

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



**EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DE LA CARETERA
CAÑETE – YAUYOS – CHUPACA CON VIGA
BENKELMAN MÉTODO EMPÍRICO
TRAMO KM 79 + 000 - KM 84 + 000**

INFORME DE SUFICIENCIA

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

**CESAR DAVID VELASQUEZ HERRERA
Lima – Perú**

2009

ÍNDICE

RESUMEN	3
LISTA DE CUADROS	4
LISTA DE FIGURAS	5
LISTA DE SÍMBOLOS	6
INTRODUCCIÓN	7
CAPITULO I.- GENERALIDADES	
1.1 Antecedentes	8
1.2 Ubicación de la carretera	8
1.3 Características de la carretera	11
1.1.1 Clima	12
1.1.2 Materiales de Fundación	13
1.1.3 Estudio de Tránsito	15
1.4 Sub-tramo en estudio km 79+000 –km 84+000	15
1.4.1 Estudio de Suelos	16
CAPITULO II.- ESTADO DEL ARTE	
2.1 Estado del arte de la Viga Benkelman	19
CAPITULO III.- MARCO TEORICO	
3.1 Evaluación estructural	21
3.2 Deflectometría método CONREVIAL	21
3.2.1 Instrumentos y Materiales	22
3.2.2 Mediciones de deflexiones con Viga Benkelman	23
3.2.3 Corrección por temperatura	25
3.2.4 Corrección por estacionalidad	25
3.2.5 Radio de curvatura	26
3.2.6 Variabilidad de la capacidad estructural: deflectograma	27
3.2.7 Análisis estadístico	28
3.2.8 Número de repeticiones de ejes equivalentes	29
3.2.9 Deflexiones admisibles	31
3.2.10 Juicio sobre capacidad estructural	32
3.2.11 Espesor de refuerzo	33
CAPITULO IV.- APLICACIÓN AL TRAMO KM 79+000 – KM 84+000	
4.1 Recopilación de datos	34
4.2 Procesamiento de datos	34

CAPITULO V.- ANÁLISIS DE RESULTADOS	
5.1 Gráficos de deflectograma	38
5.2 Análisis Estadístico	41
5.3 Alternativas de solución	42
CONCLUSIONES	43
RECOMENDACIONES	44
BIBLIOGRAFÍA	45
ANEXOS	46
Anexo I Mediciones de deflexiones en la carretera Cañete – Yauyos – Chupaca	47
Anexo II Datos de campo, deflexiones procesadas, deflexiones depuradas del Deflectograma	49
Anexo III Análisis estadístico , criterio de homogenización	53
Anexo IV Análisis granulométrico, estratigrafía, C.B.R de la Carretera Cañete – Yauyos – Chupaca del Km 79+000 al Km 84+000	55

RESUMEN

Las carreteras a lo largo de su vida útil se requiere comprobar el estado estructural del pavimento para mantener su serviciabilidad, por tal motivo existen métodos analíticos y empíricos que nos determinan la capacidad estructural del pavimento, en el presente Informe de Suficiencia se analiza por métodos empíricos de deflectometría con el empleo de la Viga Benkelman, utilizando el Método CONREVIAL.

El tramo evaluado en la carretera Cañete-Yauyos-Chupaca es del Km 79+000 al 84+000, la cual se encuentra sobre una arena limosa (SC-SM), a nivel de afirmado presenta una Grava arcillosa, pobremente graduada GP-GC con una potencia promedio de 12 cm aproximadamente, una superficie de rodadura cubierta por una tratamiento superficial Monocapa..

Con la aplicación del método CONREVIAL en la medición de deflexiones en al superficie del pavimento, un análisis e interpretación se determina si el pavimento necesita una mejoramiento con el objetivo de mantener su servicio, evitando gastos de rehabilitación.

De acuerdo al método aplicado, el pavimento presenta buen comportamiento estructural.

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1.1 Estudio de Transito	15
Cuadro 3.1 Factores de corrección por estacionalidad	25
Cuadro 3.2 Valores de "t" y probabilidad de ocurrencia	29
Cuadro 3.3 Factores de equivalencia de carga por eje y vehiculo	30
Cuadro 3.4 Factores de equivalencia por camión	30
Cuadro 3.5 Factores de equivalencia por camión-CONREVIAl	30
Cuadro 3.6 Análisis combinado de los resultados de evaluación	33
Cuadro 4.1 Datos de medición de deflexiones	34
Cuadro 4.2 Cuadro de Deflexiones y Radio de Curvatura	36
Cuadro 4.4 Cálculo del Ejes Equivalente diario	36
Cuadro 4.5 Cálculo de N° Ejes Equivalentes (E) y Deflexión admisible	37
Cuadro 5.1 Deflectograma de datos medidos del 59+000-Km 104+000	39
Cuadro 5.2 Deflectograma de datos depurados del Km 59+000 al 104+000	40
Cuadro 5.3 Cuadro de deflexiones representativo tramo (79+000 - 84+000)	41
Cuadro 5.4 Deflectograma del tramo evaluado (79+000 -84+000)	41

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1 “Ubicación de la carretera en el Mapa del Perú”	10
Figura 1.2 “Carretera Cañete-Yauyos-Chupaca”	10
Figura 2.1 “Esquema de la Viga Benkelman”	20
Figura 3.1 “Deformaciones producidas por cargas verticales”	22
Figura 3.2 “Instrumentos y esquema de medición de deflexiones”	24
Figura 3.3 “Esquema de deflexión y radio de curvatura”	27

LISTA DE SÍMBOLOS

CBR	: California Bearing Ratio
CGC	: Consorcio Gestión de Carreteras
CGC	: Consorcio Gestión de Carreteras
CONREVIAl	: Consorcio Rehabilitación Vial
Dadm	: Deflexión admisible
Dc	: Deflexión característica
D _o	: Deformación máxima
Dm	: Deflexión media
Dp	: Deflexión permanente
Dr	: Deflexión elástica
Dt	: Deflexión total
D ₂₅	: Deflexión recuperable a 25 cm
h	: Espesor de recuperación
IMD	: Índice Medio Diario
LL	: Límite líquido
LP	: Límite plástico
MTC	: Ministerio de Transporte y comunicaciones
NEE	: Número de ejes equivalentes
Rc	: Radio de curvatura
SUCS	: Sistema Unificado de Clasificación de suelos
WASHO	: Western Association of State Highways Officials
σ	: Desviación estandar

INTRODUCCION

El presente informe tiene como objetivo general, evaluar estructuralmente el pavimento utilizando la Viga Benkelman, determinando las deflexiones del pavimento.

Los objetivos específicos se refieren al procesamiento de los datos obtenidos, un análisis e interpretación de los datos obtenidos, planteamiento de soluciones para mejoramiento del pavimento si se requiere.

Con el fin de alcanzar los objetivos, el presente informe se divide en 5 capítulos que a continuación se describe.

En el Capítulo I se indica la ubicación de la carretera, características climáticas y el estudio de suelos.

En el Capítulo II se hace referencia al estado de la arte del método CONREVIAl, aplicado para determinar la evaluación estructural de la carretera,

En el Capítulo III se recopiló información de los conceptos que fundamentan el método de evaluación de CONREVIAl.

En el Capítulo IV se recopila información de datos de campo y se procesa de acuerdo al método aplicado.

En el Capítulo V se da un respuesta desde el punto de vista estructural del pavimento. Finalmente se presenta las conclusiones y recomendaciones del Informe de Suficiencia.

CAPITULO I.- GENERALIDADES

1.1 Antecedentes

La Carretera Cañete - Yauyos - Chupaca es una vía de 271.73 km. que integra los centros poblados de las provincia de Lima y , conservación y mejora de esta vía ayuda a la integración de los poblados, eleva la calidad de vida, produce mejoras económicas, propicia el desarrollo sostenido de la zona.

Inicialmente la Carretera de penetración fue proyectada por partes durante el gobierno de Augusto B. Leguía entre los años 1920 y 1930, mediante una ley decretada por la conscripción Vial Territorial del Perú, y durante el gobierno del Dr. Manuel Prado en los años 1940 y 1944 desde Cañete hasta Yauyos, quedando paralizada a mediados de los años 50 y no se llegó a realizar los trabajos de las zonas de Yauyos –Huancayo.

Al ser una vía alterna a la Carretera Lima – Huancayo aliviando el tráfico, a su vez se espera que el tiempo de recorrido de Cañete hasta Chupaca (Huancayo) que antes era de 14 horas disminuya ahora mientras todavía no se ha terminado la vía se ha reducido a 7 horas el recorrido. Se planea que cuando se termine la obra serán 6 horas y tal vez menos el recorrido de Huancayo hasta Cañete y luego a Lima.

Asimismo, La Carretera Cañete - Lunahuaná - Chupaca será una alternativa para que en épocas de huaycos los vehículos no se queden varados por varios días en la Carretera Central, causando problemas de abastecimiento a la ciudad de Lima y la consecuente pérdida de dinero y tiempo en los viajeros.

Mediante Resolución Ministerial N°223-2007- MTC-02, modificada por Resolución Ministerial 408-2007-MTC/02, se crea el programa Proyecto Perú, que se encuentra bajo responsabilidad de Provias

Nacional y el cual es un programa de infraestructura vial diseñado pa mejorar las vías de integración y en el cual está incluida la Carretera. Cañete-Yauyos-Chupaca.

Con el fin de mantener en óptimas condiciones la carretera se realiza la convocatoria, para el concurso público N°034-2007-MTC/20 Servicio de

Conservación vial por Niveles de servicio de la Carretera “Cañete-Lunahuana-Pacarán-Chupaca y rehabilitación del tramo Zuñiga- Dv. Yauyos-Ronchas”.

Esta convocatoria la gana el Consorcio Gestión de Carreteras (CGC), donde mediante el contrato N° 288-2007-MTC/20 del 27 de Diciembre del 2007 asume la responsabilidad de efectuar el “Servicio de Conservación Vial por Niveles de Servicio de la Carretera Cañete-Lunahuana-Pacaran-Dv. Yauyos-Ronchas” por un período de 5 años y un valor de S/. 131, 589,139.71.

Estos contratos por niveles de servicio y por plazos iguales o superiores a 3 años implican el concepto de transferencia de riesgo al contratista. Bajo esta modalidad tiene por finalidad de evitar el deterioro prematuro de las vías mediante intervenciones rutinarias y periódicas de manera oportuna. Esto significa actuar permanentemente para mantener la carretera en óptimas condiciones de transitabilidad.

1.2 Ubicación de la carretera

Nombre Red Nacional	:	Carretera de Penetración PE 22
Orden de la carretera	:	3° orden
Departamento	:	Lima - Junin
Provincia	:	Cañete – Yauyos - Chupaca
Región Geográfica	:	Costa y Sierra
Altitud	:	0 – 3270 msnm
Altitud Máxima	:	4751 msnm (Abra Chaucha) 4666 msnm (Abra Negro Bueno)
Años de servicio	:	50 años aprox.

En la figura N° 1 se puede ver la ubicación de la carretera con respecto al país, en la figura N° 2 la ubicación en el Plan Vial Nacional



Figura 1.1 Ubicación de la carretera en el Mapa del Perú

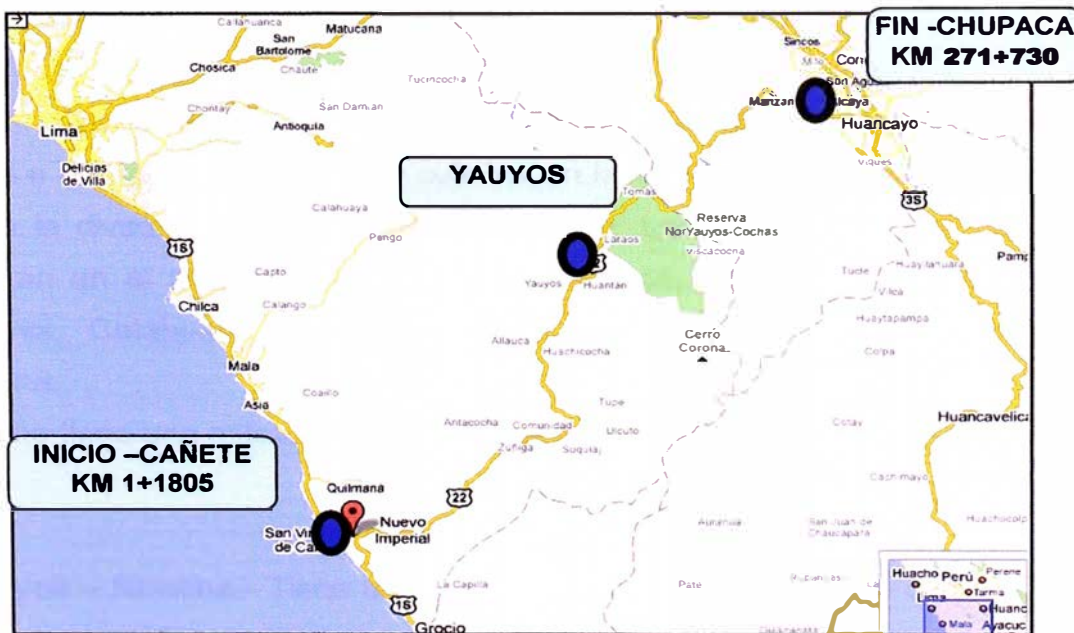


Figura 1.2 Carretera Cañete-Yauyos-Chupaca

1.3 Características de la carretera

Cañete - Lunahuana.- Este tramo tiene una longitud de 40.950 Km., iniciando en el Ovalo de Cañete (Km. 1+805) y termina en la localidad de Uchupampa (Km.42+755). Encontrándose las localidades de Cañete, Imperial, Nuevo Imperial, Encañada, Caltopa, Socsi y Lunahuana.

El tramo se encuentra asfaltado, con una superficie de rodadura constituida por carpeta asfáltica, una calzada de dos carriles con un ancho promedio de 3.60 mts.

Lunahuana – Pacaran.- Este tramo tiene una longitud de 11.907 Km., empezando en el sector denominado Uchupampa (Km. 42+755) y termina en la localidad de Pacaran (Km. 54+662), pasando por las localidades de Uchupampa, Condoray, Catapalla, Jacaya, Jacayita, Romani y Pacaran.

Presenta una superficie de rodadura asfaltada constituida por un tratamiento superficial, tiene una calzada de dos carriles con un ancho promedio de 3.20 mts.

Pacaran – Zuñiga.- Tiene una longitud de 3.743 Km., tiene como punto de inicio la localidad de Pacaran (Km. 54+662) y termina en la localidad de Zuñiga (58+405).

En la localidad de Zuñiga presenta un tramo de 100 mts con pavimento flexible, luego todo el tramo restante presenta en su superficie una lechada asfáltica (Slurry Bituminoso).

Zuñiga – Div. Yauyos.- Tiene una longitud de 70.40 Km., iniciando en la localidad de Zuñiga (Km 58+405) y culmina en la localidad de Magdalena, donde se ubica la divorsoria de Yauyos (Km 128+805). Los centros poblados que se encuentran en el ámbito son Zuñiga, Machuranga, San Juan, San Jeronimo, Huayllampi, Catahuasi, Canchan, Chichicay, Carachota, Puente Aucco y Magdalena.

Este tramo tiene una calzada de un solo carril, con un ancho variable de 3 a 3.8 mts.

Div Yauyos – Roncha.- Tiene una longitud de 125.185 Km., tiene como punto de partida la localidad de Magdalena (Km. 128+805) y culmina en la localidad de Ronchas (Km. 256+990). Dentro del ámbito de este tramo se encuentran las

localidades de Magdalena, Tinco Huantan, Llapay, Tinco, Alis, Alis, Tomas, Huancachi, Tinco de Yauricocha, Caucha, San Juan de Quero, Cahquicocha, Collpa y Roncha del km. 127 al km 185, se tiene una topografía accidentada, presenta zonas encañonadas como el Cañon de Uchco, En este tramo se ubica el punto mas alto de la carretera denominado el Abra de Chaucha (Km. 193+510) con una altitud de 4751 msnm

RONCHAS – CHUPACA.- Este tramo tiene una longitud de 16.541 Km., iniciando en la localidad de Ronchas (Km 256+990) y termina en el empalme de la carretera Huancayo – Chupaca (Km. 273+541), pasando por las localidades de Roncha, Angamayo, Huarisca y Chupaca.

Este tramo tien una superficie de rodadura de a nivel de afirmado, presenta una calzada de un solo carril.

1.3.1 Clima.-

El área comprometida en el estudio se ubica en diferentes regiones, según la clasificación del Dr. Javier Pulgar Vidal (expuesta en su “Geografía del Perú”).

Costa : En la costa norte es semitropical con presencia de lluvias y subtropical en la costa centro y sur. Su temperatura es menos a la que le corresponde por latitud, esto debido a la influencia de la Corriente peruana y a la gran altura de la cordillera Occidental, fenómenos que se suman a una presión atmosférica casi constante. En este region se encuentran las localidades que tienen una altitud de 0 500 msnm como: Cañete, Nuevo Imperial, Encanada, Caltopa, Sacsí, Lunahuana

Yunga Marítima: 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 mas altas, y se localiza en altitudes de 500 a 2300 msnm. Las localidades en esta región son: Jacaya, Jacyita, Romani, Pacaran, Zuñiga, San Juan, San Jerónimo, Catahuasi, Canchan, Chinchicay, Capillucas, Calachota

Quechua: 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). Esta región se encuentra a una altitud de 2300 a 3500 msnm, encontrándose las ciudades de Magdalena, Tinco Huantan, Alis, Tomas, Ronchas, Angasmayo, Huarisca y Chupaca

Suni o Jalca: 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. Region a una altitud de 3500 a 400 msnm encotradose las localidades de Huancachi, Tinco Yauricocha, San Juan de Quero y Collpa

1.3.2 Materiales de Fundación

La carretera se encuentra sobre un suelo con el siguiente perfil Estratigráfico⁽¹⁾: 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". Debajo 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%).

⁽¹⁾ Estudio de Suelos del CGC

A partir del km 67+700 presencia de a profundidades mayor de 0.40 m, con una concentración de 40% y 50%, con tamaños variables de 4" a 8".

Desde el km 63+650 al km 66+600, la plataforma vial 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 semi compacto.

Del km 88+600 – km 91+500 el tipo de suelo en la subrasante es una arena arcillosa con índice de plasticidad de 12%, teniendo una clasificación en el sistema SUCS de SC y en el sistema AASTHO de A-6(2), presencia de bolonería a una profundidad mayor de 0.40 m, en una proporción de 40% y 50% con tamaño máximo de 7". La capacidad de soporte expresada en CBR es de 7% al 95% de la máxima densidad seca..

El tramo comprendido entre el km 91+500 – km 96+600 presenta en la subrasante una grava limosa con una clasificación SUCS de GC-GM y en el sistema AASTHO de A-1-a(0) a A-1-b(0), con Índice de Plasticidad que se encuentra entre 4,9% y 6,1%, presentando bolonería la cual se incrementa a profundidades mayores de 0.40 m en proporciones comprendidos entre 40% y 60%.

km 96+600 – km 106+600 con presencia de arenas limo-arcillosas en la subrasante tipo de suelo clasificado en el sistema SUCS de SC-SM, mientras que en el sistema AASTHO A-1-b(0), de baja plasticidad que varia entre 4,9% y 6,0%. Presencia de bolonerías aumentando su proporción a profundidades mayores de 0.50 m en 50%.

Del tramo comprendido entre km 106+600 – km 114+600 el tipo de suelo es una arena limo-arcillosa en la subrasante, clasificado el sistema SUCS como SC-SM, y en el sistema AASTHO como A-1-b(0), presencia de bolonerías a profundidades mayores a 0.40 m con un proporción entre 40% y 50%.

1.3.3 Estudio de Tránsito

El estudio de tránsito se presenta en el cuadro 1.1, realizado por el consorcio CGC en Junio del año 2008 en varios tramos de la carretera, debido a diferentes actividades económicas, sociales de la región.

Se considera índice medio diario IMD para el estudio del presente informe el tramo entre Pueblo Nuevo (66+580) y Chichicay (92+110).

Cuadro 1.1 Estudio de Tránsito

Descripcion del vehiculo	IMD (veh/día)								
	Pacaran	Zuñiga	San Juan	Pueblo	Chichicay	Capillucas	Div	Alis	San Jose
	52+857	56+600	63+600	Nuevo	92+110	94+640	Yauyos	163+100	Queros
	Zuñiga	San Juan	Pueblo	66+580	Capillucas	Div	127+00	San Jose	229+100
	56+600	63+600	66+580	92+110	94+640	127+000	163+100	229+100	255+185
Auto	76	6	6	3	2	1	1	2	9
Camioneta	147	194	194	289	58	20	20	41	208
Combi Rural	105	74	74	61	18	4	4	16	37
Micro	17	48	48	68	8	0	0	1	5
Omnibus 2	8	15	15	14	13	8	8	8	8
Omnibus+2	0	1	1	0	1	0	0	0	0
Camiones 2 Ejes	36	47	47	42	30	9	9	9	37
Camiones 3 Ejes	8	9	9	4	2	11	11	7	7
Camion de 4 Ejes	2	1	1	2	2	0	0	0	0
Semitraylers	19	28	28	53	98	0	0	20	36
Traylers	0	38	38	33	0	0	0	0	0
IMD	418	461	461	569	232	53	53	104	347

Fuente: Consorcio CGC

1.4 Sub-tramo en estudio km 79+000 –km 84+000.

El tramo de la carretera donde se realizará el presente estudio es del km 79+000 al km 84+000 la cual se encuentra en el sector I: Zúñiga – Yauyos, a una altitud que varia entre 1203 a 1268 msnm. Este tramo tiene calzada de un sólo carril, con una plataforma de un ancho útil muy variable que van desde los 3 a 6.5m.

En la actualidad (Octubre 2009) en la superficie presenta escaso agrietamiento, muy poca protección del talud, encontrándose muy próximo al río Cañete.

El consorcio CGC se encuentra realizando los trabajos de mantenimiento propone en este tramo (km 79+000 al km 84+000) el cambio estándar de

afirmado a solución básica que es la colocación de una capa granular estabilizada con emulsión y protegida con un recubrimiento bituminoso (Tratamiento Superficial Monocapa), sin realizar cambios en la geometría.

Las épocas de lluvia propias de la región Yunga en los meses de Diciembre a Marzo.

1.4.1 Estudio de Suelos

Se describe el Perfil Estratigráfico de las calicatas realizado por el Consorcio CGC ⁽¹⁾

Calicata C-23

Ubicación : Progresiva 79+800

Descripción : Conformación a nivel de afirmado con una potencia de 0.12 m, suelo de tipo grava pobremente gradada, clasificado en el sistema SUCS de GP-GC y en el sistema AASTHO A-1-a(0), teniendo como límites de consistencia el límite líquido de 15 no presentando límite plástico, con contenido de humedad de 2.5%

A una profundidad de 0.15m hasta 1.00 m, el tipo de suelo es una arena con presencia de limos clasificado en el sistema como SUCS SC-SM y en el sistema AASTHO A-2-4(0), de mediana plasticidad con límites de consistencia de: límite líquido de 24 y límite plástico de 6.1.

Calicata C-24

Ubicación : Progresiva 80+700

Descripción : Conformación a nivel de afirmado con una potencia de 0.12 m, suelo de tipo grava pobremente gradada, clasificado en el sistema SUCS de GP-GC y en el sistema AASTHO A-1-a(0), teniendo como límites de consistencia el límite líquido de 15 no presentando límite plástico, con contenido de humedad de 2.5%

A una profundidad de 0.15m hasta 1.00 m, el tipo de suelo es una arena limosa clasificado en el sistema como SUCS SC-SM y en el sistema AASTHO A-2-4(0), con presencia de bolonería del 2%, sus límites de consistencia presenta valores de límite líquido de 24 y límite plástico de 6.1.

⁽¹⁾ Anexos IV, Análisis Granulométrico, perfil estratigráfico, C.B.R., Proctor Modificado

Calicata C-25

Ubicación : Progresiva 81+600

Descripción : El tipo de suelo del afirmado es una grava pobremente gradada con presencia de arcilla, clasificado en el sistema SUCS de GP-GC y en el sistema AASTHO de A-1-a(0), presentando límites de consistencia de 15 el límite líquido, no presenta límite plástico, con un contenido de humedad de 2.7.

A una profundidad de 0.15mt hasta 1.50 mt, el tipo de suelo es arena limosa con presencia de arcilla, clasificado en el sistema SUCS de SC-SM en el sistema AASTHO A-1-b(0), presentando límites de consistencia: límite líquido de 24.0, límite plástico de 4.2. Contenido de humedad de 3.4, contenido de humedad Óptima de 7.4%, con una densidad Seca Máxima 2.117 gr/cm³, capacidad de soporte expresado en C.B.R. al 100% de MDS (0.1") de 42.9% y un C.B.R. al 95% de la MDS (0.1") de 19.2%.

Calicata C-26

Ubicación : Progresiva 82+700

Descripción : Conformación a nivel de afirmado con una potencia de 0.12 m, suelo de tipo grava pobremente gradada, clasificado en el sistema SUCS de GP-GC y en el sistema AASTHO A-1-a(0), teniendo como límites de consistencia el límite líquido de 15, no presentando límite plástico, con contenido de humedad de 2.8%

A una profundidad de 0.15m hasta 1.50 m, el tipo de suelo es una arena con presencia de limos clasificado en el sistema como SUCS SC-SM y en el sistema AASTHO A-2-4(0), de mediana plasticidad con límites de consistencia de: límite líquido de 24 y límite plástico de 5.9

Calicata C-27

Ubicación : Progresiva 83+600

Descripción : Conformación a nivel de afirmado con una potencia de 0.14 m, suelo de tipo grava pobremente gradada, clasificado en el sistema SUCS de GP-GC y en el sistema AASTHO A-1-a(0), teniendo como límites de consistencia el límite líquido de 15 no presentando límite plástico, con contenido de humedad de 2.7%

A una profundidad de 0.15m hasta 1.00 m, el tipo de suelo es una arena limosa clasificado en el sistema como SUCS SC-SM y en el sistema AASTHO A-2-4(0),

con presencia de bolonería del 2%, sus límites de consistencia presenta valores de limite liquido de 25 y limite plástico de 6.3

Calicata C-28

Ubicación : Progresiva 84+600

Descripción : Conformación a nivel de afirmado con una potencia de 0.15 m, suelo de tipo grava pobremente gradada, clasificado en el sistema SUCS de GP-GC y en el sistema AASTHO A-1-a(0), teniendo como limites de consistencia el límite liquido de 15 no presentando límite plástico, con contenido de humedad de 2.8%

A una profundidad de 0.15m hasta 1.00 m, el tipo de suelo es una arena limosa clasificado en el sistema como SUCS de SC-SM y en el sistema AASTHO A-1-b(0) con presencia de bolonería del 2%, sus límites de consistencia presenta valores de limite liquido de 26 y limite plástico de 6.4

Calicata C-29

Ubicación : Progresiva 85+600

Descripción : El tipo de suelo del afirmado es una grava pobremente gradada con presencia de arcilla, clasificado en el sistema SUCS de GP-GC y en el sistema AASTHO de A-1-a(0), presentando límites de consistencia de 15 el límite liquido , no presenta límite plástico, con un contenido de humedad de 2.6

A una profundidad de 0.15mt hasta 1.00 mt, el tipo de suelo es una arena limosa, clasificado en el sistema SUCS de SC-SM en el sistema AASTHO A-1-b(0), presentando limites de consistencia: limite liquido de 24.0, límite plástico de 4.9. Contenido de humedad de 3.4, contenido de humedad Optima de 7.4%, con una densidad Seca Maxima 2.117 gr/cm³, capacidad de soporte expresado en C.B.R. al 100% de la MDS (0.1") de 43.6% y un C.B.R. al 95% de la MDS (0.1") de 20.2%.

Se presenta Perfil Estratigráfico km 79+000 al km 85+000 en anexo IV.

CAPITULO II.- ESTADO DEL ARTE

2.1 Estado del arte del Método

El método CONREVIAl propuesto en el año 1983, por el consorcio conformado por las firmas asociadas Roy Jorgensen Associates, Inc. de Maryland U.S.A, Sociedad Argentina de Estudios (SAE) de Buenos Aires, Barriga DALL'ORTO Ingenieros Consultores S.C.R.L. de Lima , y H.O.B. Ingenieros Asesores de Lima a traves de un contrato celebrado por el Ministerio de Transporte y Comunicaciones, dentro del Programa de Inversiones del Convenio de Prestamo Nº 1196-pe Concentrado entre el Gobierno Peruano y el Banco Internacional de Reconstrucción y Fomento . Se plantea para la evaluación de pavimentos para tipo bituminoso.

Los procedimientos planteados se basan a los estudios de rehabilitación de carreteras en diversos tramos de la Red Nacional, en aproximadamente 800 kilometros distribuidas en las tres regiones del pais.

Para la Evaluación Estructural del pavimento se baso por métodos de deflexometria, utilizándose la Viga Benkelman para medir las deformaciones en la superficie del pavimento bituminoso sometidas a cargas standares

La Viga Benkelman, fue propuesta por la WASHO en 1955, constituido por un brazo o palanca pivoteada en un punto dividiéndola en dos brazos desiguales, usualmente tiene relación de 2:1 ó 4:1 correspondiente al brazo de mayor longitud el cual se colocara el extremo en el punto de aplicación.

En el brazo menor se encuentra el palpador de un extensometro, soportado en un bastidor independiente de la palanca, la viga se apoya en dos patas delanteras y una trasera. Un vibrador que asegura un contacto continuo entre extensometro y el brazo de palanca, se muestra en la figura 2.1 el esquema de de la Viga Benkelman

En la actualidad el M.T.C. sugiere para el mejoramiento y rehabilitación de carreteras la aplicación del Método CONREVIAl

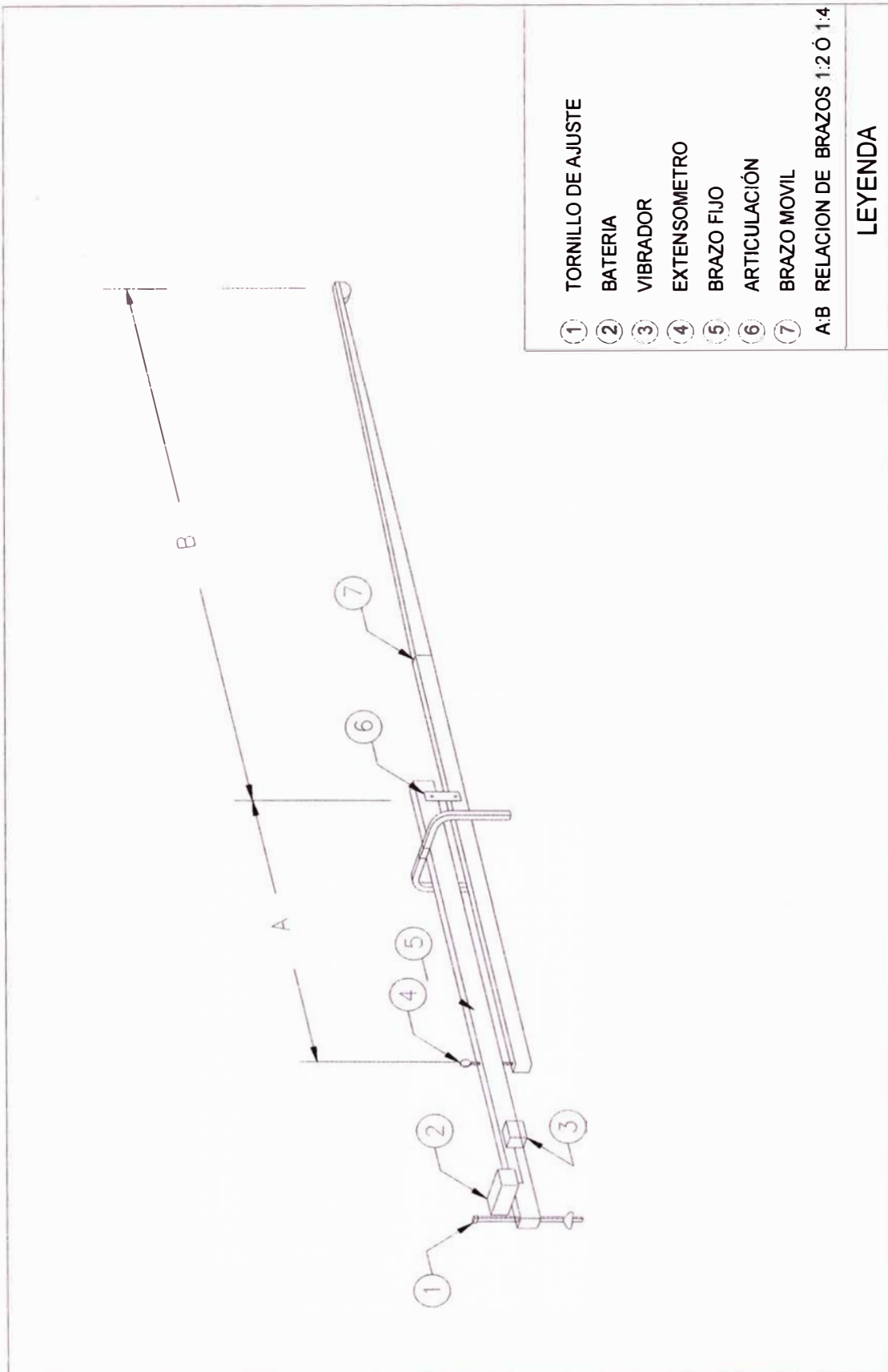


Figura 2.1 Esquema de la Viga Benkelman
 Fuente: Propia

CAPITULO III.- MARCO TEÓRICO

3.1 Evaluación estructural.

La Evaluación estructural consiste en determinar la capacidad de soporte del sistema pavimento – subrasante en una estructura vial existente, en cualquier momento de su vida útil.

La metodología de evaluación por métodos destructivos como realización de calicatas en el pavimento, es muy cara, lenta y obstruye el tránsito.

Los métodos No destructivos mide las deformaciones de la superficie del pavimento bajo una carga dada, se fundamenta en la forma y dimensión de la curva de deflexiones en la superficie del pavimento. La interpretación cuantitativa es comparar el sistema pavimento – subrasante con un modelo matemático utilizando las deflexiones medidas.

3.2 Deflectometría método CONREVIAL

La deflectometría es el estudio de las deformaciones verticales producidas por cargas verticales normalizadas en la superficie de una calzada.

La deflexión es la deformación como respuesta del conjunto “pavimento-subrasante” sometida a una carga.

El método se basa a la deflexión máxima producida por una carga, las mismas que se analizan en un deflectograma y al tipo de curvatura que adquiere.

La deflexión es parte de carácter elástico y plástico, los primeros desaparecen al retirar las cargas que están sometidas y lo segundo se mantiene acumulándose en el tiempo produciendo ahuellamientos en la superficie. Se distinguen tres tipos de deflexión:

- Deflexión total (D_t) deflexión total producida por la carga aplicada
- Deflexión elástica (D_r) deflexión recuperable después de retirada la carga.

- Deflexión permanente o residual (D_p) diferencia entre la deflexión total y la deflexión elástica.

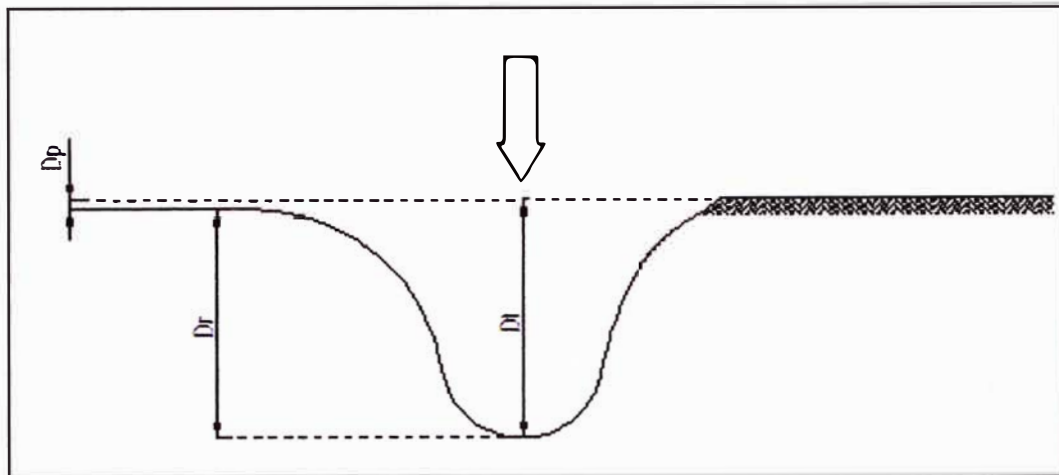


Figura 3.1 Deformaciones producidas por cargas verticales

Fuente : Método CONREVIAl, Capítulo IV, página 94

La deflexión depende de un conjunto de variables (espesores de las capas estructurales, rigidez de la subrasante y la fundación; rigidez relativa de cada capa con respecto a la subyacente), corresponde a la deformación del pavimento y su apoyo hasta profundidades que llegan hasta el metro.

3.2.1 Instrumentos y Materiales

- Viga Benkelman
- Camión de dos ejes con rueda duales posteriores, con una carga de ensayo de 18000 libras (8.2 Toneladas), las llantas de la rueda dual de 10x20, 14 lonas, infladas con una presión de 80 lb/pulg² (5.6 Kg/cm²).
- Termómetro
- Formato de Registro para toma de datos
- Varilla de aluminio de 2 metros, de 1"x2"
- Regla milimétrica
- Equipo de Seguridad conformado por chalecos de seguridad, banderolas, avisos
- Varilla metálica guía.

Se representa gráficamente los instrumentos y esquema de medición de las deflexiones en la Figura 3.2

3.2.2 Medición de deflexiones con Viga Benkelman

Se considera los siguientes pasos para la medición de la deflexión.

- Ubicación y marcación de un punto de aplicación en la superficie del pavimento, cada 100 metros a lo largo del tramo en estudio y a 60 cm del borde de la calzada
- Ubicación del camión con las ruedas duales en el punto de aplicación (el centro de la separación entre ruedas).
- Colocación del brazo de la Viga Benkelman en el punto de aplicación, perpendicular al eje de carga.
- Para determinar la curva de recuperación se tomarán medidas de deformación cada 25 cm, 40 cm, 75 cm y 1.00 m, las mismas que serán marcadas en el brazo de la Viga Benkelman y guiadas por la varilla metálica colocada en la parte posterior del camión.
- Ajustar el extensómetro de tal manera que tenga un recorrido libre.
- Avanzar el camión hacia delante con una velocidad muy lenta de 1cm/seg y tomar las lecturas del extensómetro la deformación total, las deformación de recuperación a 25 cm, 40 cm, 70 cm y 1.00 m.
- Medir la temperatura de la carpeta asfáltica a una profundidad de 0.5 cm, ayudados con un clavo y cincel.
- Medir el espesor de la superficie de rodadura (tratamiento superficial monocapa).
- Medir el ahuellamiento presentado en la superficie de pavimento con la regla milimétrica y la varilla aluminio

El procedimiento de medición se ilustra en el anexo I

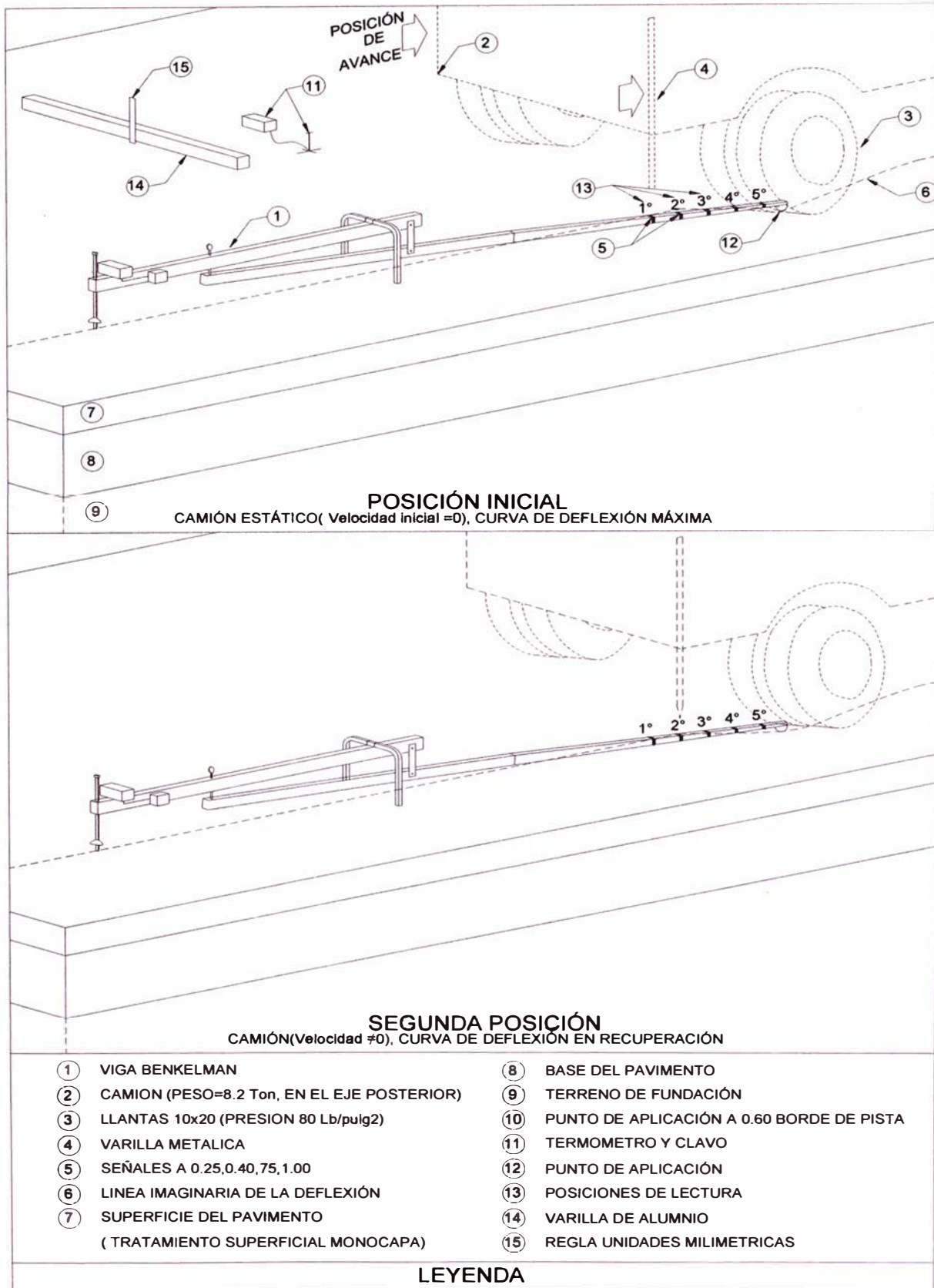


Figura 3.2: Instrumentos y esquema de medición de deflexiones
 Fuente: Propia

3.2.3 Corrección de las deflexiones por temperatura

En un pavimento dado, la magnitud de la deformación aumenta con un incremento de temperatura en la capa asfáltica, debido a la pérdida de rigidez de la mezcla bituminosa, dependiendo del espesor de dicha capa y rigidez de las capas adyacentes.

Para corregir las deformaciones por temperatura el procedimiento es llevar a una temperatura Standard de 20° C, aplicando la siguiente fórmula:

$$D_{20} = \frac{D_t}{K * (t - 20)^e + 1} \quad (3.1)$$

Donde:

D_{20} : Deflexión corregida, a la temperatura estándar de 20° C (1/100 mm).

D_t : Deflexión medida a la temperatura t (1/100 mm).

K : 1×10^{-3} ; constante para capas granulares (1/ cm°C)

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

e : Espesor de la carpeta asfáltica (cm).

3.2.4 Corrección por Estacionalidad

Las deflexiones del pavimento varían en todo el año, principalmente con los cambios de ciclos estacionales. Una correcta evaluación es medir las deflexiones en condiciones más desfavorables. En tal sentido se consideran factores subjetivos que dependen del clima, drenaje, el tipo de suelo. Considerándose el siguiente cuadro:

Cuadro 3.1 Factores de corrección por estacionalidad

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

Fuente : Método CONREVIAL, Capítulo IV, página 182

3.2.5 Radio de curvatura

Par una determinada flexión, la deformación por tracción depende del espesor de la carpeta asfáltica y del radio de curvatura.

El valor de la deflexión máxima depende del modulo de elasticidad de los materiales, de las capas superiores, el radio de curvatura depende principalmente de las capas superiores, diferenciándose dos casos límites:

- Si la deflexión se produce en la subrasante, se obtendrá grandes radios.
- Si la mayor parte ocurre en las capas superiores se obtiene pequeños radios evidenciando las deficiencias de las capas superiores.

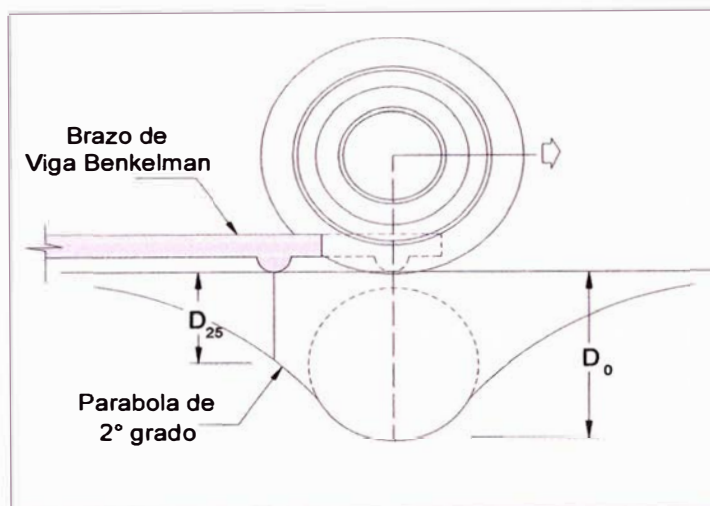


Figura 3.9 Esquema de deflexión y radio de curvatura

Fuente : Método CONREVIAL, Capítulo IV, pagina 102

Esquematzación de la línea de deflexión es aproximar a una parábola hasta una distancia algo mayor a 25 cm. del eje de la carga, luego cambia a una línea asintótica hacia el horizonte. La curvatura de la parábola queda definida por su parámetro, que en la zona de máxima curvatura se aproxima aun círculo oscilador. Por lo tanto se determina el radio de curvatura por:

$$Rc = \frac{10 * 25^2}{2 * (D_0 + D_{25})} \quad (3.2)$$

Donde:

Rc : Radio de Curvatura en metros

D₀ : Deflexión recuperable en el eje vertical de la carga, en centésimas de

milímetros

D_{25} : Deflexión recuperable en el eje vertical de la carga, en centésimas de milímetros, a 25 cm del eje de carga

10 : Coeficiente por cambio de unidades

3.2.6 Variabilidad de la capacidad estructural : Deflectograma

Los deflectogramas de deformación y radio de curvatura revelan una la disconformidad de la capacidad estructural.

Para una interpretación de los resultados se establece una deformación que represente adecuadamente tramos o secciones del pavimento, sujeto a una evaluación estadística.

En los deflectogramas se grafica las deformaciones y los radios de curvatura en función de las progresivas, analizándose la variabilidad de la capacidad estructural teniendo en cuenta lo siguiente:

- Diferenciar secciones con diferente capacidad estructural, observándose fallas en la estructura del pavimento.
- Eliminación de valores extremos que distorsionan los resultados.
- Delimitar secciones que se requiera intensificar los estudios.
- Obtenidos parámetros estadístico, ubicar perforaciones requeridas para interpretar resultados, en zonas representativas de buen o mal comportamiento.

3.2.7 Análisis Estadístico

Los datos de deformaciones se procesan estadísticamente considerando una distribución de frecuencias que se asemejan a una distribución normal.

Por ende, a partir de las deflexiones individuales, asumiendo que se hallan distribuidas de acuerdo a la ley de Gauss se han determinado la deflexión media (D_m), el desvío cuadrático medio o desviación Standard (σ) y el coeficiente de variación (CV), usando las siguientes expresiones; donde n es el número de determinaciones, mediante las expresiones siguientes:

$$\text{Deflexión media} \quad D_m = \frac{\sum_{i=1}^n D_i}{n} \quad (3.3)$$

$$\text{Desviación estándar} \quad \sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (D_i - D_m)^2}{(n-1)}} \quad (3.4)$$

$$\text{Coeficiente Uniformidad} \quad CV = \frac{\sigma}{D} * 100 \quad (3.5)$$

Dado que la desviación estándar aumenta con un incremento de las deflexiones, y mayores deflexiones están asociadas a pavimentos más débiles, puede concluirse que estos son en general más variables, al determinar una deflexión de diseño para algún método de cálculo del refuerzo, debe basarse tanto en la deflexión media como en la dispersión.

Para una deflexión de diseño se emplea la deflexión característica, valor que representa mejor una determinada sección; siguiendo el criterio adoptado normalmente en análisis estadístico, se puede establecer como deflexión característica (D_c):

$$D_c = D_m + t * \sigma \quad (3.6)$$

Donde:

D_c : Deflexión Característica

D_m : Deflexión promedio de las deformaciones máximas corregidos por temperatura y estacionalidad

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

σ : Desviación Estándar

Considerando que cada deflexión media representa una cierta extensión o área de pavimento, cada valor de "t" corresponderá a un porcentaje del área total con probabilidad de presentar deflexiones superiores a las características D_c correspondiente.

El presente método se considera como deflexión característica aquella que corresponde al 95%, es decir la que es superada solo por el 5% de las determinaciones ($D_m + 1.645 \sigma$)

Cuadro 3.2 Valores de “t” y probabilidad de ocurrencia

Valor Diseño	Deflexión Característica	Extensión del Pavimento con D>Dc
50	Dm	50
75	Dm + 0.674σ	25
85	Dm + σ	15
90	Dm + 1,3σ	10
95	Dm +1,645σ	5
98	Dm + 2σ	2
99	Dm + 2,33σ	1
99,9	Dm +3 σ	0.1

Fuente: Manual CONREVIAl, capítulo IV, página 122

Para el criterio de homogenización de tramos se basa al valor medio de ambos tramos (debe tender a una coincidencia, la hipótesis y el criterio de aceptación esta dado por:

$$-t_{\alpha/2;V_2} \leq t' \leq t_{\alpha/2;V_2} \quad (3.7)$$

Donde :

$t_{\alpha/2}$: Valor Estadístico obtenido de la tabla t student, para un nivel de confianza ($\alpha=1\%$), y cierto grado de libertad V_2

V_2 : Grado de libertad, expresado por:

$$V_2 = \frac{\left(\frac{\sigma_X^2}{n_X} + \frac{\sigma_Y^2}{n_Y}\right)^2}{\left(\frac{\sigma_X}{n_X + 1}\right)^2 + \left(\frac{\sigma_Y}{n_Y + 1}\right)^2} - 2 \quad (3.8)$$

t' : Variable estadística, calculada en base a la media y desviación estándar

$$t' = \frac{\left(\bar{X} + \bar{Y}\right)}{\sqrt{\left(\frac{\sigma_X^2}{n_X} + \frac{\sigma_Y^2}{n_Y}\right)}} \quad (3.9)$$

3.2.8 Número de Repeticiones de Ejes Equivalentes

Un eje equivalente es el deterioro del pavimento, por un eje simple de dos ruedas cargados con 8.2 ton de peso con neumáticos a una presión de 80lb/pulg².

EE de vehículos pesado, camiones y buses, resulta de la suma de EE por tipo de eje, para cada vehiculo, se considerara los factores de equivalencia de carga que indica en el Manual para Diseño de Carreteras Pavimentadas de Bajo Volumen de tránsito, como se muestra en el cuadro 3.3

Cuadro 3.3 Factores de equivalencia de carga por eje y vehiculo

Vehiculo	Símbolo	Factor equivalente
Camión 2 ejes	C2	4.5
Camión 2 ejes	C3	3.286
Bus	B2	4.5

Fuente: Manual para Diseño de Carreteras Pavimentadas de Bajo

Volumen de tránsito, pag 151

De manera referencial se puede utilizar para determinar el factor de ejes equivalentes en siguiente cuadro:

Cuadro 3.4 Factores de equivalencia por camión

Clase de vehiculo	Eje Equivalente (EE 8.2)
Bus	1.85
Camión ligero (2ejes)	1.15
Camión mediano (2ejes)	2.75
Camión pesado (3 ejes)	2.00
Camión articulado(>3ejes)	4.35
Auto vehiculo ligero	0.0001

Fuente: Manual para Diseño de Carreteras Pavimentadas de Bajo Volumen de tránsito, pag 152

CONREVIAl propone como factor de equivalencia por camión hipótesis de control de carga que se indica en el cuadro 3.5

Cuadro 3.5 Factores de equivalencia por camión

Tipo de Camión	Región		
	Costa	Sierra	Selva
2 Ejes	1.7	1.8	1.8
3 Ejes	1.6	1.7	1.7
Trailer y Semitrayer	5.2	4.2	4.2

Fuente: Manual CONREVIAl, capitulo IV, pagina 143

Numero de repeticiones de Ejes equivalentes es el deterioro ocasionado por los vehículos, que transita por una vía durante su vida útil, para determinar solo se considera vehículos pesados, en la siguiente expresión:

$$NEE_{(8,2)} = 365/2 \times (IMD_{2E} \times FE_{2E} + IMD_{3E} \times FE_{3E} + IMD_{TYST} \times FE_{TYST} + \dots) \times ((1+i)^n - 1) / i \quad (3.10)$$

$NEE_{(8,2)}$: Numero de repeticiones de ejes de 8.2 ton para un periodo de n años (en una dirección)

IMD_{2E} : Índice Medio Diario de cada tipo de composición correspondiente al año base.

FE_{2E} : Factor equivalente de 8.2 ton por cada tipo de composición.

IMD_{3E} : Índice Medio Diario de cada tipo de composición correspondiente al año base.

FE_{3E} : Factor equivalente de 8.2 ton por cada tipo de composición.

IMD_{TYST} : Índice Medio Diario de cada tipo de composición correspondiente al año base.

FE_{TYST} : Factor equivalente de 8.2 ton por cada tipo de composición.

i : Tasa de crecimiento del tráfico de camiones de 3.5% a 4.5%

n : Periodo de Diseño, se evaluara para 3,5,10 y 20 años

3.2.9 Deflexiones Admisibles

Es parámetro utilizado para evaluar la capacidad estructural de un pavimento.

Métodos empíricos como CONREVIAl propone una deflexión admisible o deflexión tolerable, al compárala con la deflexiones obtenidas en campo determina si el pavimento brinda un soporte estructural adecuado. La formula de la deflexión admisible propuesta por CONREVIAl:

$$D_{adm} = \sqrt[4]{\frac{1.15}{NEE_{(8,2)}}} \quad (3.11)$$

Donde:

$NEE_{(8,2)}$: Número de ejes estándares equivalentes de 8,2 toneladas acumuladas en el periodo de diseño

D_{adm} : Deflexión característica admisible (inicial) en centésimas de mm.

3.2.10 Juicio de Sobre Capacidad Estructural

Se analiza comparando las deformaciones características y las deformaciones admisibles en el cuadro 3.6, se consideran los radios de curvatura aceptable cuando sus valores son mayores que 100 y cuando los radios promedios varían entre 300mts y 500 mts,

3.2.11 Espesor de refuerzo

Para el cálculo de del refuerzo se considera el método del Dr. Ruiz para los casos 1 y 2 de la tabla 3.2, empleándose la siguiente formula:

$$h = \frac{R}{0.434} * \text{Log}\left(\frac{Dc}{Dh}\right) \quad (3.12)$$

Donde:

- h : Espesor de refuerzo (cm).
- Dc : Deflexión característica antes del refuerzo (1/100 mm).
- Dh : Deflexión característica luego del refuerzo (1/100mm).
- R : Coeficiente con dimensiones de un espesor.

Cuadro 3.6 Análisis combinado de los resultados de evaluación.

Deflectometría	Estado Actual	Estado Estructura	Recomendación
<p>La deflexión característica es superior a a admisible Los radios de curvatura son elevados o aceptables (en relación a la estructura</p> <p>$D_c > D_{adm}$ Rc mayores que 100 mts</p>	No hay fallas de origen estructural	<p>Estructura infradiseñada, pero la capacidad portante de las capas decrece en profundidad. (No Existe capa débil inmediatamente debajo capa asfáltica</p>	<p>Examinar fecha y tipo de las ultimas obras ejecutadas, para justificar estado del pavimento</p> <p>1° CASO</p>
	No hay fallas de origen estructural generalizada		<p>Hay acuerdo entre todas las variables</p> <p>a) Las deflexiones son empleadas para el calculo de refuerzo</p> <p>b) Para deflexiones muy fuertes analizar económicamente reconstrucción</p> <p>Verificar refuerzo con métodos diseño</p> <p>2° CASO</p>
<p>Deflexión característica es superior a la admisible Los radios de curvatura son pequeños (aun para deflexiones reducidas).</p> <p>$D_c > D_{adm}$ Rc pequeños, menores de 100 metros</p>		<p>Existe una capa débil inmediatamente debajo de las capas asfálticas (relación entre módulos de elasticidad <1).</p>	<p>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</p> <p>3° CASO</p>
<p>La deflexión característica es inferior a la admisible. Los radios de curvatura son Reducidos</p> <p>$D_c < D_{adm}$ Rc pequeños, menores de 100 metros</p>	<p>Hay fallas de origen estructural por fatiga (Fisuras tipo piel de cocodrilo).</p>	<p>Existe una capa débil inmediatamente debajo de las capas asfáltica.</p>	<p>Analizar fecha de mediciones, y tipo estructura. Neutralizar el efecto de la capa débil (Reconstrucción o refuerzo). D ninguna manera se pueden considerar las deflexiones para el proyecto; emplear métodos de diseño</p> <p>3° CASO</p>
<p>La deflexión característica es inferior a la admisible.</p> <p>$D_c < D_{adm}$</p>	<p>Hay fallas de origen estructural; deformaciones permanentes de la fundación</p>	<p>Estructura degradada no adecuada para la fundación</p>	<p>Evaluar aporte estructural de la calzada existente (Reconstrucción do refuerzo). La deflexión no es representativa</p> <p>4° CASO</p>
	No hay fallas de origen estructural.	<p>estructura bien diseñada</p>	<p>Corregir fallas de origen superficial, las soluciones dependerán de los defectos observados y sus causas.</p> <p>Mejora superficial</p> <p>5° CASO</p>

Fuente: Manual CONREVIAl, capitulo IV, pagina 197

CAPITULO IV.- APLICACION AL TRAMO KM 79+000 – KM 84+000**4.1 Recopilación de datos**

Los datos de los ensayos realizados de deflexiones con la Viga Benkelman en la superficie del pavimento de la carretera Cañete – Yauyos – Chupaca del tramo Km 59+000 - Km 104+000 de acuerdo a los procedimientos descritos en el capítulo III, se presentan en el Anexo I - Cuadro 6.1

En el cuadro 4.1 se presenta las deformaciones del tramo en estudio Km 80+100 – Km 80+500, en columna (1) se indica la progresiva de la carretera donde fue realizado el ensayo, en las siguientes columnas (2),(3),(4),(5) se encuentran las deformaciones de recuperación de la superficie a 0.25m (L_{25}), 0.40m (L_{40}), 0.70m (L_{70}) y 1.00m (L_{max}) del punto de aplicación, en la columna (6) el espesor de la superficie de rodadura, el ahuellamiento presentado en la superficie en la columna (7) y la temperatura del mismo en la columna (8).

Relacion de brazos de la Viga Benkelman 4:1, por tanto las deformaciones obtenidas en campo se multiplicaran por un factor de 4

Cuadro 4.1 Datos de medición de deflexiones

(1) Estaca (km)	Lecturas de Campo (10^{-2} mm)				(6) Espesor (m)	Ahuellamiento (mm)			Temp (°C)
	(2) L_{25}	(3) L_{40}	(4) L_{70}	(5) L_{max}		Ahue1	Ahue2	Prom	
80+100	6	10	14	18	0.013	1.0			55.0
80+200	8	12	20	26	0.009	2.0			52.0
80+300	10	16	24	30	0.011	4.0			56.0
80+400	8	18	24	26	0.011	3.0			56.0
80+500	12	18	28	32	0.011	2.0			54.0

Fuente: Propia

4.2 Procesamiento de datos**4.2.1 Deflexiones y Radio de Curvatura (R_c)**

El procesamiento de datos se realiza con las ecuaciones propuesta por el Método CONREVAL descritas en el Capítulo 3, obteniéndose las deflexiones D_{25} y D_{max} , en cada progresiva.

Progresiva 80+100

Deflexión máxima (Dmax)

$$D_{max} = 18 \times 10^{-2} \text{ mm}$$

Deflexión máxima afectado por el factor de brazo de palanca

$$D_{max} = 18 \times 4 = 72 \times 10^{-2} \text{ mm}$$

Deflexión máxima corregida por temperatura de la ecuación (3.1)

$$D_{max} = \frac{72}{1 \times 10^{-3} \times 1.3 (55-20)^{\circ}\text{C} + 1} \text{ cm}^{\circ}\text{C}$$

$$D_{max} = 69 \times 10^{-2} \text{ mm}$$

Corrección por Estacionalidad de acuerdo al clima por encontrarse en la región Yunga con mayor presencia del Sol durante el año, tipo de suelo de la subrasante es arena limosa de baja humedad de mediana plasticidad ^(*) obtenemos el factor de estacionalidad de 1.1 del cuadro 3.1

$$D_{max} = 69 \times 10^{-2} \text{ mm} \times 1.1$$

$$D_{max} = 76 \times 10^{-2} \text{ mm}$$

Radio de Curvatura Rc se determina con las deformaciones Dmax y D₂₅, aplicando la ecuación (3.2)

$$R_c = \frac{6250}{2 \times (76-51)}$$

$$R_c = 123.8 \text{ m}$$

En el cuadro 4.2 se muestra las deflexiones corregidas de Dmax, D₂₅ y Rc del tramo evaluado

^(*) Estudio de suelos realizado por el consorcio CGC en junio 2008, ver anexo III

Cuadro 4.2 Cuadro de Deflexiones y Radio de Curvatura

Progresiva	Lecturas de Campo (10 ⁻² mm)				Espesor (m)	Temp (°C)	Resultados Deflectometricos		
							Deflexiones Corregidas		Rc (m)
	L ₂₅	L ₄₀	L ₇₀	L _{max}			D ₂₅ x 10 ⁻² mm	D _{max} x 10 ⁻² mm	
80+100	6	10	14	18	1.3	55.0	51	76	123.8
80+200	8	12	20	26	0.9	52.0	77	111	91.3
80+300	10	16	24	30	1.1	56.0	85	127	73.8
80+400	8	18	24	26	1.1	56.0	76	110	92.3
80+500	12	18	28	32	1.1	54.0	85	136	61.4

Fuente: Propia

4.2.2 Número de Ejes Equivalentes

Se calcula el Ejes equivalente diario de los vehículos que transitan por la carretera del estudio de transito del cuadro 1.1

Para BUS (C2) con IMD de 14 vehículos diarios del estudio de transito realizado por el consorcio CGC (Junio 2008), aplicando un factor equivalente de 4.5 del cuadro 3.3, se tiene:

Eje equivalente diario del BUS = 14*4.5 = 63, en cuadro 4.4 se determina los ejes equivalentes diario para cada vehiculo.

Cuadro 4.4 Cálculo de Eje Equivalente diario

Vehiculo y simbolo	IMD (junio 2008)	Factor equivalente	EE
BUS (C2)	14	4.5	63
Camión 2 Ejes (C2)	42	4.5	189
Camión 3 Ejes (C3)	4	3.28	13.12
Eje Equiv. dia			265.12

Fuente. Propia

La tasa de crecimiento vehicular de acuerdo a la Método CONREVIAl considerando un valor extremo de 4.5%, para 1 año de vida útil (2010), 3 años (2012) y 5 años (2014) de vida útil del pavimento se calcula los ejes equivalentes, aplicando la ecuación (3.10) se obtiene :

Número de ejes equivalentes NEE_(8,2) para 1 año de vida útil (2010):

$$NEE_{(8,2)} = 365/2 * 265.12 * ((1+0.045)^2 - 1) / 0.045$$

$$NEE_{(8,2)} = 0.098 * 10^6$$

4.2.3 Deflexión admisible

Aplicando la ecuación (3.11) se obtiene la deflexión admisible para 2010:

$$D_{adm} = \sqrt[4]{\frac{1.15}{NEE_{(8.2)}}}$$

$NEE =_{(8.2)}$, reemplazando :

$$D_{adm} = 184.6$$

En el cuadro 4.5 se muestra el cálculo de las deflexiones admisibles para 1 año, 3 años y 5 años de vida útil.

Cuadro 4.5 Calculo de N° Ejes Equivalentes (NEE) y Deflexión admisible

Periodo de diseño n años	NEE	NEE x 10 ⁻⁶	Dadm (10 ⁻² mm)
1	98946.09	0,098	184.6
3	206997.71	0,206	153.5
5	649985.54	0.649	115.3

Fuente: Propia

CAPITULO V.- ANÁLISIS DE RESULTADOS

5.1 Gráficos de deflectograma

Del Cuadro 5.1 de Deflectograma o histograma de deflexión vs progresiva, obtenidos por las deflexiones máximas en los tramos evaluados desde el Km 59+000 al Km105+000, se observa que existe valores muy elevados de deflexión en las progresivas 60+100,60+200,60+300,91+400,97+800, 100+700 y 100+800, reflejando una posible falla del pavimento la cual tiene que ser comprobada por exploraciones geotécnicas el estado de soporte de la estructura.

Eliminado las deflexiones elevadas (ver cuadro 5.2) se observa tres sectores con cierta homogeneidad:

Sector 1 (59+000 - 60+100), deflexión promedio de $117 \cdot 10^{-2}$ mm

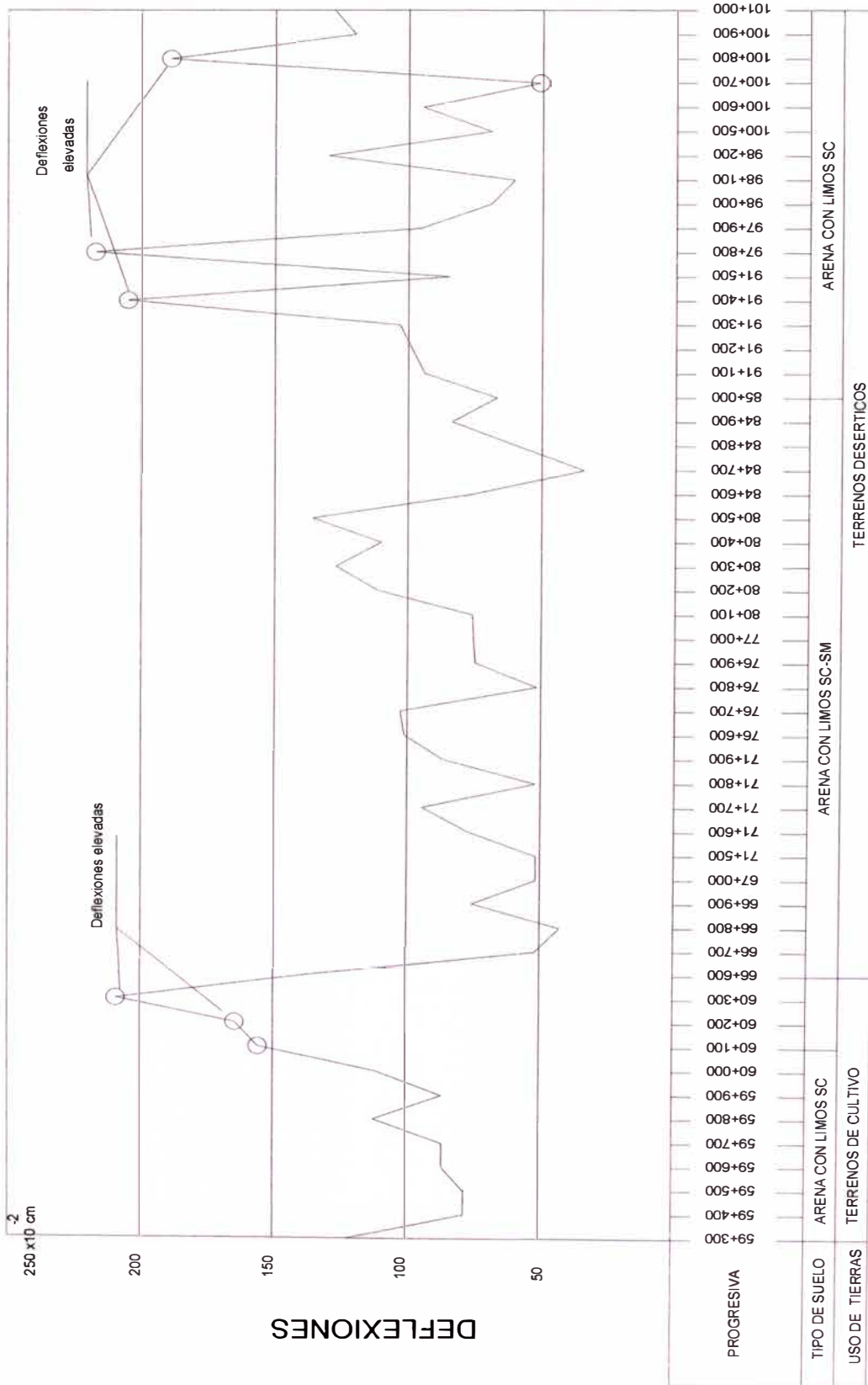
Sector 2 (60+100 - 85+000), deflexión promedio de $80 \cdot 10^{-2}$ mm

Sector 3 (85+000 - Km104+000), deflexión promedio de $112 \cdot 10^{-2}$ mm

El agrupamiento de los sectores se tendrá que comprobar por un análisis estadístico de homogeneidad descrito en el capítulo 3.2.7

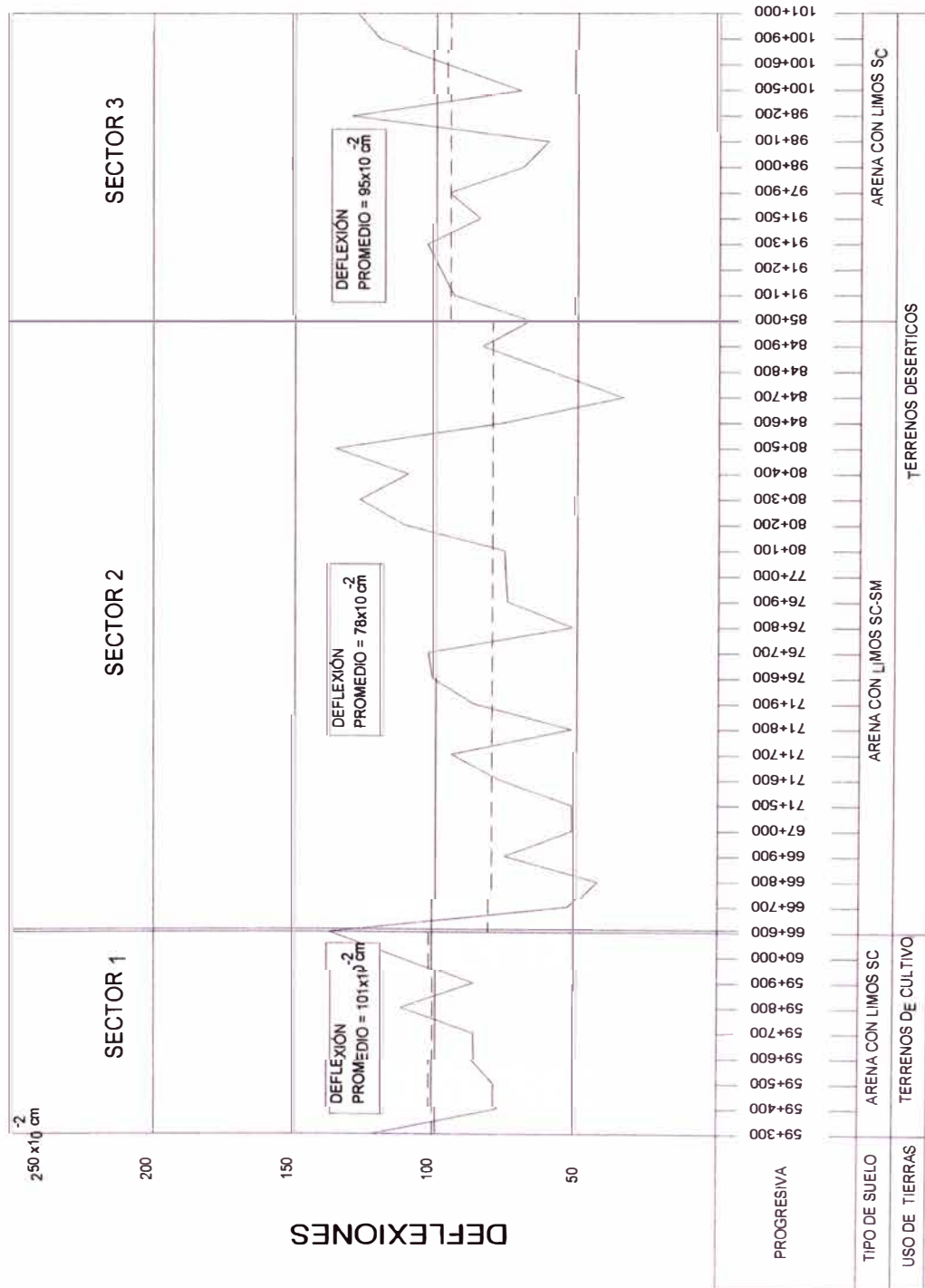
De acuerdo a un análisis del punto de vista geotécnico y el uso de tierras en la superficie; en el sector 1 con arena y gravas limosas en el afirmado, y en la subrasante arena con limos, en la superficie con terrenos de cultivo en ambos márgenes de la carretera, la cual ocasionaría mayores deflexiones, con respecto al Sector 2 el cual tiene terrenos desérticos grava pobremente graduada con presencia de arcillas en su afirmado y arena con limos en la subrasante; el Sector 3 presencia de arena arcillosa en la subrasante en Km 91+000 ocasionando un aumento de deflexión.

Cuadro 5.1 Deflectograma datos medidos Km59+000 - Km 104+000



DEFLECTOGRAMA

Cuadro 5.2 Deflectograma deflexiones depuradas Km 59+000 - Km 104+000



DEFLECTOGRAMA

5.2 Análisis Estadístico

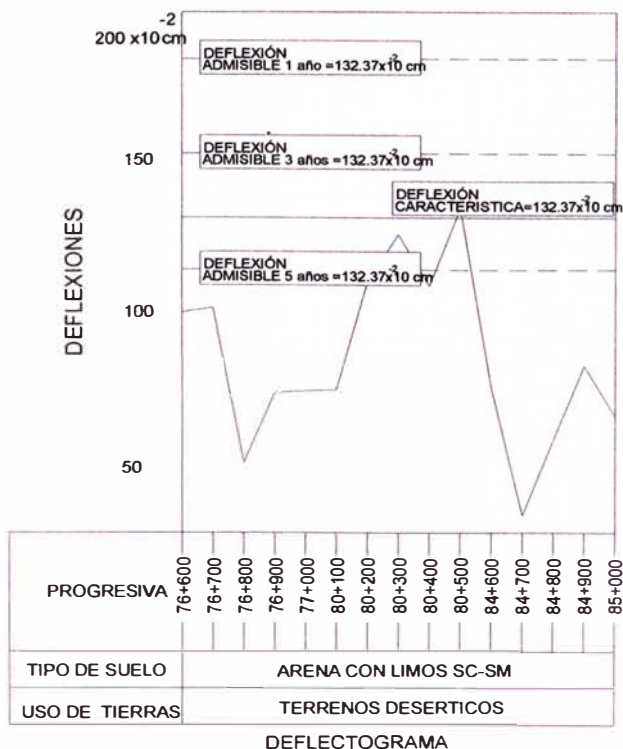
El análisis estadístico se comprueba la homogeneidad de las deflexiones en los tramos (76+600-77+000), (80+100-80+500), (84+600-85+000), desarrollado en el anexo III, de acuerdo al criterio descrito en el capítulo 3.2.7. Obteniéndose las deflexiones característica del tramo Km 79+000-Km 84+000, que se muestra en el siguiente cuadro

Cuadro 5.3 Cuadro de deflexiones representativo tramo Km 79+000-Km84+000

Tramo Total	Deflexiones (10 ⁻² mm)	Radio de Curvatura (m)
Mínimo	34.10	61.40
Máximo	135.72	183.31
Promedio	85.68	107.49
Desviación	28.40	34.89
Coef Variación	0.33	0.32
Característico	132.37	164.88

En la figura 5.4 de la grafica de Deflectograma del tramo representativo en estudio, se observa que la deflexión característica es menor a la deflexión admisible considerando para 1 y 3 años de vida útil del pavimento lo contrario ocurre cuando se evalúa para 5 años de vida útil la deformación admisible es menor a la deflexión característica.

Cuadro 5.4 Deflectograma (Deformación vs Progresiva) Tramo evaluado



4.3 Alternativas de Solución

Comparando Deflexión característica (Dc), vs Deflexión Admisible y radios de curvatura obtiene :

- Para 1 años : Dc = 132.37×10^{-2} mm < Dadm = 184.6×10^{-2} mm
 R = 165 m; aceptable >100 m
 Estado visual no hay fallas estructurales, capacidad de
 De la estructura adecuada, no requiere un reforzamiento
- Para 3 años : Dc = 132.77×10^{-2} mm < Dadm = 153.5×10^{-2} mm
 R = 165 m; aceptable >100 m
 Estado visual no hay fallas estructurales, capacidad de
 De la estructura adecuada, no requiere un reforzamiento
- Para 5 años : Dc = 132.37×10^{-2} mm > Dadm = 115.3×10^{-2} mm
 R = 162m; aceptable >100 m
 Estado visual no hay fallas estructurales, capacidad de
 De la estructura no adecuada, requiere un reforzamiento

Para el reforzamiento consideramos la ecuación 3.12:

$$h = \frac{R}{0.434} * \text{Log} \left(\frac{Dc}{Dh} \right)$$

Donde:

h : Espesor de refuerzo (cm).

Dc : 132×10^{-2} mm

Dh : 115×10^{-2} mm

R : 17

Reemplazando datos:

$$h = \frac{17}{0.434} * \log \left(\frac{132.37}{115} \right)$$

$$h = 2.30 \text{ cm} = 1''$$

CONCLUSIONES

- Se concluye que el tramo en estudio presenta buen comportamiento estructural al tener una deflexión característica menor a la deflexión admisible.
- En existe tres tramos con deflexiones promedios diferentes del km 59+000 al km 66+600 una deflexión promedio 101×10^{-2} cm, del km 66+600 al km 85+000 una deflexión promedio de 78×10^{-2} cm y del Km 85+000 al km 101+000 una deflexión promedio de 95×10^{-2} cm
- Aplicando el método CONREVIAl es posible llevar un control en al evaluación de carreteras, ubicación de tramos con menor capacidad estructural las cuales tendrían que ser mejoradas.
- De las deflexiones características D_c y deflexiones admisibles D_{adm} , se afirma que estructuralmente el pavimento se encuentra en condiciones aceptables, considerando un periodo de diseño de 1 año y 3 años lo contrario ocurre si se compara estas deflexiones para periodo de diseño de 5 años, se concluye que para una vida útil de 5 años necesaria un reforzamiento superficial de 2.30 cm.
- El aumento del tráfico provocado por la Central Hidroeléctrica El Platanal a provocado un rápido deterioro de la superficie, mayores deflexiones.
- Es útil realizar una evaluación estructural por métodos empíricos como el CONREVIAl mediante el empleo de la Viga Benkelman por ser económico y conveniente para el mejoramiento de carreteras evitando mayor presupuesto en los estudios.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar las mediciones de deformación de los pavimentos, en épocas que produzcan mayores condiciones adversas del pavimento, que disminuya de capacidad soporte, como en épocas de lluvias, en tramos afectados por aguas de riego, quebradas o infiltraciones de alcantarillas.
- Se debe tener un sistema de drenaje longitudinalmente y transversalmente con la finalidad de no alterar el sistema de soporte de la estructura del pavimento.
- El personal técnico tener mucha experiencia y responsabilidad para la medición de las lecturas de recuperación el pavimento
- Realizar las mediciones de deformación con Viga Benkelman en tramos cada 100 metros en carril derecho y en el carril izquierdo cada 100 metros, pero en forma alternada de esta manera se estaría evaluando tramos cada 50 metros evitando posibles sectores no evaluados.

BIBLIOGRAFÍA

1. CESPEDES ABANTO, José. "Los Pavimentos en las Vías Terrestres", Editorial Universitaria de la UNC, Cajamarca. Peru, 2002.
2. CHANG ALBITES, Carlos."Pavimentos un Enfoque al Futuro" , Editorial ICG, Lima, 2007.
3. MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES, "Manual para el Diseño de Carreteras Pavimentadas de Bajo Volumen de Transito", Marzo 2008
4. MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES, "Método CONREVIAl", Lima, Perú, 1983
5. MONTEJO FONSECA, Alfonso, "Ingeniería de Pavimentos, Evaluación y Mejoramiento", Ediciones Universidad Católica de Colombia, Bogota, Colombia, 2006.
6. www.proviasnac.gob.pe

ANEXOS

ANEXOS

ANEXO I

Mediciones de deflexiones en la carretera Cañete – Yauyos - Chupaca

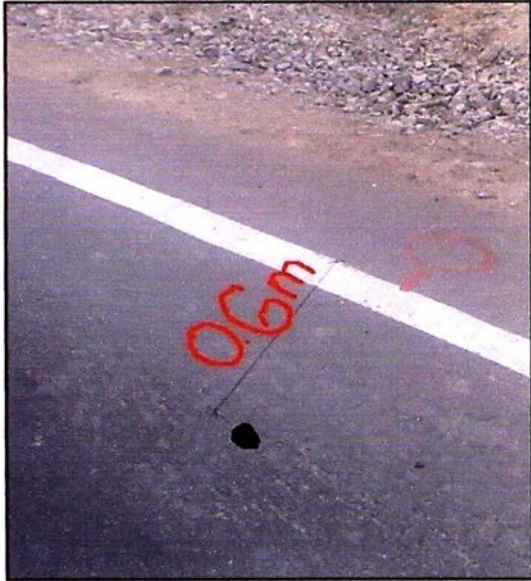


Figura 6.1 Ubicación Punto de Aplicación

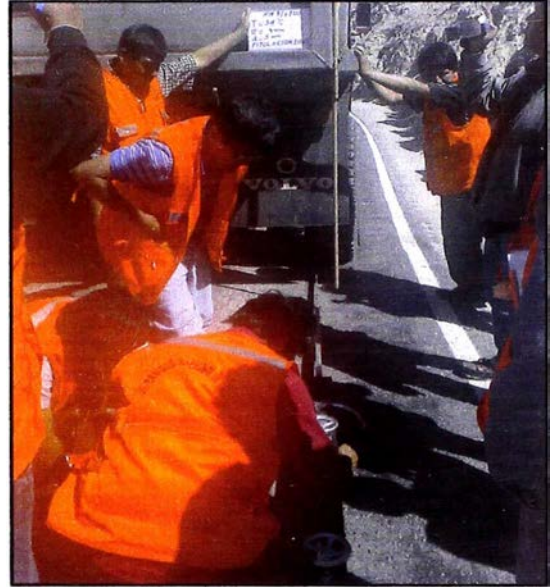


Figura 6.2 Ajuste y ubicación Viga Benkelman



Figura 6.3 Medición de deformaciones



Figura 6.4 Medida de temperatura
de la superficie



Figura 6.5 Medición espesor de la
carpeta asfáltica



Figura 6.6 Medida de ahuellamiento

ANEXO II
Datos de Campo, Deflexiones procesados, Deflexiones depurados
del deflectograma

Cuadro 6.1 Datos de Campo

SECTOR : CARRETERA CAÑETE - YAUYOS - CHUPACA SUPERFICIE : TTS
 TRAMO : Km. 59+000 - Km. 104+000 CARGA EJE : 8200 KG
 FECHA : 03/10/2009 RESPONSABLE : UNI PRESIÓN : 80 PSI
 CARRIL : Derecho OPERADOR : UNI R. BRAZOS : 1 a 4

Progresiva (km)	Lecturas de Campo (10 ⁻² mm)				Espesor Asfalto (m)	Ahuellamiento (mm)			Temperatura Asfalto (°C)	Observaciones
	L ₂₅	L ₄₀	L ₇₀	L _{max}		Ahue 1	Ahue 2	Prom		
59+300	6.00	12.00	16.00	28.00	0.010	3.0			29.0	SLURRY SEAL
59+400	8.00	14.00	16.00	18.00	0.007	4.0			38.0	
59+500	8.00	12.00	16.00	18.00	0.006	-			44.0	
59+600	8.00	10.00	16.00	20.00	0.008	-			44.0	
59+700	10.00	14.00	14.00	20.00	0.007	4.0			46.0	
59+800	12.00	20.00	22.00	26.00	0.007	3.0			48.0	
59+900	8.00	12.00	18.00	20.00	0.006	3.0			48.0	
60+000	12.00	16.00	24.00	26.00	0.009	2.0			49.0	
60+100	14.00	32.00	34.00	36.00	0.006	3.0			49.0	
60+200	14.00	34.00	36.00	38.00	0.006	4.0			48.0	
60+300	16.00	32.00	44.00	48.00	0.005	4.0			40.0	
66+600	8.00	14.00	26.00	32.00	0.014	6.0			43.0	
66+700	6.00	8.00	10.00	12.00	0.007	2.0			44.0	
66+800	4.00	6.00	8.00	10.00	0.014	3.0			44.0	
66+900	10.00	14.00	16.00	18.00	0.020	3.0			44.0	
67+000	6.00	8.00	10.00	12.00	0.009	3.0			46.0	
71+500	6.00	8.00	10.00	12.00	0.011	2.0			40.0	
71+600	8.00	14.00	16.00	18.00	0.012	2.0			40.0	
71+700	8.00	12.00	16.00	22.00	0.013	4.0			39.0	
71+800	6.00	8.00	10.00	12.00	0.007	3.0			43.0	
71+900	8.00	14.00	18.00	20.00	0.006	4.0			44.0	
76+600	8.00	16.00	22.00	24.00	0.015	4.0			49.0	
76+700	8.00	16.00	22.00	24.00	0.010	1.0			48.0	
76+800	4.00	8.00	10.00	12.00	0.008	3.0			50.0	
76+900	8.00	12.00	16.00	18.00	0.020	4.0			50.0	
77+000	8.00	12.00	16.00	18.00	0.016	2.0			52.0	
80+100	6.00	10.00	14.00	18.00	0.013	1.0			55.0	
80+200	8.00	12.00	20.00	26.00	0.009	2.0			52.0	
80+300	10.00	16.00	24.00	30.00	0.011	4.0			56.0	
80+400	8.00	18.00	24.00	26.00	0.011	3.0			56.0	
80+500	12.00	18.00	28.00	32.00	0.011	2.0			54.0	
84+600	6.00	12.00	14.00	18.00	0.011	3.0			54.0	
84+700	4.00	6.00	8.00	8.00	0.009	5.0			56.0	
84+800	6.00	8.00	14.00	14.00	0.012	1.0			57.0	
84+900	8.00	12.00	18.00	20.00	0.013	1.0			60.0	
85+000	8.00	10.00	14.00	16.00	0.013	3.0			61.0	
91+100	10.00	16.00	20.00	22.00	0.009	5.0			54.0	
91+200	8.00	14.00	20.00	22.00	0.011	3.0			53.0	
91+300	8.00	14.00	18.00	24.00	0.007	4.0			53.0	
91+400	12.00	16.00	20.00	48.00	0.009	-			54.0	
91+500	8.00	14.00	16.00	20.00	0.012	1.0			54.0	
97+800	20.00	28.00	40.00	50.00	0.004	1.0			52.0	
97+900	12.00	18.00	20.00	22.00	0.004	3.0			55.0	
98+000	8.00	12.00	14.00	16.00	0.004	1.0			57.0	
98+100	8.00	10.00	12.00	14.00	0.005	3.0			58.0	
98+200	14.00	24.00	28.00	30.00	0.005	3.0			50.0	
100+500	8.00	10.00	14.00	16.00	0.006	3.0			52.0	
100+600	12.00	14.00	20.00	22.00	0.007				53.0	
100+700	8.00	10.00	12.00	12.00	0.010	2.0			54.0	
100+800	12.00	14.00	32.00	44.00	0.007	10.0			54.0	
100+900	12.00	20.00	24.00	28.00	0.008	5.0			54.0	
101+000	8.00	20.00	28.00	30.00	0.010	7.0			52.0	

Fuente: Propia

Cuadro 6.2 Deflexiones corregidos por Temperatura y estacionalidad Km 59+000-104+000

Progresiva (km)	Lecturas de Campo (10 ⁻³ mm)			Espesor (m)	Temp. (°C)	Obs	Factor Corrección		DEFLEX. CORREGIDAS		Radio Curvatura R _c (m)
	L _{inicial}	L ₂₅	L _{final}				Factor Temp.	Factor Estac.	D ₀ (x 10 ⁻² mm)	D ₂₅ (x 10 ⁻² mm)	
59+400	0	8	18	0.007	38	0.99	1.1	78	43	90	
59+500	0	8	18	0.006	44	0.99	1.1	78	43	90	
59+600	0	8	20	0.008	44	0.98	1.1	86	52	90	
59+700	0	10	20	0.007	46	0.98	1.1	86	43	72	
59+800	0	12	26	0.007	48	0.98	1.1	112	60	60	
59+900	0	8	20	0.006	48	0.98	1.1	87	52	90	
60+000	0	12	26	0.009	49	0.97	1.1	111	60	61	
60+100	0	14	36	0.006	49	0.98	1.1	156	95	52	
60+200	0	14	38	0.006	48	0.98	1.1	164	104	52	
60+300	0	16	48	0.005	40	0.99	1.1	209	139	45	
66+600	0	8	32	0.014	43	0.97	1.1	136	102	92	
66+700	0	6	12	0.007	44	0.98	1.1	52	26	120	
66+800	0	4	10	0.014	44	0.97	1.1	43	26	184	
66+900	0	10	18	0.020	44	0.95	1.1	76	34	74	
67+000	0	6	12	0.009	46	0.98	1.1	52	26	121	
71+500	0	6	12	0.011	40	0.98	1.1	52	26	121	
71+600	0	8	18	0.012	40	0.98	1.1	77	43	91	
71+700	0	8	22	0.013	39	0.98	1.1	94	60	91	
71+800	0	6	12	0.007	43	0.98	1.1	52	26	120	
71+900	0	8	20	0.006	44	0.99	1.1	87	52	90	
76+600	0	8	24	0.015	49	0.96	1.1	101	67	93	
76+700	0	8	24	0.010	48	0.97	1.1	103	68	91	
76+800	0	4	12	0.008	50	0.98	1.1	52	34	182	
76+900	0	8	18	0.020	50	0.94	1.1	75	42	94	
77+000	0	8	18	0.016	52	0.95	1.1	75	42	93	
80+100	0	6	18	0.013	55	0.96	1.1	76	51	124	
80+200	0	8	26	0.009	52	0.97	1.1	111	77	91	
80+300	0	10	30	0.011	56	0.96	1.1	127	85	74	
80+400	0	8	26	0.011	56	0.96	1.1	110	76	92	
80+500	0	12	32	0.011	54	0.96	1.1	136	85	61	
84+600	0	6	18	0.011	54	0.96	1.1	76	51	123	
84+700	0	4	8	0.009	56	0.97	1.1	34	17	183	
84+800	0	6	14	0.012	57	0.96	1.1	59	34	124	
84+900	0	8	20	0.013	60	0.95	1.1	84	50	93	
85+000	0	8	16	0.013	61	0.95	1.1	67	33	94	
91+100	0	10	22	0.009	54	0.97	1.1	94	51	73	
91+200	0	8	22	0.011	53	0.96	1.1	93	59	92	
91+300	0	8	24	0.007	53	0.98	1.1	103	69	91	
91+400	0	12	48	0.009	54	0.97	1.1	205	154	61	
91+500	0	8	20	0.012	54	0.96	1.1	85	51	92	
97+800	0	20	50	0.004	52	0.99	1.1	217	130	36	
97+900	0	12	22	0.004	55	0.99	1.1	95	43	60	
98+000	0	8	16	0.004	57	0.99	1.1	69	35	90	
98+100	0	8	14	0.005	58	0.98	1.1	60	26	90	
98+200	0	14	30	0.005	50	0.99	1.1	130	69	51	
100+500	0	8	16	0.006	52	0.98	1.1	69	35	90	
100+600	0	12	22	0.007	53	0.98	1.1	95	43	61	
100+700	0	8	12	0.010	54	0.97	1.1	51	17	92	
100+800	0	12	44	0.007	54	0.98	1.1	189	138	61	
100+900	0	12	28	0.008	54	0.97	1.1	120	69	61	
101+000	0	8	30	0.010	52	0.97	1.1	128	94	92	

Fuente : Propia

Cuadro 6.3 Deflexiones depuradas Km 59+000-104+000 del deflectograma

Progresiva (km)	Lecturas de Campo (10 ⁻³ mm)			Espesor (m)	Temp. (°C)	Obs	Factor Corrección		DEFLEX. CORREGIDAS		Radio Curvatura R _c (m)	Sect.
	L _{inicial}	L ₂₅	L _{final}				Factor Temp.	Factor Estac.	D ₀ (x 10 ⁻² mm)	D ₂₅ (x 10 ⁻² mm)		
59+400	0	8	18	0.007	38	0.99	1.1	78	43	90		
59+500	0	8	18	0.006	44	0.99	1.1	78	43	90		
59+600	0	8	20	0.008	44	0.98	1.1	86	52	90		
59+700	0	10	20	0.007	46	0.98	1.1	86	43	72		
59+800	0	12	26	0.007	48	0.98	1.1	112	60	60		
59+900	0	8	20	0.006	48	0.98	1.1	87	52	90		
60+000	0	12	26	0.009	49	0.97	1.1	111	60	61		
60+100	0	14	36	0.006	49	0.98	1.1	156	95	52		
66+700	0	6	12	0.007	44	0.98	1.1	52	26	120	II	
66+800	0	4	10	0.014	44	0.97	1.1	43	26	184		
66+900	0	10	18	0.020	44	0.95	1.1	76	34	74		
67+000	0	6	12	0.009	46	0.98	1.1	52	26	121		
71+500	0	6	12	0.011	40	0.98	1.1	52	26	121		
71+600	0	8	18	0.012	40	0.98	1.1	77	43	91		
71+700	0	8	22	0.013	39	0.98	1.1	94	60	91		
71+800	0	6	12	0.007	43	0.98	1.1	52	26	120		
71+900	0	8	20	0.006	44	0.99	1.1	87	52	90		
76+600	0	8	24	0.015	49	0.96	1.1	101	67	93		
76+700	0	8	24	0.010	48	0.97	1.1	103	68	91		
76+800	0	4	12	0.008	50	0.98	1.1	52	34	182		
76+900	0	8	18	0.020	50	0.94	1.1	75	42	94		
77+000	0	8	18	0.016	52	0.95	1.1	75	42	93		
80+100	0	6	18	0.013	55	0.96	1.1	76	51	124		
80+200	0	8	26	0.009	52	0.97	1.1	111	77	91		
80+300	0	10	30	0.011	56	0.96	1.1	127	85	74		
80+400	0	8	26	0.011	56	0.96	1.1	110	76	92		
80+500	0	12	32	0.011	54	0.96	1.1	136	85	61		
84+600	0	6	18	0.011	54	0.96	1.1	76	51	123		
84+700	0	4	8	0.009	56	0.97	1.1	34	17	183		
84+800	0	6	14	0.012	57	0.96	1.1	59	34	124		
84+900	0	8	20	0.013	60	0.95	1.1	84	50	93		
85+000	0	8	16	0.013	61	0.95	1.1	67	33	94		
91+100	0	10	22	0.009	54	0.97	1.1	94	51	73	III	
91+200	0	8	22	0.011	53	0.96	1.1	93	59	92		
91+300	0	8	24	0.007	53	0.98	1.1	103	69	91		
91+500	0	8	20	0.012	54	0.96	1.1	85	51	92		
97+900	0	12	22	0.004	55	0.99	1.1	95	43	60		
98+000	0	8	16	0.004	57	0.99	1.1	69	35	90		
98+100	0	8	14	0.005	58	0.98	1.1	60	26	90		
98+200	0	14	30	0.005	50	0.99	1.1	130	69	51		
100+500	0	8	16	0.006	52	0.98	1.1	69	35	90		
100+600	0	12	22	0.007	53	0.98	1.1	95	43	61		
100+900	0	12	28	0.008	54	0.97	1.1	120	69	61		
101+000	0	8	30	0.010	52	0.97	1.1	128	94	92		

Fuente : Propio

Anexo III

Análisis Estadístico –Criterio de Homogenización

Criterio de Homogenización

Con los datos seleccionados de los tramos 76+600-77+000, 80+100-80+500, 84+600-85+000, se analiza la homogenización de acuerdo a las hipótesis y procedimiento estadístico descrito en el capítulo 3.2.7

Cuadro 6.1 Homogenización (76+600-77+000) al (80+100- 80+500)

	Deflexiones (10 ⁻² mm)	
	Km 76+600 Km 77+000	Km 80+100 Km 80+500
Mínimo	51.56	75.75
Máximo	102.72	135.72
Promedio	81.11	111.94
Desviación	21.32	22.94
Coef. Variación	0.26	0.20
n (número datos)	5.00	5.00
Grado Libertad	9.94	
Variable estadística t	2.20	
t* (t student, 1% nivel confianza)	3.17	
Homogenizar	-3.17 < 2.2 < 3.17 OK	

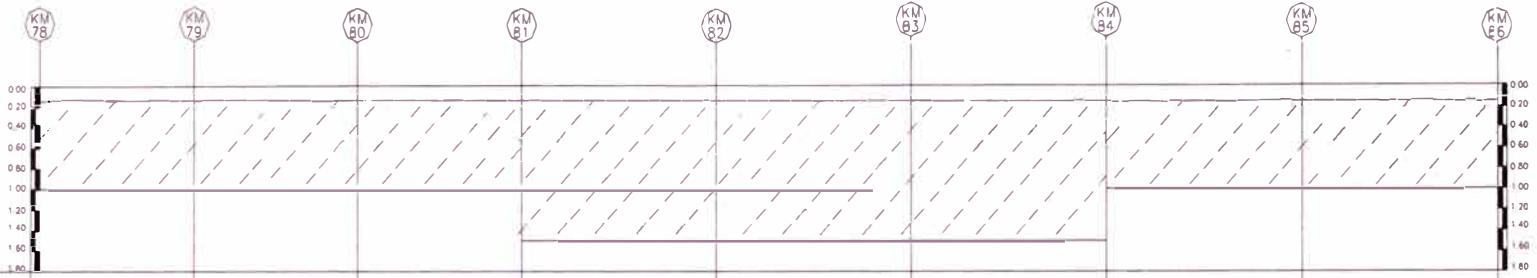
Cuadro 6.2 Homogenización (76+600-77+000) al (84+100- 84+500)

	Deflexiones (10 ⁻² mm)	
	Km 76+600 Km 80+500	Km 84+600 Km 85+000
Mínimo	51.56	34.10
Máximo	135.72	83.65
Promedio	96.52	63.98
Desviación	26.46	19.14
Coef. Variación	0.27	0.30
n	10	5
Grado Libertad	13.31	
Variable estadística t	2.79	
t* (t de student, 1% nivel confianza)	3.00	
Homogenizar	-3.00 < 2.79 < 3.00 OK	

Por lo tanto se puede homogenizar los tramos (76+600-77+000), (80+100-80+500), (84+600-85+000)

ANEXO IV

**Perfil Estratigráfico Km 79+000 al Km 84+000, Análisis Granulométrico,
CBR, de la Carretera Cañete-Yauyos-Chupaca del Km 81+600 al Km
85+600**



CALICATA N°	C-22	C-23	C-24	C-25	C-26	C-27	C-28	C-29
PROGRESIVA	78+800	79+800	80+700	81+600	82+700	83+600	84+600	85+600
PROFUNDIDAD	0.00-0.15	0.00-0.15	0.00-0.12	0.00-0.14	0.00-0.12	0.00-0.14	0.00-0.15	0.00-0.15
HUMEDAD NATURAL								
L. L	15.0	15.0	15	15	15	15	15	15
L. P.	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.
CLASIFICACION AASHTO	A-1-a(0)	A-1-a(0)	A-1-a(0)	A-1-a(0)	A-1-c(0)	A-1-a(0)	A-1-a(0)	A-1-a(0)
CLASIFICACION SUCS	GP-GC	GP-GC	GP-GC	GP-GC	GP-GC	GP-GC	GP-GC	GP-GC
PROCTOR (MDS)								
CBR (100%)								

PROFUNDIDAD	0.15-1.00	0.15-1.00	0.15-1.00	0.15-1.50	0.15-1.50	0.15-1.00	0.15-1.00	0.15-1.00
HUMEDAD NATURAL								
L. L	23.0	24.00	24.0	24.0	24.0	25.0	26.00	24.0
L. P.	4.8	6.10	6.10	4.2	5.90	6.3	6.40	4.9
CLASIFICACION AASHTO	A-1-b(0)	A-2-4(0)	A-2-4(0)	A-1-b(0)	A-1-b(0)	A-2-4(0)	A-1-b(0)	A-1-b(0)
CLASIFICACION SUCS	SC-SM	SC-SM	SC-SM	SC-SM	SC-SM	SC-SM	SC-SM	SC-SM
PROCTOR (MDS) gr/cm ³	2.12			2.11				2.12
CBR (100%)	42.7%			42.9%				43.6

CUADRO DE REFERENCIAS								
	GRAVA REDONDEADA	GRAVA ANGULAR	ARENA	LIMO	ARCILLA DE BAJA A MEDIANA PLASTICIDAD	ARCILLA DE ALTA PLASTICIDAD	BOLONERIA	FRAGMENTO DE ROCA

PERFIL ESTRATIGRAFICO KM 79+000 AL KM 84+000 - CARRETERA CAÑETE - YAUYOS - CHUPACA

CONSORCIO GESTION
 DE CARRETERAS

M.T.C

REGISTRO DE EXCAVACION

PROYECTO : CONSERVACION VIAL DE LA CARRETERA CAÑETE - LUNAJUANA - PACARANI - CHUFACA Y
 REHABILITACION DEL TRAMO ZUÑIGA DV. YAUYO - ROCHAS
 UBICACION : MUESTRA DE TERRENO EXISTENTE CALICATA
 KM : 81+600
 LADO : DERECHO
 TRAMO :
 CALICATA : C-25
 REALIZADO : G.H.H
 REVISADO : E.H.H
 FECHA DE EXCAVACION : 23.06/2008
 PROFUNDIDAD TOTAL (m) : 1.50
 PROF. NIVEL FREATICO (m) : -

PROF. (m)	C R A F I C O	DESCRIPCION DEL SUELO Clasificación técnica; forma del material granular; color, contenido de humedad; Índice de plasticidad / compresibilidad; grado de compactación / consistencia; Otros: presencia de oxidaciones y material orgánico, porcentaje estimado de bolcos / cantos, etc.	SUCS	GRANULOMETRIA					LL	LP	HM	N° DE MUESTRA
				<	0.075	0.425	2.0	>				
				mm	mm	mm	mm	mm				
0.14		CONFORMACION A NIVEL DE AFIRMADO	GP - GC A-1-(0)	5.1	31.1	63.3		15.0	NP	2.7		
0.80		Arena limosa, sub angular, color marron oscuro, humedad baja, plasticidad media, medianamente compresible, medianamente compacto, consistencia dura 1% boloneria, material fino sin materia organica, material de relleno 0% de bloques suelo granular grueso	SC - SM A-1-(0)	16.2	52.8	31.0	1.0	24.0	4.2	3.4	M-01	
1.28		ROCA										

CONSORCIO GESTION DE CARRETERAS
 GERENTE GENERAL: ING. LUIS ROZAS OCHOA
 GERENTE VIAL: ING. LUIS ROZAS OCHOA

OBSERVACIONES:

EL MATERIAL DEL AFIRMADO PROCEDENTE DE LA CANTERA KM. 95+000 L. DER

MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES
 PROYECTO ESPECIAL DE INFRAESTRUCTURA DE TRANSPORTE NACIONAL
 PROVIAS NACIONAL

CONSORCIO GESTION
 DE CARRETERAS

M.T.C

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO
 (NORMA AASHTO T 27, ASTM D422)

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS

OBRA: CONSERVACION Y REHABILITACION DE LA CARRETERA CANETE - LUJANILLA - PACARAN - CHUPACA Y

REALIZADO: G.H.M

REHABILITACION DEL TRAMO ZUÑIGA DV. YAUYO - RONCHAS

REVISADO: E.M.H

MATERIAL: MUESTRA DE TERRENO EXISTENTE

FECHA: 19/06/2008

PROGRESIVA: 51-600.0

CALICATA LIDER

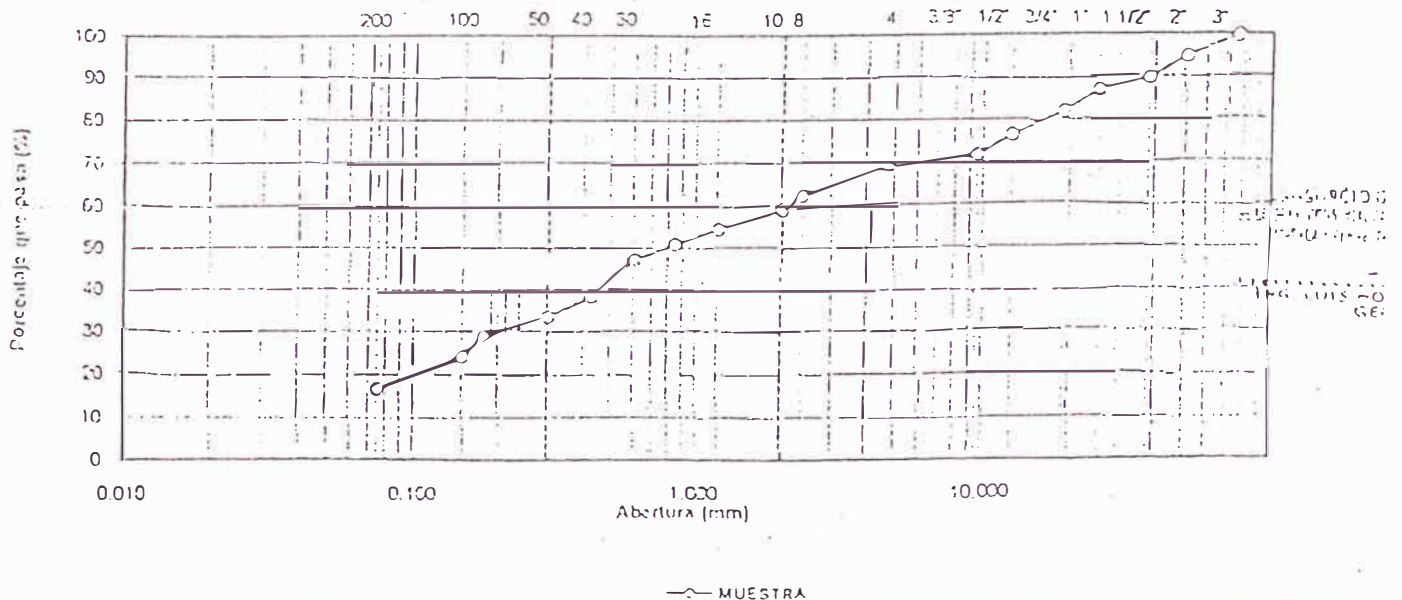
N° REGISTRO: G 025

DATOS DE LA MUESTRA

CALICATA	C-25	TAMAÑO MAXIMO	:	3"
MUESTRA	M-01	Peso Inicial seco	:	12576 g
PROF. (m)	0.00 - 1.50	Peso lavado seco	:	8766 g

TAMIZ	AASHTO T-27 (mm)	PESO RETENIDO	PORCENTAJE RETENIDO	RETENIDO ACUMULADO	PORCENTAJE QUE PASA	ESPECIFICACION	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	76.200				100.0		Contenido de Humedad (%): 3.4
2"	50.800	595	4.7	4.7	95.3		Límite Líquido (LL): 24
1 1/2"	38.100	659	5.2	9.9	90.1		Límite Plástico (LP): 20
1"	25.400	369	2.9	12.8	87.2		Índice Plástico (IP): 4
3/4"	19.000	647	5.1	17.9	82.1		Clasificación (SUCS): SC - SM
1/2"	12.500	659	5.2	23.1	76.9		Clasificación (AASHTO): A-1-b
3/8"	9.500	509	4.8	27.9	72.1		Índice de Grupo: 0
N° 4	4.750	393	3.1	31.0	69.0		Descripción (AASHTO): BUENO
N° 8	2.360	50.5	6.1	37.1	62.9		Módulo de Fineza:
N° 10	2.000	48.8	3.7	40.8	59.2		Materia Orgánica:
N° 16	1.190	59.4	4.5	45.3	54.7		Turba:
N° 20	0.840	48.8	3.7	49.0	51.0		OBSERVACIONES:
N° 20	0.600	48.8	3.7	52.7	47.3		Bolsonería > 3": 1.0
N° 40	0.425	117.4	8.9	61.5	38.4		Grava 3" - N° 4: 31.0
N° 50	0.300	92.9	4.8	66.4	33.6		Arena N° 4 - N° 200: 52.3
N° 60	0.177	62.0	4.7	71.1	28.9		Finos < N° 200: 15.7
N° 100	0.150	63.3	4.8	75.9	24.1		
N° 200	0.075	97.6	7.4	83.3	16.7		Fracción: 9:0.2
< N° 200	FONDO	220.7	16.7	100.0			

CURVA GRANULOMETRICA



MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES
 PROYECTO ESPECIAL DE INFRAESTRUCTURA DE TRANSPORTE NACIONAL
 PROMIAS NACIONAL

CONSORCIO GESTIÓN
 DE CARRETERAS

M.T.C

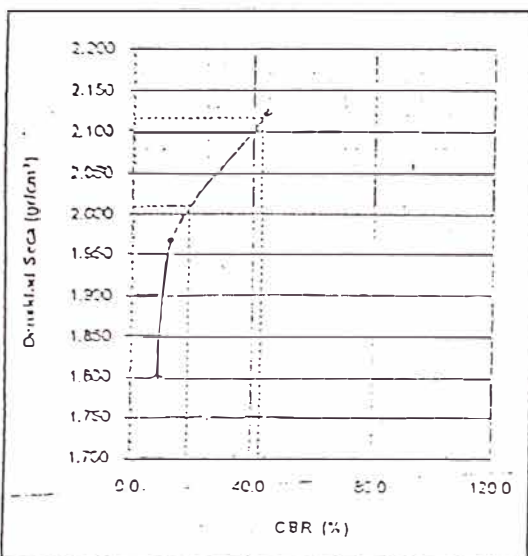
RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)
 (NORMA AASHTO T-193, ASTM D 1557)

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS

OBRA:	CONSERVACIONAL DE LA CARRETERA CASATELLANA, FACARSH - CHUPACA Y REHABILITACION DEL TRAMO ZURIGA DV. YAUJO - RONGHAS	REALIZADO: O.N.H.
MATERIAL:	MUESTRA DEL TERRENO EXISTENTE	REMSADO: E.M.H.
PROGRESIVA:	81+000 CALICATA L. 100	FECHA: 15.06.2006
		N° REGISTRO: G-212

DATOS DE LA MUESTRA

CALICATA:	C-25	PROGRESIVA	: KM 81+000
MUESTRA:	M-31	CLASF. (SUCS)	: SC-SM
PRUF. (m):	0.00 - 1.50	CLASF. (AASHTO)	: A-1-B (2)



METODO DE COMPACTACION	: ASTM D 1557
MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³)	: 2.117
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	: 7.4
95% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³)	: 2.012

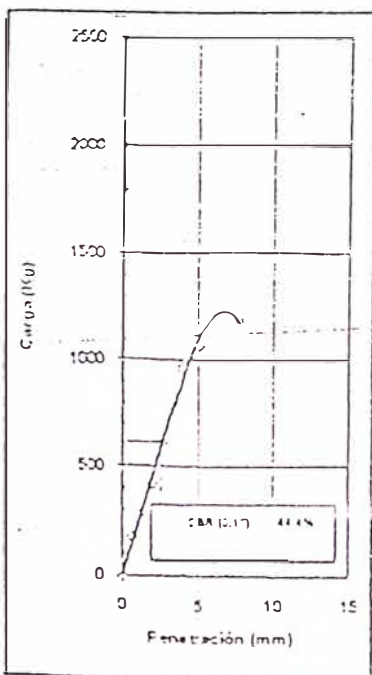
C.B.R. al 100% de M.D.S. (%)	0.17	42.9
C.B.R. al 95% de M.D.S. (%)	0.17	19.2

RESULTADOS:

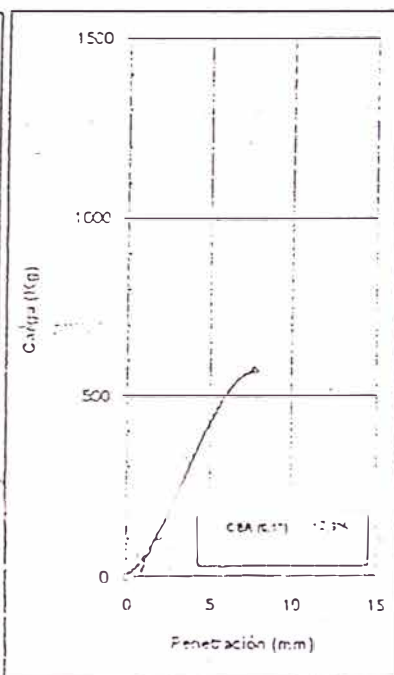
Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S.	=	42.9 (%)
Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S.	=	19.2 (%)

OBSERVACIONES:

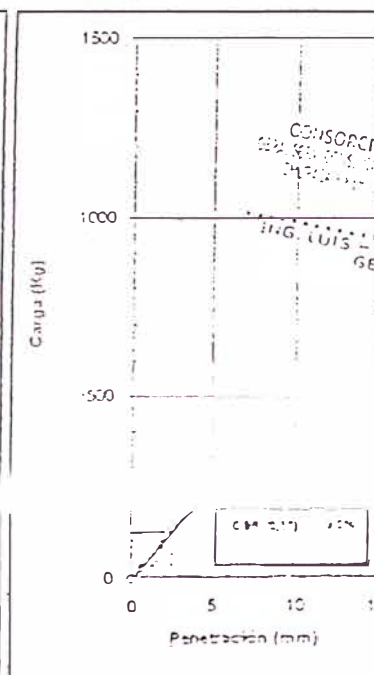
EC = 64 GOLPES



EC = 25 GOLPES



EC = 12 GOLPES



CONSORCIO GESTIÓN
 DE CARRETERAS
 E.M.H.
 ING. LUIS - GERENTE

557

MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES
 PROYECTO ESPECIAL DE INFRAESTRUCTURA DE TRANSPORTE NACIONAL
 PROVIAS NACIONAL

CONSORCIO GESTION
 DE CARRETERAS

M.T.C

REGISTRO DE EXCAVACION

PROYECTO	CONSERVACION VIAL DE LA CARRETERA CANETE - LUJAHUAJIA - PACAPAN - CHUFACA Y REHABILITACION DEL TRAMO ZUÑIGA DV. YAUYO - RONCHAS	CALCATA	C-29
UBICACION	MUESTRA DE TERRENO EXISTENTE CALCATA	REALIZADO	G.H.M
KM	95+600	REVISADO	E.M.H
LADO	DERECHO	FECHA DE EXCAVACION	23/06/2009
TRAMO		PROFUNDIDAD TOTAL (m)	1.50
		PROF. NIVEL FREATICO (m)	

PROF. (m)	C R A F I C O	DESCRIPCION DEL SUELO Clasificación técnica; forma del material granular; color; contenido de humedad; Índice de plasticidad / compresibilidad; grado de compactación / consistencia. Otros: presencia de oxidaciones y material orgánico, porcentaje estimado de boleros / cantos, etc.	SUCS	GRANULOMETRIA				LL	LP	NN	N° DE MUESTRA
				<	0.075	4.75	75				
				mm	mm	mm	mm				
1.1		CONFORMACION A NIVEL DE AFIRMAO	GP - GC A-1-a(0)	5.1	31.1	63.3		15.0	11P	2.5	
2		Arena limosa, sub angular, color marron oscuro, humedad baja, plasticidad baja, medianamente compresible, medianamente compacto, consistencia dura 10% boleneria, material fino sin materia organica, 0% de bloques suelo granular grueso	SC - SM A-1-b(0)	17.3	51.7	31.0	10.0	24.0	4.5	3.0	M-01
3											
4											

CONSORCIO GESTION DE CARRETERAS
 ORGANIZACION DE LA CARRETERA CANETE - LUJAHUAJIA - PACAPAN
 ORGANIZACION DE LA CARRETERA ZUÑIGA DV. YAUYO - RONCHAS
 INC. LUIS HERNANDEZ PERAZ ULHUA
 GERENTE VIAL

OBSERVACIONES:
 EL MATERIAL DEL AFIRMAO PROCEDENTE DE LA CANTERA KM 95+000 DER

MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES
 PROYECTO ESPECIAL DE INFRAESTRUCTURA DE TRANSPORTE NACIONAL
 PROVIAS NACIONAL

CONSORCIO GESTION
 DE CARRETERAS

M.T.C

ENSAYO PROCTOR MODIFICADO
 (NORMA AASHTO T-180, ASTM D 1557)

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS

OBRA:	CONSERVACION VAL DE LA CARRETERA CAÑETE - LUNAYQUICA - PACARAN - OMPUJAY REHABILITACION DEL TRAMO ZUÑIGA DV. YAUYO - RONCHAS	REALIZADO: G.H.M. REVISADO: E.M.H.
MATERIAL:	MUESTRA DEL TERRENO EXISTENTE	FECHA: 19/06/2008
PROGRESIVA:	85+600 CALICATA L DER	N° REGISTRO: P-014

DATOS DE LA MUESTRA

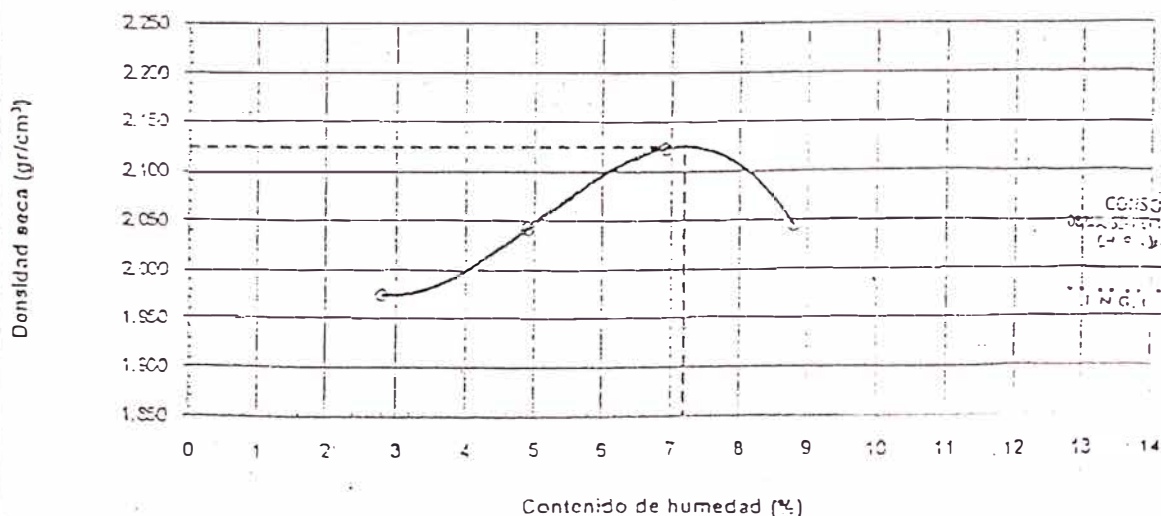
CALICATA: C-29	PROGRESIVA 85+600
MUESTRA: M-01	CLASF. (SUCS) SC - SM
PRUF. (m): 0.00 - 1.00	CLASF. (AASHTO) A-1-b (0)

METODO DE COMPACTACION : C

FECHA DE ENSAY 19/06/2008

Peso suelo + molde	gr	12765.00	13000.00	13271.00	13176.00	
Peso molde	gr	8477.00	8477.00	8477.00	8477.00	
Peso suelo húmedo compacto	gr	4288.00	4523.00	4794.00	4699.00	
Volumen del molde	cm ³	2112.00	2112.00	2112.00	2112.00	
Peso volumétrico húmedo	gr	2.03	2.14	2.27	2.22	
Recipiente N°		0.0	0.0	0.0	0.0	
Peso del suelo húmedo+tara	gr	367.20	345.10	312.20	342.70	
Peso del suelo seco + tara	gr	357.20	329.00	292.00	315.00	
Tara	gr	0.00	0.00	0.00	0.00	
Peso de agua	gr	10.00	16.10	20.20	27.70	
Peso del suelo seco	gr	357.20	329.00	292.00	315.00	
Contenido de agua	%	2.80	4.89	6.92	8.79	
Peso volumétrico seco	gr/cm ³	1.975	2.042	2.123	2.045	
					Densidad máxima (gr/cm ³)	2.125
					Humedad óptima (%)	7.2

RELACION HUMEDAD-DENSIDAD



CONSORCIO GESTION DE CARRETERAS
 GERENTE GENERAL
 ING. J. GONZALEZ
 GERENTE GENERAL

Observaciones:

MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES.
 PROYECTO ESPECIAL DE INFRAESTRUCTURA DE TRANSPORTE NACIONAL
 PROVIAS NACIONAL

CONSORCIO GESTION
DE CARRETERAS

M.T.C

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO.
 (NORMA AASHTO T-27, ASTM D422)

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS

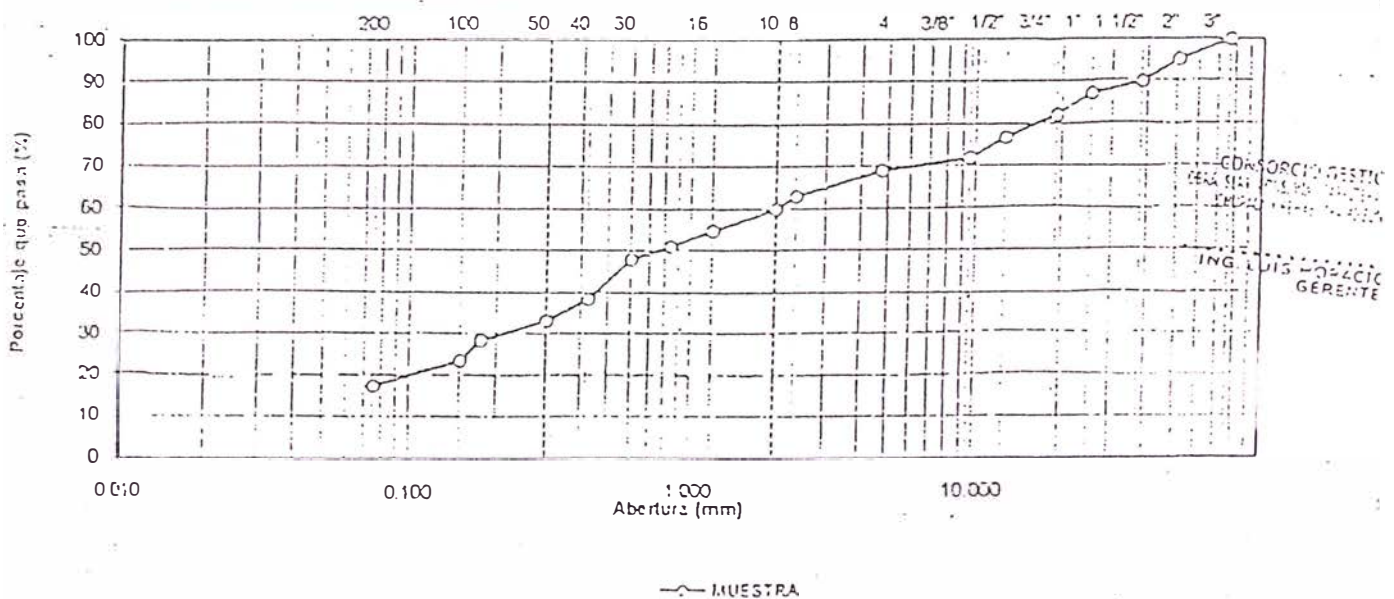
OBRA: CONSERVACION MAL DE LA CARRETERA CAÑETE - LUNAHUANA - PACARAN - CHUPACA Y REHABILITACION DEL TRAMO ZUÑIGA DV. YAUYO - RONCHAS	REALIZADO: G.H.M. REVISADO: E.M.H.
MATERIAL: MUESTRA DE TERRENO EXISTENTE	FECHA: 19/06/2008
PROGRESIVA: 55+600.0 CALICATA L.DER	N° REGISTRO: G-020

DATOS DE LA MUESTRA

CALICATA C-29	TAMAÑO MAXIMO : 1 1/2"
MUESTRA M-01	Peso Inicial seco : 17231 g
PROF. (m) 0.00 - 1.00	Peso lavado seco : 13711 g

TAMIZ	AASHTO T-27 (mm)	PESO		PORCENTAJE		RETENIDO ACUMULADO	PORCENTAJE QUE PASA	ESPECIFICACION	DESCRIPCION DE LA MUESTRA	
		RETENIDO	QUE PASA	RETENIDO	QUE PASA					
3"	76.200						100.0		Contenido de Humedad (%):	7.0
2"	50.800	2.10		4.7		4.7	95.3		Límite Líquido (LL):	74
1 1/2"	39.100	656		5.2		9.9	90.1		Límite Plástico (LP):	19
1"	25.400	500		2.9		12.8	87.2		Índice Plástico (IP):	5
3/4"	19.000	579		5.1		17.9	82.1		Clasificación (SUCS):	SC - SM
1/2"	12.500	595		5.2		23.1	76.9		Clasificación (AASHTO):	A-1.5
3/8"	9.500	524		4.9		28.0	72.0		Índice de Grupo:	0
N° 4	4.750	517		3.0		31.0	69.0		Descripción (AASHTO):	BUENO
N° 8	2.360	27.0		6.1		37.1	62.9		Módulo de Fineza:	
N° 10	2.000	41.4		2.9		40.0	60.0		Materia Orgánica:	
N° 16	1.190	75.6		5.3		45.3	54.7		Turba:	
N° 20	0.840	32.8		3.7		49.0	51.0		OBSERVACIONES:	
N° 30	0.600	42.8		3.0		52.0	48.0		Bolsones > 3":	0.0
N° 40	0.425	135.9		9.6		61.6	38.4		Grava 3" - N° 4:	31.0
N° 50	0.300	75.6		5.3		65.9	33.1		Arena N° 4 - N° 200:	51.7
N° 80	0.177	67.0		4.7		71.6	28.4		Finos < N° 200:	17.3
N° 100	0.150	69.9		4.9		76.5	23.5			
N° 200	0.075	53.4		6.2		82.7	17.3		Freción:	99.2
< N° 200	FONDO	245.8		17.3		100.0				

CURVA GRANULOMETRICA



MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES
 PROYECTO ESPECIAL DE INFRAESTRUCTURA DE TRANSPORTE NACIONAL
 PROVIAS NACIONALES

CONSORCIO DE FOMENTO
 DE CARRETERAS

M.T.C

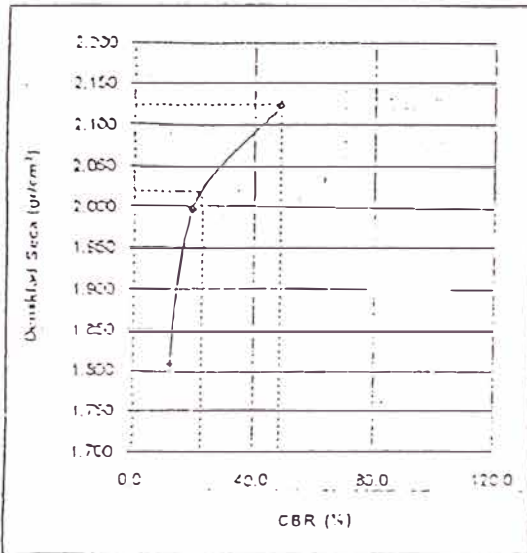
RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)
 (NORMA AASHTO T-193, ASTM D 1553)

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS

CBRA:	CONSERVACION Y PAV. DE LA CARRETERA CASATE - LINDERO SUR - POCINCHAS - CH. PATA	REALIZADO:	G.H.M
	REHABILITACION DEL TRAMO ZUNIGA DV. YALUYO - POCINCHAS	REVISADO:	E.M.H
MATERIAL:	MUESTRA DEL TERRENO EXISTENTE	FECHA:	19.06.2009
PROGRESIVA:	85+600	CALICATA:	L. DER
		Nº REGISTRO:	G-314

DATOS DE LA MUESTRA

CALICATA:	C-29	PROGRESIVA:	85+600
MUESTRA:	M-01	CLASF. (SUCS):	SC - SM
PROF. (m):	0.30 - 1.00	CLASF. (AASHTO):	A-1-B (0)



METODO DE COMPACTACION:	ASTM D 1557
MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³):	2.125
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%):	17.2
95% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³):	2.015

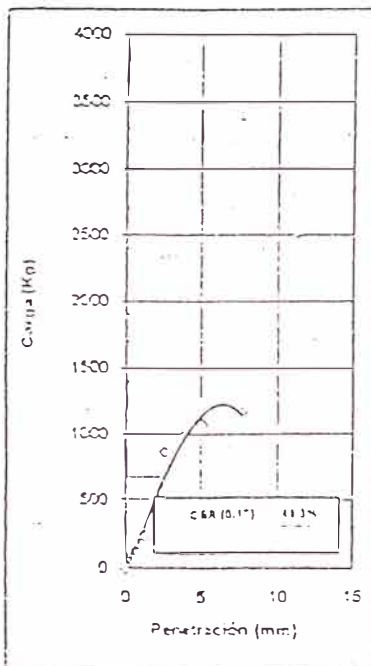
C.B.R. al 100% de M.D.S. (%):	0.17	46.6
C.B.R. al 95% de M.D.S. (%):	0.17	23.2

RESULTADOS:

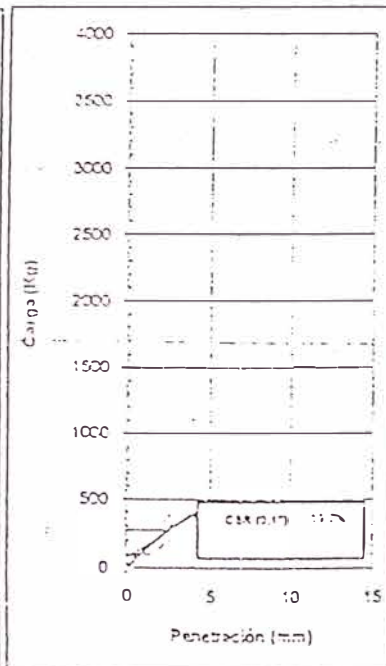
Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S.	46.6 (%)
Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S.	23.2 (%)

OBSERVACIONES:

EC = 56 GOLPES



EC = 26 GOLPES



EC = 12 GOLPES

