	1.1	17.20	25.81	363.30
118+800	5	8	20	32	0.014	38.6	1.1	21.44	34.31	242.91
119+000	3	5	12	20	0.012	20.0	1.1	13.20	22.00	355.11
119+200	9	15	36	60	0.010	38.7	1.1	38.87	64.79	120.58
119+400	3	7	12	28	0.010	37.3	1.1	12.98	30.28	180.63
119+600	1	6	4	24	0.008	38.9	1.1	4.33	26.01	144.19
119+800	1	8	4	32	0.013	39.2	1.1	4.29	34.34	103.99
120+000	4	7	16	28	0.013	40.0	1.1	17.15	30.02	242.90
								Minimo	22.00	103.65
								Maximo	64.79	363.30
						Deflexion promedio		39.15		
						Desviacion Estandar		14.99		
						Coef. De variacion		38.29		
						Deflexion Caracteristica		63.80		
						Radio de Curvatura prom.		189.35		

ANEXO 05 DEFLECTOGRAMA



ANEXO 06
PANEL FOTOGRAFICO



FOTO 1: Viga Benkelman colocado en el punto de ensayo para realizar las mediciones



FOTO 2: Calibración del dial de la Viga Benkelman, previo a realizar las mediciones de deflexiones.

ANEXO 06 PANEL FOTOGRAFICO



FOTO 3: Proceso de medición de lecturas en el dial de deformación y apunte respectivo.



FOTO 4: Medición de temperatura de la carpeta de rodadura en el punto de ensayo, con termómetro digital.