

UNIVERSIDAD DE HUANUCO
FACULTAD DE INGENIERIA
PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERIA CIVIL



TESIS

“Análisis estructural mediante el ensayo de viga benkelman aplicada en la sub base granular de la carretera dv. Cerro de Pasco – dv. Chacayan del km 181+000 al km 230+000, Pasco-2023”

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERA CIVIL

AUTORA: Figueroa Malpartida, Aracely Vanessa

ASESOR: Taboada Trujillo, William Paolo

HUÁNUCO – PERÚ

2023

U

TIPO DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN:

- Tesis (X)
- Trabajo de Suficiencia Profesional ()
- Trabajo de Investigación ()
- Trabajo Académico ()

LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN: Estructuras

AÑO DE LA LÍNEA DE INVESTIGACIÓN (2020)

CAMPO DE CONOCIMIENTO OCDE:

Área: Ingeniería, Tecnología

Sub área: Ingeniería civil

Disciplina: Ingeniería civil

DATOS DEL PROGRAMA:

Nombre del Grado/Título a recibir: Título Profesional de Ingeniera Civil

Código del Programa: P07

Tipo de Financiamiento:

- Propio (X)
- UDH ()
- Fondos Concursables ()

DATOS DEL AUTOR:

Documento Nacional de Identidad (DNI): 71870012

DATOS DEL ASESOR:

Documento Nacional de Identidad (DNI): 40847625

Grado/Título: Maestro en medio ambiente y desarrollo sostenible, mención en gestión ambiental

Código ORCID: 0000-0002-4594-1491

DATOS DE LOS JURADOS:

N°	APELLIDOS Y NOMBRES	GRADO	DNI	Código ORCID
1	Jacha Rojas, Johnny Prudencio	Maestro en ingeniería de sistemas e informática con mención en: gerencia de sistemas y tecnologías de información	40895876	0000-0001-7920-1304
2	Valdivieso Echevarria, Martin Cesar	Maestro en gestión pública	22416570	0000-0002-0579-5135
3	Martinez Morales, German Gaston	Ingeniero civil	07397555	0000-0002-9182-1861

D

H



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

Facultad de Ingeniería

PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA CIVIL

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO

(A) CIVIL

En la ciudad de Huánuco, siendo las 12:00 horas del día **viernes 10 de noviembre de 2023**, en cumplimiento de lo señalado en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad de Huánuco, se reunieron los **Jurados Calificadores** integrado por los docentes:


❖ MG. JOHNNY PRUDENCIO JACHA ROJAS	PRESIDENTE
❖ MG. MARTIN CESAR VALDIVIESO ECHEVARRÍA	SECRETARIO
❖ ING. GERMAN GASTON MARTINEZ MORALES	VOCAL

Nombrados mediante la RESOLUCIÓN N° 2643-2023-D-FI-UDH, para evaluar la Tesis intitulada: **"ANÁLISIS ESTRUCTURAL MEDIANTE EL ENSAYO DE VIGA BENKELMAN APLICADA EN LA SUB BASE GRANULAR DE LA CARRETERA DV. CERRO DE PASCO – DV. CHACAYAN DEL KM 181+000 AL KM 230+000, PASCO-2023"**, presentado por el (la) Bachiller. **Aracely Vanessa FIGUEROA MALPARTIDA**, para optar el Título Profesional de Ingeniero(a) Civil.


Dicho acto de sustentación se desarrolló en dos etapas: exposición y absolución de preguntas: procediéndose luego a la evaluación por parte de los miembros del Jurado.

Habiendo absuelto las objeciones que le fueron formuladas por los miembros del Jurado y de conformidad con las respectivas disposiciones reglamentarias, procedieron a deliberar y calificar, declarándolo(a) **APROBADA... por UNANIMIDAD**. con el calificativo cuantitativo de **14**... y cualitativo de **SUFICIENTE**... (Art. 47).

Siendo las **12:45**... horas del día 10 del mes de noviembre del año 2023, los miembros del Jurado Calificador firman la presente Acta en señal de conformidad.


MG. JOHNNY PRUDENCIO JACHA ROJAS
ORCID: 0000-0001-7920-1304
Presidente


MG. MARTIN CESAR VALDIVIESO ECHEVARRÍA
ORCID: 0000-0002-0579-5135
Secretario


ING. GERMAN GASTON MARTINEZ MORALES
ORCID: 0000-0002-9182-1861
Vocal



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

“AÑO DE LA UNIDAD, LA PAZ Y EL DESARROLLO”

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD

Yo, William Paolo Taboada Trujillo, asesor(a) del PA de Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería y designado(a) mediante documento: RESOLUCIÓN N°1840-2022-D-FI-UDH del (los) estudiante(s) ARACELY VANESSA FIGUEROA MALPARTIDA, de la investigación titulada: “ANÁLISIS ESTRUCTURAL MEDIANTE EL ENSAYO DE VIGA BENKELMAN APLICADA EN LA SUB BASE GRANULAR DE LA CARRETERA DV. CERRO DE PASCO – DV. CHACAYAN DEL KM 181+000 AL KM 230+000, PASCO-2023”

Puedo constar que la misma tiene un índice de similitud del 22% verificable en el reporte final del análisis de originalidad mediante el Software Turnitin.

Por lo que concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio y cumple con todas las normas de la Universidad de Huánuco.

Se expide la presente, a solicitud del interesado para los fines que estime conveniente.

Huánuco, 22 de noviembre de 2023

Mg. Taboada Trujillo William Paolo
DNI: 40847625
ORCID N 0000-0002-4594-1491

SEGUNDA ENTREGA

INFORME DE ORIGINALIDAD

22%

INDICE DE SIMILITUD

20%

FUENTES DE INTERNET

7%

PUBLICACIONES

9%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

dspace.unitru.edu.pe

Fuente de Internet

2%

2

1library.co

Fuente de Internet

1%

3

cdn.www.gob.pe

Fuente de Internet

1%

4

repositorio.unjbg.edu.pe

Fuente de Internet

1%

5

Submitted to Universidad de Huanuco

Trabajo del estudiante

1%

6

ru.yoycart.com

Fuente de Internet

1%

7

repositorio.uancv.edu.pe

Fuente de Internet

1%

8

repositorio.ucp.edu.pe

Fuente de Internet

1%

9

gis.proviasnac.gob.pe

Fuente de Internet

1%



Mg. Taboada Trujillo William Paolo

DNI: 40847625

ORCID N 0000-0002-4594-1491

DEDICATORIA

A Dios por ser mi guía, mi fuerza y ayudarme a salir adelante a pesar de las adversidades, por protegerme y derramar su bendición sobre mí.

A mis padres Jim y Flor por ser mi mayor soporte y ejemplo a seguir, por ser mi apoyo en este camino de vida y nunca dejarme sola.

A mis hermanas Steffanie y Araliz por ser mis compañeras y su apoyo en la realización del presente tema de investigación.

A mi tío Esteban por ser mi segundo padre y siempre darme sus consejos, apoyo y estar presente en nuestra familia.

A mi enamorado por su apoyo incondicional día a día, por ser mi soporte estando lejos de casa y por las palabras de aliento y amor que me brinda día a día.

AGRADECIMIENTOS

Un agradecimiento especial a los profesionales Ing. Cesar Peche Hernández, Ing. Darwin Cornelio Tolentino e Ing. Carlos Córdova Guillén por formar parte de esta investigación, por brindarme su apoyo en la adquisición de equipos, sus conocimientos y su experiencia debido a que gracias a ellos se pudo tener la base fundamental para la realización de esta investigación.

También agradezco a todos mis familiares y amigos que formaron parte de mi desarrollo profesional y sus palabras de aliento para poder culminar la etapa universitaria.

ÍNDICE

DEDICATORIA	II
AGRADECIMIENTOS	III
ÍNDICE	IV
ÍNDICE DE TABLAS	VII
ÍNDICE DE FIGURAS	X
RESUMEN	XII
ABSTRACT	XIII
INTRODUCCIÓN	XIV
CAPÍTULO I	16
PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN	16
1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	16
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	18
1.2.1. PROBLEMA GENERAL	18
1.2.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS	18
1.3. OBJETIVOS	19
1.3.1. OBJETIVO GENERAL	19
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	19
1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	19
1.4.1. JUSTIFICACIÓN TEÓRICA	19
1.4.2. JUSTIFICACIÓN PRÁCTICA	20
1.4.3. JUSTIFICACIÓN METODOLÓGICA	20
1.4.4. JUSTIFICACIÓN ECONÓMICA	20
1.4.5. JUSTIFICACIÓN SOCIAL	20
1.5. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN	21
1.6. VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN	21
CAPÍTULO II	22
MARCO TEÓRICO	22
2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN	22
2.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES	22
2.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES	23
2.2. BASES TEÓRICAS	24

2.2.1. SUB BASE GRANULAR.....	24
2.2.2. FACTORES QUE INFLUYEN EN LA DETERMINACIÓN DE DEFLEXIONES	27
2.2.3. MEDICIÓN DE DEFLEXIONES CON VIGA BENKELMAN	28
2.3. DEFINICIONES CONCEPTUALES.....	29
2.4. HIPÓTESIS	30
2.4.1. HIPÓTESIS GENERAL.....	30
2.5. VARIABLES	31
2.5.1. VARIABLE INDEPENDIENTE	31
2.5.2. VARIABLE DEPENDIENTE	31
2.6. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	32
CAPÍTULO III	33
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACION.....	33
3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN	33
3.1.1. ENFOQUE	33
3.1.2. ALCANCE O NIVEL.....	33
3.1.3. DISEÑO.....	34
3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA	34
3.2.1. POBLACIÓN.....	34
3.2.2. MUESTRA.....	34
3.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.	35
3.3.1. PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS	35
3.3.2. PARA LA PRESENTACIÓN DE DATOS	35
3.3.3. PARA EL ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE DATOS	36
CAPÍTULO IV.....	38
RESULTADOS.....	38
4.1. PROCESAMIENTO DE DATOS	38
4.1.1. CÁLCULO DE DEFLEXIÓN ADMISIBLE.....	38
4.2. CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS	72
CAPÍTULO V.....	74
DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	74
CONCLUSIONES	76
RECOMENDACIONES.....	77
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	78

ANEXOS.....	81
-------------	----

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Requerimientos Granulométricos para Sub Base Granular	25
Tabla 2 Requerimiento de Ensayos Especiales.....	25
Tabla 3 Operacionalización de Variables	32
Tabla 4 Datos recolectados en campo.....	36
Tabla 5 Valores de Deflexión Máxima Admisible en las diversas capas.....	38
Tabla 6 Sectores de mejoramiento según inspección geotécnica – L/D.....	40
Tabla 7 Sectores de mejoramiento según inspección geotécnica – L/I	41
Tabla 8 Sector crítico	41
Tabla 9 Caracterización de suelos expansivos según el índice de liquidez (IL)	44
Tabla 10 Caracterización de suelos expansivos según el índice de consistencia (IC)..	45
Tabla 11 Caracterización de suelos expansivos según el índice de comprensibilidad	46
Tabla 12 Caracterización de suelos expansivos según su potencial de expansión	47
Tabla 13 Guía para la consistencia de suelos finos	48
Tabla 14 Cuadro de Resumen de las Muestras Obtenidas en Campo	54
Tabla 15 Criterio – Carga Admisible	55
Tabla 16 Criterio – Baja Capacidad de Soporte.....	56
Tabla 17 Criterio – Suelos Expansivos	57
Tabla 18 Alturas a considerar en el mejoramiento de suelos	58
Tabla 19 Tabla de Resumen de Características de Material de Sub Rasante.	61
Tabla 20 Resultados de Evaluación Delfectométrica sobre el mejoramiento de suelos L/D	64
Tabla 21 Resultados de Evaluación Delfectométrica sobre el mejoramiento de suelos L/I.....	65
Tabla 22 Tabla de Resumen de Características de Material de Préstamo para Sub Base Granular	67
Tabla 23 Espesor de sub base granular a considerar	68

Tabla 24 Resultados de Evaluación Deflectométrica en sub base granular L/D	70
Tabla 25 Resultados de Evaluación Deflectométrica en sub base granular L/I	71
Tabla 26 Prueba de normalidad de datos	72
Tabla 27 Prueba de Kruskal-Wallis para muestras independientes.....	73
Tabla 28 Matriz de Consistencia.....	82
Tabla 29 Registro de campo Km. 198+180 – 198+580 L/D (SECTOR CRÍTICO) antes del mejoramiento de suelo	103
Tabla 30 Registro de campo Km. 198+180 – 198+580 L/D (SECTOR CRÍTICO) antes del mejoramiento de suelo	105
Tabla 31 Características del material a usarse para mejoramiento de subrasante	130
Tabla 32 Resultado Deflectométrico Km. 196+000 – 196+500 L/D	131
Tabla 33 Resultado Deflectométrico Km. 196+000 – 196+500 L/I.	131
Tabla 34 Resultado Deflectométrico Km. 196+520 – 197+140 L/D	132
Tabla 35 Resultado Deflectométrico Km. 196+520 – 197+140 L/I	132
Tabla 36 Resultado Deflectométrico Km. 197+140 – 197+700 L/D	133
Tabla 37 Resultado Deflectométrico Km. 197+140 – 197+000 L/I.....	133
Tabla 38 Resultado Deflectométrico Km. 197+720 – 198+160 L/D	134
Tabla 39 Resultado Deflectométrico Km. 197+720 – 198+160 L/I.....	134
Tabla 40 Resultado Deflectométrico Km. 198+180 – 198+580 L/D (SECTOR CRITICO).....	135
Tabla 41 Resultado Deflectométrico Km. 198+180 – 198+580 L/I (SECTOR CRITICO).....	135
Tabla 42 Resultado Deflectométrico Km. 198+600 – 199+000 L/D	136
Tabla 43 Resultado Deflectométrico Km. 198+600 – 199+000 L/I.....	136
Tabla 44 Características del material a usarse para sub base granular	139
Tabla 45 Resultado Deflectométrico Km. 196+000 – 196+500 L/D	140
Tabla 46 Resultado Deflectométrico Km. 196+000 – 196+500 L/I.....	140
Tabla 47 Resultado Deflectométrico Km. 196+520 – 197+140 L/D	141
Tabla 48 Resultado Deflectométrico Km. 196+520 – 197+140 L/I.....	141
Tabla 49 Resultado Deflectométrico Km. 197+140 – 197+700 L/D	142
Tabla 50 Resultado Deflectométrico Km. 197+140 – 197+700 L/I.....	142

Tabla 51 Resultado Deflectométrico Km. 197+720 – 198+160 L/D	143
Tabla 52 Resultado Deflectométrico Km. 197+720 – 198+160 L/I.....	143
Tabla 53 Resultado Deflectométrico Km. 198+180 – 198+580 L/D (SECTOR CRITICO).....	144
Tabla 54 Resultado Deflectométrico Km. 198+180 – 198+580 L/I (SECTOR CRITICO).....	144
Tabla 55 Resultado Deflectométrico Km. 198+600 – 199+000 L/D	145
Tabla 56 Resultado Deflectométrico Km. 198+600 – 199+000 L/I.....	145

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Viga Benkelman.....	29
Figura 2 Deflexiones del sector Km. 198+180 – 198+580 L/D.....	39
Figura 3 Deflexiones del sector Km. 198+170 – 198+570 L/I	39
Figura 4 Auscultaciones Directas en la Plataforma.....	42
Figura 5 Profundidad de calicata realizada.....	42
Figura 6 Esfuerzos inducidos por un camión tipo C-3, según teoría de Boussineq	49
Figura 7 Esfuerzos inducidos por un camión tipo C-3, según teoría de Boussineq	49
Figura 8 Perfil Estratigráfico de C – 01	51
Figura 9 Perfil Estratigráfico de C – 02	47
Figura 10 Perfil Estratigráfico de C – 03	48
Figura 11 Perfil Estratigráfico de C – 04	48
Figura 12 Mejoramiento a ejecutar en 0.70m de altura.....	59
Figura 13 Mejoramiento a ejecutar en 1.00m de altura.....	59
Figura 14 Evaluación Deflectométrica en subrasante.....	63
Figura 15 Espesor de Sub Base Granular	66
Figura 16 Evaluación Deflectométrica en sub base granular	69
Figura 17 Hoja de Cálculo para determinar deflexiones admisibles	101
Figura 18 Ensayo de Análisis Granulométrico C-1	107
Figura 19 Ensayo de Límites de Consistencia C-1	108
Figura 20 Ensayo de Humedad Natural C-1	109
Figura 21 Ensayo de Proctor Modificado C-1	110
Figura 22 Ensayo de CBR C-1.....	111
Figura 23 Ensayo de Análisis Granulométrico C-2	113
Figura 24 Ensayo de Límites de Consistencia C-2	114
Figura 25 Ensayo de Humedad Natural C-2	115
Figura 26 Ensayo de Proctor Modificado C-2	116
Figura 27 Ensayo de CBR C-2.....	117
Figura 28 Ensayo de Análisis Granulométrico C-3	119
Figura 29 Ensayo de Límites de Consistencia C-3	120
Figura 30 Ensayo de Humedad Natural C-3	121

Figura 31 Ensayo de Proctor Modificado C-3	122
Figura 32 Ensayo de CBR C-3.....	123
Figura 33 Ensayo de Análisis Granulométrico C-4	124
Figura 34 Ensayo de Límites de Consistencia C-4	125
Figura 35 Ensayo de Humedad Natural C-4	126
Figura 36 Ensayo de Proctor Modificado C-4	127
Figura 37 Ensayo de CBR C-4.....	128
Figura 38 Hoja de Cálculo para cálculo de espesor de sub base granular.	
.....	138

RESUMEN

En el presente trabajo de investigación se propuso un plan de análisis estructural mediante el ensayo de Viga Benkelman la Sub Base granular en la Carretera Dv. Cerro de Pasco – Dv. Chacayan del km 181+000 al km 230+000, la cual tuvo como propósito conocer y evaluar el estado del paquete estructural de la capa de la sub base granular.

La investigación es de enfoque cuantitativo, nivel explicativo, diseño no experimental descriptivo. La población estuvo conformada por tres kilómetros de carretera ubicados entre el Km. 196+000 – 199+000 y como muestra se extrajo el sector más crítico ubicado en el Km. 198+000 – 199+000. Para la recolección de datos se empleó la técnica de observación y para determinar la altura de mejoramiento en las zonas críticas se elaboró hojas de cálculo en gabinete.

Para la ejecución de la presente investigación se realizó el ensayo de Viga Benkelman en la plataforma a estudiar, antes de realizar el mejoramiento del suelo el sector crítico nos emitió un resultado promedio de 129.71 estando por encima de la deflexión máxima admisible, debido a ello se realizó el muestreo mediante auscultaciones directas en la plataforma del sector crítico, en base a estos resultados se procedió a realizar el mejoramiento de suelos a nivel de sub rasante terminada.

Una vez procesado los datos obtenidos en laboratorio se halló la altura a mejorar del suelo. Se procedió a realizar la compactación de la capa de la sub base y luego el diagnóstico mediante el ensayo de Viga Benkelman con el suelo mejorado, del cual se obtuvo como resultado promedio en el sector crítico un 75.24 en el C/D y 71.81 en el C/I representado una mejoría en el 50% del suelo natural, encontrándose por debajo de la máxima deflexión admisible. Se concluye que mediante el análisis estructural de Viga Benkelman obtuvimos un resultado óptimo en la Sub Base granular de la carretera Dv. Cerro de Pasco – Dv. Chacayan.

Palabras clave: análisis estructural, viga benkelman, sub base granular, deflexión admisible, radio de curvatura.

ABSTRACT

In the present research work, a structural analysis plan was proposed through the Benkelman Beam test of the granular Sub Base on Highway Dv. Cerro de Pasco – Dv. Chacayan from km 181+000 to km 230+000, which had the purpose of knowing and evaluating the state of the structural package of the granular sub-base layer.

The research has a quantitative approach, explanatory level, non-experimental descriptive design. The population was made up of three kilometers of road located between Km. 196+000 - 199+000 and as a sample the most critical sector located at Km. 198+000 - 199+000 was extracted. To collect data, the observation technique was used and to determine the height of improvement in critical areas, spreadsheets were prepared in the office.

To carry out this research, the Benkelman Beam test was carried out on the platform to be studied. Before carrying out the soil improvement, the critical sector gave us an average result of 129.71, being above the maximum admissible deflection. Due to this, sampling was carried out. Through direct auscultations on the critical sector platform. Based on these results, soil improvement was carried out at the finished subgrade level

Once the data obtained in the laboratory was processed, the height of the soil to be improved was found. The compaction of the sub-base layer was carried out and then the diagnosis was made using the Benkelman Beam test with the improved soil, from which the average result in the critical sector was 75.24 in the C/D and 71.81 in the C/I represented an improvement in 50% of the natural soil, being below the maximum admissible deflection. It is concluded that through the structural analysis of Benkelman Beam we obtained an optimal result in the granular Sub Base of the Dv highway. Cerro de Pasco – Dv. Chacayan.

Keywords: structural analysis, benkelman beam, granular subbase, allowable deflection, radius of curvature.

INTRODUCCIÓN

El presente estudio nos hace mención de la Evaluación Estructural mediante el empleo de Viga Benkelman en la capa de Sub Base Granular ubicada entre los sectores del Km. 198+000 – 199+000 – Yanahuanca – Pasco. La necesidad de la población para su traslado a las comunidades aledañas a la misma y el transporte de sus mercancías hacen que se realice dicha evaluación para la posterior construcción de una carretera.

El estudio a esta problemática se da para poder conocer el estado estructural del paquete que conforma la carretera, cuyo objetivo es evaluar estructuralmente la sub base granular a través de los diales que contiene el brazo del equipo de Viga Benkelman y con estos se conoció la deflexión en los puntos evaluados, así como su radio de curvatura, la limitación para la presente investigación es la falta de recursos económicos para poder adquirir equipos de mayor precisión.

En el marco teórico se presentan investigaciones de diversos ímpetus las cuales también desarrollaron evaluaciones estructurales mediante distintos equipos para conocer la deflexión en las capas que conforman el paquete estructural. De esta manera se planteó una evaluación en el sector más crítico de la población a estudiar, se procedió a realizar las evaluaciones correspondientes y se ejecutó un mejoramiento de suelos a nivel de subrasante, para luego realizar la conformación de las diversas capas y sobre ellas realizar el estudio con el equipo de Viga Benkelman y así conocer el estado de las mismas.

La presente investigación es de tipo explicativo, cuantitativo con una población ubicada entre los Km. 196+000 – 199+000 y se extrajo la muestra en el sector más crítico de la misma localizada en el Km. 198+000 – 199+000, el conjunto de las verificaciones en campo con los resultados de laboratorio obtenidos, nos dió como resultado una gráfica de deflexiones las cuales se encuentran por debajo de la máxima deflexión admisible en las capas de subrasante y sub base granular y de esta manera se puede conocer el estado estructural de las capas mencionadas.

Como resultado, luego de ejecutar el mejoramiento de suelos por los diversos criterios de carga admisible, suelos expansivos y baja capacidad de soporte, se realizó la conformación de las capas de subrasante y sub base granular, las cuales luego de la medición con el equipo de Viga Benkelman nos dan un resultado óptimo lo cual garantiza su buen comportamiento.

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

En el ámbito mundial las carreteras son los principales medios de comunicación entre diferentes poblaciones ayudando y generando mayor economía, ingresos a las familias y de fácil acceso.

La conservación vial es conocida como un proceso que requiere realizar tareas de construcción, que se llevan a cabo de forma permanente o constante en los tramos que conforman parte de una red vial. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones [MTC], 2013)

La red vial del Perú se encuentra dividida en tres niveles: el primer nivel es la Red Nacional; el segundo nivel es la Red Departamental (Regional); y el tercer nivel se encuentra en la Red de caminos cercanos. La Red Vial Nacional (RVN) se compone de tres grandes ejes longitudinales y veinte ejes transversales, con el propósito de establecer una conexión entre las capitales de departamento, los principales centros productivos y las ciudades como centros de consumo. La red vial departamental incluye rutas regionales que conectan los departamentos con las principales localidades internas de cada región. La red vial residencial, a su vez, está formada por vías que conectan a los diferentes distritos y centros poblados con las ciudades provinciales. Actualmente la distancia de la red vial existente es de 168 359,2 km.; de los cuales 27 060,9km. (16.1%) corresponde a calzadas nacionales que están a cargo del Ministerio de Transportes y Comunicaciones; de éstas, las calzadas pavimentadas superan a 21 649,0km, equivalente al 80% de la Red Vial Nacional existente a julio del 2019. (MTC, 2020),

En el reporte sobre las longitudes de infraestructura vial, existente por tipo de superficie de rodadura, nos indica que 29, 029.62 Km. (19.4%) de la red vial considerada hoy en día corresponde a carreteras departamentales, que se encuentran a cargo de los Gobiernos Regionales y 94, 135.66 Km.

(62.9%) corresponde a caminos vecinales, que están bajo responsabilidad de los

Gobiernos Locales. Asimismo, existe un total de 121, 973.8 km de carretera no pavimentada que representa a los caminos vecinales. (Registro Nacional de Carreteras, 2019)

La red de las áreas nacionales o rurales satisface la función de vincular la capital y los distritos con los centros poblados. Su llegada a ellos dependerá de diversas conservaciones viales. La red vial nacional está compuesta por 113 792.7 km de carretera y estas se clasifican entre no registradas dentro de la cual se representa el 98.3% como no pavimentadas y el 24.8 % son afirmados, el 23.8 % sin afirmar y el 51.4 % son senderos. (MTC, 2020)

Basándonos en la localidad de Pasco, encontramos dentro de la Red vial vecinal un mínimo porcentaje de carretera pavimentada, siendo un 0,1% (4 km) del total de las carreteras; y el 99,9% corresponde a las no pavimentadas; de los cuales según el tipo de superficie de rodadura el 36,2% corresponde a afirmada, el 26,8% sin afirmar y el 37% a trocha. En las cuales se pueden observar que no existe una conservación vial adecuada. (Gobierno Regional de Pasco, 2019)

La mayoría de carreteras afirmadas solo recibe un mantenimiento rutinario anualmente, en el mejor de los casos. Sin embargo, podemos observar, que existen muchas fallas en la conservación vial. En otros términos, en una carretera no se debe intervenir en condiciones peligrosas para el usuario; y en todo caso la red vial deberá informar a los mismos de las condiciones necesarias para la circulación segura en relación con el estado de la vía.

La evaluación estructural es una herramienta que nos permite conocer el estado de la carretera; poder hacer un seguimiento y realizar acciones para una mejor gestión y conservación de la vía.

Dentro de los criterios para la evaluación estructural tenemos las deflexiones obtenidas mediante Viga Benkelman en la Sub Base Granular y

de esta manera se puede solucionar los problemas en la carretera, la cual se encuentra proyectada para poder ser una vía principal pavimentada.

La carretera de Yanahuanca, en el departamento de Pasco, es una carretera que hoy en día viene siendo ejecutada con pavimento rígido, importante para el centro poblado, que es netamente agrícola y requiere vías de tránsito en buenas condiciones; sin embargo, se ve afectada por las continuas precipitaciones pluviales que, a pesar del mantenimiento rutinario, que no es muy frecuente; pone en riesgo la vida de los pobladores al trasladarse hacia la ciudad de Pasco o Lima, causando accidentes fatales y no fatales.

Por lo expuesto, el investigador, al observar la situación en la cual se encuentra la carretera de Yanahuanca y la preocupación de los pobladores, se propuso realizar un Análisis Estructural usando Viga Benkelman para la conservación vial de la Sub Base granular en la carretera Dv. Cerro de Pasco – Dv. Chacayan del km 181+000 al km 230+000.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1. PROBLEMA GENERAL

- ¿Cuál es el análisis estructural mediante el ensayo de Viga Benkelman aplicada en la Sub Base granular de la carretera Dv. Cerro de Pasco – Dv. Chacayan del km 181+000 al km 230+000?

1.2.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS

- ¿Cómo se va determinar la deflexión en la sub base granular de la Carretera Dv. Cerro de Pasco – Dv. Chacayan del km 181+000 al km 230+000?
- ¿Cómo determinar los valores admisibles de deflexión de la carretera Dv? Cerro de Pasco – Dv. Chacayan del km 181+000 al km 230+000 en la Sub Base Granular y Subrasante?

- ¿Qué deficiencias se pueden encontrar en algunas zonas mediante el uso de la Viga Benkelman y que solución se le puede dar?

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

- Analizar estructuralmente mediante el ensayo de Viga Benkelman la Sub Base granular en la Carretera Dv. Cerro de Pasco – Dv. Chacayan del km 181+000 al km 230+000.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar la deflexión en la sub base granular de la Carretera Dv. Cerro de Pasco – Dv. Chacayan del km 181+000 al km 230+000.
- Determinar los valores admisibles de deflexión de la carretera Dv. Cerro de Pasco – Dv. Chacayan del km 181+000 al km 230+000 en la Sub Base Granular y la Subrasante.
- Determinar las deficiencias en zonas críticas mediante el uso de Viga Benkelman y proponer un método de solución en la carretera Dv. Cerro de Pasco – Dv. Chacayan del km 181+000 al km 230+000.

1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.4.1. JUSTIFICACIÓN TEÓRICA

De las características del tipo de carretera con el que cuenta el Centro Poblado de Yanahuanca - Pasco; se analizará si ésta realmente se encuentra entre las carreteras de tercera clase, la cual es definida según (Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 2008) como calzadas con índice medio diario anual (IMDA) inferior a 400 vehículos por día, con calzada de dos carriles de al menos 3,00 m. de ancho. Estas calles, en casos excepcionales, podrán tener carriles hasta de 2,50 m.

1.4.2. JUSTIFICACIÓN PRÁCTICA

El análisis de la carretera de Yanahuanca - Pasco indica las acciones al respecto de los resultados obtenidos de dicho estudio, para lo cual una evaluación estructural nos permitirá tener un mayor conocimiento del estado situacional de la vía para lo cual tendremos datos esenciales como el CBR de la capa Sub Base Granular, las deflexiones admisibles, entre otros parámetros, de tal forma que la población pueda presentarlo ante las autoridades para la conservación vial, disminuyendo así el riesgo de accidentes y mejorando el transporte de los pobladores y de sus productos agrícolas.

1.4.3. JUSTIFICACIÓN METODOLÓGICA

Para poder lograr los objetivos de la presente investigación, se realizó un estudio del estado de la carretera de manera visual, se utilizó técnicas de investigación mediante el uso de Viga Benkelman, los datos obtenidos de éste y así poder conocer los puntos críticos de dicho tramo y realizar los mejoramientos correspondientes, aportando información real y confiable.

1.4.4. JUSTIFICACIÓN ECONÓMICA

El mantenimiento de esta carretera no requiere estudios de pre-inversión, por lo que corresponde a las obras de mantenimiento vial, ya que se trata de un trabajo preventivo o de corrección menor del deterioro y desde que se ha reconocido su inicio, debe ser corregido para evitar su progresión. Sin embargo, se requiere una programación técnica sistemática para cubrir los costos necesarios.

1.4.5. JUSTIFICACIÓN SOCIAL

Podemos enfocarnos en la seguridad vial que al lograr la mejora mediante la evolución estructural para la conservación de la carretera; permitirá la disminución de los riesgos de accidentes. La importancia social de esta actividad destinada a proteger la vida o la integridad física de los usuarios es de gran importancia social ante la propuesta de

modificación de las causales provocadas por la infraestructura vial, ya que aliviará el dolor y sufrimiento de miles de personas que utilizan la red vial del Perú.

1.5. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN

Esta investigación se enfoca en el Análisis Estructural mediante el uso de Viga Benkelman la conservación vial de la Sub Base granular en la Carretera Dv. Cerro de Pasco – Dv. Chacayan del km 181+000 al km 188+000, para lo cual sabemos que la evaluación estructural a nivel de carreteras se realiza usando tecnología de última generación para obtener parámetros como el IRI donde se utilizan rugosímetros para la medición de la misma y sus costos son demasiado elevados.

Una limitación es el factor económico del investigador para la adquisición del equipo Benkelman y la poca información del tema ya que no se ha encontrado ningún antecedente a nivel local.

1.6. VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN

Gracias a lo ya mencionado anteriormente, la propuesta del estudio es viable, es decir que puede ser realizada en el Centro poblado de Yanahuanca, departamento de Pasco. Se puede realizar debido a que el investigador tiene el conocimiento previo y también el conocimiento del uso y evaluación mediante Viga Benkelman para la conservación de la Sub Base Granular en la carretera.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

2.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES

Veloz (2018) en la tesis titulada “Evaluación y Diseño de Pavimentos por el Método No Destructivo – Georadar (GPR) y Deflectómetro de la Antigua Vía a Conocoto en Ecuador”; sustentada en la Universidad Central de Ecuador, tiene como objetivo evaluar la condición estructural del pavimento y definir su reconstrucción mediante un diagnóstico de la vía, utilizando el radar de penetración terrestre y el deflectómetro de impacto de las cuales concluyó que gracias al deflectómetro de impacto ha logrado determinar la capacidad portante y estructural del pavimento lo cual se basa en la mayor o menor deformidad que presenta el conjunto de capas que conforman el pavimento y procedió a realizar la rehabilitación del pavimento empleando la metodología AASHTO 93.

Cruz y Ocaña (2019) nos indican en la tesis titulada “Evaluación Estructural de pavimentos flexibles construidos en la localidad de Usme utilizando el deflectómetro de impacto en Colombia”; la cual fue sustentada en la Universidad Santo Tomás donde realizó un análisis a 8 vías las cuales fueron construidas con estructuras de pavimentos convencionales (bases y sub-bases granulares). Para el desarrollo de la tesis usaron ensayos no destructivos para no afectar al pavimento dentro de las cuales se encuentra considerada el deflectómetro cuya función fue la de analizar la condición estructural de los pavimentos con la interpretación de las deflexiones producidas bajo cargas dinámicas que simulan el efecto del tránsito. Una vez obtenido los datos procedió a realizar una correlación de los módulos y números estructurales con lo que se pretende analizar los pavimentos existentes, lo cual permitió establecer y comparar el comportamiento estructural del pavimento a

base de materiales reciclados con pavimentos a base de materiales convencionales.

Rodríguez (2018) en la tesis titulada “Verificación del Módulo Elástico de Bases Granulares obtenido a través del Deflectómetro de impacto liviano (LWD) empleando celdas de presión; presentada a la Pontificia Universidad Católica de Chile”, propuso en su investigación incorporar en el proceso de control de calidad un método de control de la capacidad estructural real de las capas granulares que reflejen si se cumple o no las hipótesis de diseño como el uso del LWD, luego de su evaluación concluyó que se debe proponer una metodología de evaluación in-situ el Mr de las capas granulares de un pavimento a través de un procedimiento experimental.

2.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES

Ramos (2018) en el trabajo de investigación titulado “Evaluación del estado del Pavimento por Deflectometría e IRI de la Carretera: Puno – Vilque – Mañazo - 4km - 2015, Puno 2017”; presentado en la Universidad Nacional del Altiplano, con el propósito de evaluar el pavimento para lo cual fue necesario conocer la medida en que se encuentran el índice de condición de pavimento (PCI), las deflexiones y la variación del IRI para lo cual dio uso de Viga Benkelman para determinar la deflexión característica y el rugosímetro Merlín para determinar el IRI, después del análisis determinó el índice de condición del pavimento, la deflexión característica y el IRI de las cuales se puede indicar que el pavimento en ambos carriles se encuentran en óptimas condiciones en lo que se refiere a ensayos deflectométricos.

Cubas (2017) en la investigación titulada “Comportamiento Estructural del Pavimento Flexible en la Vía de Evitamiento Sur-Cajamarca utilizando las deflexiones medidas con la Viga Benkelman”, sustentada en la Universidad Privada del Norte, tuvo como objetivo la determinación del comportamiento estructural del pavimento flexible mediante diversas etapas como el reconocimiento, levantamiento

topográfico, estudio de tránsito, medición de las deflexiones hasta el procesamiento de los datos obtenidos. Midió las deflexiones cada 50m mediante el método indicado en la norma MTC E102-2000 para lo cual se utilizó una Viga Benkelman de doble brazo, luego de hacer el procesamiento de los datos obtenidos llegó a la conclusión de que el pavimento no presenta un adecuado comportamiento estructural.

Balarezo (2018) indica en la tesis titulada “Evaluación Estructural usando Viga Benkelman aplicada a un Pavimento; presentada en la Universidad de Piura”, tuvo como objetivo principal introducir una evaluación estructural del pavimento como inicio de un plan de mantenimiento para los gobiernos locales, para lo cual dicho diagnóstico reveló el estado del pavimento en términos relacionados con la SR, es decir se obtuvo su módulo de elasticidad y su CBR, de lo cual se concluyó que mediante el uso de la Viga Benkelman se puede entender cómo se realiza la evaluación estructural de los pavimentos por la deflectometría y qué importancia tiene esta metodología.

2.2. BASES TEÓRICAS

2.2.1. SUB BASE GRANULAR

La sub base granular se encuentra localizada en la parte inferior de la base, por encima de la sub rasante. Tiene la función de soportar, disipar y distribuir uniformemente las cargas que actúan sobre la capa asfáltica o pavimento rígido.

Se compone por materiales granulares y, por lo tanto, puede actuar como una capa de drenaje y como regulador del ascenso del agua por capilaridad, evitando así los daños por hinchamiento causados por las heladas temperaturas bajas. Además, la sub base controla las variaciones de volumen y elasticidad del material del terreno de fundación.

Tabla 1*Requerimientos Granulométricos para Sub Base Granular*

Porcentaje por peso que pasa las mallas cuadradas						
Tamaño de Tamiz (Abertura Cuadrada)	Tipo I				Tipo II	
	Gradación	Gradación	Gradación	Gradación	Gradación	Gradación
	A	B	C	D	E	F
2"	100	100	-	-	-	-
1"	-	75 – 95	100	100	100	100
3/8"	30 – 65	40 – 75	50 – 85	60 – 100	-	-
Nº4	25 – 55	30 – 60	35 – 65	50 – 85	55 – 100	70 – 100
Nº10	15 – 40	20 – 45	25 – 50	40 – 70	40 – 100	55 – 100
Nº40	8 – 20	15 – 30	15 – 30	25 – 45	20 – 50	30 – 70
Nº100	2 – 8	5 - 15	5 – 15	8 – 15	6 – 15	8 - 15

Nota. Datos tomados de la Norma ASTM D 1241.

Tabla 2*Requerimiento de Ensayos Especiales*

Ensayo	Norma MTC	Norma ASTM	Norma AASHTO	Requerimiento	
				< 3000msnm	≥ 3000msnm
Abrasión de los Ángeles	MTC E 207	C 131	T 96	50% máx	50% máx
CBR (1)	MTC E 132	D 1883	T 193	40% min	40% min
Límite Líquido	MTC E 110	D 4318	T 89	25% máx	25% máx
IP	MTC E 111	D 4318	T 90	6% máx	4% máx
Equivalente de Arena	MTC E 114	D 2419	T 176	25% min	35% min
Salas Solubles	MTC E 219	-	-	1% máx	1% máx
Partículas Chatas y Alargadas	-	D 4791	-	20% máx	20% máx

Nota. Datos tomados del Manual de Carreteras (2013).

➤ Deflectometría

Hoffman y Del Aguila (1985) indica que “Las deflexiones provocadas en la parte superior de la carretera, por la influencia de las cargas de los vehículos se pueden determinar mediante el uso de

deflectómetros tales como el denominado “Viga Benkelman”. Lleva el nombre del Ingeniero A. C. Benkelman, quien lo creó en 1953 como parte del programa de pruebas viales de la WASHO. Desde ese momento, su uso ha sido considerado en los proyectos de evaluación estructural de pavimentos, tanto por su trabajabilidad y el carácter directo y objetiva de los resultados que proporciona”.

➤ **Métodos de evaluación estructural**

Actualmente se utiliza una nueva tecnología no destructiva “NDT”, que se basa en interpretar las deflexiones medidas en la superficie de la estructura estudiada.

El procedimiento para la medición es sencilla, rápida, económica y, sobre todo, no afecta a la estructura, ya que es un método “no destructivo”. Esta metodología se basa en las mediciones obtenidas en la curva o cuenco de deflexiones y así poder interpretar la información obtenida cuantitativamente.

➤ **Métodos indirectos de auscultación estructural**

Los métodos con los que es posible determinar la capacidad portante de una estructura sin tener que dañarla pueden describirse como métodos indirectos de evaluación estructural. Estos métodos se basan en hipótesis y modelos matemáticos (Chávez, 2015).

El término deflexión es una medida de la deformación elástica que experimenta una estructura como resultado de la transferencia de carga según el tipo y condición de la estructura. El cuenco de deflexiones se define como la cantidad de deflexión que ocurre entre el punto donde se aplica la carga en una sub base y sus aledaños.

Los dispositivos deflectómetros pueden registrar deflexiones en diferentes puntos, lo que ayuda a determinar plenamente la caracterización de las deformaciones conocido como cuenco de deflexiones (Chávez, 2015).

➤ **Medición de Deflexiones**

La deflectometría es la investigación de las deformaciones verticales de la superficie de la carretera, como efecto de la acción de una carga de sollicitación.

Se puede decir que la deflexión es una medida de la respuesta al conjunto sub rasante – sub base frente a una determinada carga. Existen tres tipos de equipos para poder determinar las deflexiones en una estructura según la metodología NO DESTRUCTIVA, las cuales son:

- Equipos de medición de deflexiones por medio de cargas estáticas.
- Equipos de medición de deflexiones por medio de cargas vibratorias.
- Equipos de medición de deflexiones por medio de cargas de impacto.

2.2.2. FACTORES QUE INFLUYEN EN LA DETERMINACIÓN DE DEFLEXIONES

a) Temperatura

La temperatura y la humedad son condiciones climáticas que afectan las deflexiones.

La época del año causa una influencia considerable en las mediciones de las deflexiones. En departamentos donde no se experimenta congelamiento las deflexiones presentan una curva senoidal la cual corresponde a la máxima deflexión en la época de lluvias, donde el contenido de agua libre es mucho mayor.

b) Carga

La magnitud de la carga y duración influye de manera considerable en las deflexiones.

2.2.3. MEDICIÓN DE DEFLEXIONES CON VIGA BENKELMAN

La Viga Benkelman es uno de los instrumentos más utilizados para medir la deformación elástica en una estructura creada por Alvin Carlton Benkelman que es de gran utilidad para conocer el diseño, construcción y conservación de la misma.

Hoffman y Del Aguila (1985) nos indica lo siguiente:

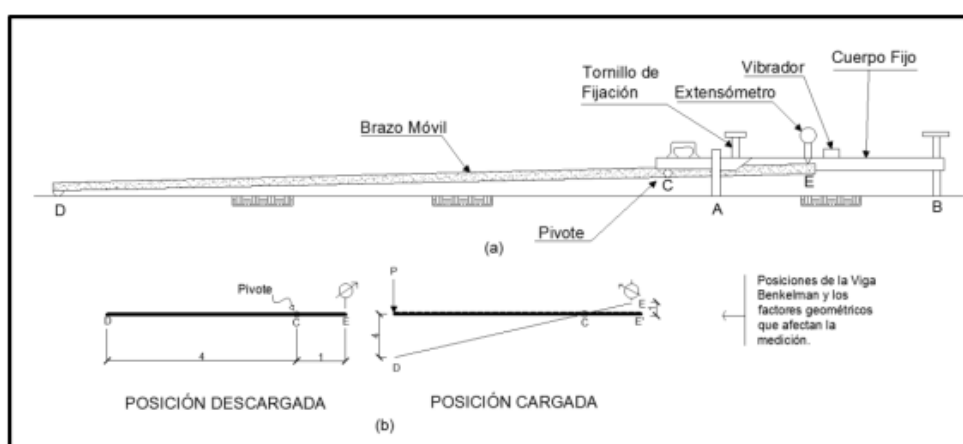
La Viga Benkelman actúa según el principio de la palanca. Es una herramienta totalmente mecánica con un diseño simple. La viga consta esencialmente de dos partes: (1) El cuerpo de apoyo, soportado por tres soportes (dos delanteros fijos "A" y uno trasero regulable "B") y (2) un brazo móvil conectado al cuerpo fijo mediante una articulación de giro o pivote "C", uno de cuyos extremos apoya sobre el terreno (punto "D") y el otro extremo en contacto sensible con la varilla de un extensómetro de movimiento vertical (punto "E"). Además, el dispositivo tiene un vibrador incorporado que, si se activa, durante la prueba de los ensayos, evita que el comparador se atasque y/o que cualquier interferencia externa puedan afectar las lecturas que se pueden ver posteriormente.

El extremo "D" o "punta de la viga" es lo suficientemente grueso como para caber entre una de las ruedas dobles en el eje trasero de un camión cargado. Bajo la influencia del peso aplicado, la superficie se deforma, como resultado de lo cual la punta desciende una cierta cantidad en comparación con el nivel de descarga de la superficie. Como resultado de esta acción, el brazo DE gira en alrededor de un punto fijo "C", con respecto al cuerpo AB y encuentra que el extremo "E" provoca un movimiento vertical en el vástago del extensómetro apoyado en él, generando así una lectura en el dial indicador. Si se retiran luego las llantas cargadas, el punto "D" se recupera en lo que a deformación elástica se refiere y por el mismo mecanismo anterior se genera otra lectura en el dial del extensómetro. La operación expuesta representa el "principio de medición" con la Viga Benkelman. Lo que se hace después son sólo cálculos en base a los datos recogidos. Así, con las dos lecturas

obtenidas es posible determinar cuánto deflectó el pavimento en el lugar subyacente al punto "D" de la viga, durante el procedimiento descrito. Es de anotar que en realidad lo que se mide es la recuperación del punto "D" al remover la carga (rebote elástico) y no la deformación al colocar ésta. Para calcular la deflexión deberá considerarse la geometría de la viga, toda vez que los valores dados por el extensómetro (EE') no están en escala real, sino que dependen de la relación de brazos existentes.

Figura 1

Viga Benkelman



Nota. La figura muestra el esquema y principio de operación de la Viga Benkelman
Fuente. Hoffman y Del Aguila (1985).

2.3. DEFINICIONES CONCEPTUALES

De acuerdo al glosario de términos de Uso Frecuente en Proyectos de Infraestructura Vial del (MITC, 2013):

Agregado Granular: Agregados con bordes bien definidos creados por la intersección de superficies planas rugosas. (MTC, 2013).

Análisis Granulométrico: Método para determinar el tamaño de partícula de un material o para cuantificar la distribución del tamaño de partícula. (MTC, 2013).

Carretera sin Afirmar: Calzada a nivel de subrasante o aquella donde la superficie de rodadura ha perdido el AFIRMADO. (MTC, 2013).

Eje de la Carretera: Línea longitudinal que define el trazado en planta, el mismo que está ubicado en el eje de simetría de la calzada. Para el caso de autopistas y carreteras duales el eje se ubica en el centro del separador central. (MTC, 2013).

Carretera: Camino para el tránsito de vehículos motorizados de por lo menos dos ejes, cuyas características geométricas, tales como: pendiente longitudinal, pendiente transversal, sección transversal, superficie de rodadura y demás elementos de la misma, deben cumplir las normas técnicas vigentes del Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (MTC, 2013).

Módulo Resiliente (Mr): Esfuerzo repetido axial de desviación de magnitud, duración y frecuencias fijas, aplicado a un espécimen de prueba apropiadamente preparado y acondicionado. (MTC, 2013).

Peralte: Inclinação transversal de la carretera en los tramos de curva, destinada a contrarrestar la fuerza centrífuga del vehículo. MTC (2018).

Sectores Críticos: Son aquellos sectores de la vía, en los que se presentan eventos naturales imprevisibles, relacionados con fenómenos geodinámicos, hidráulicos o hidrogeológicos, que afectan la transitabilidad de la vía. (MTC, 2013).

Sub base: Capa que forma parte de la estructura de un pavimento que se encuentra inmediatamente por debajo de la capa de Base. (MTC, 2013).

Viga Benkelman: Instrumento que se usa para determinar la deflexión de un pavimento flexible producido por una carga estática. (MTC, 2013).

2.4. HIPÓTESIS

2.4.1. HIPÓTESIS GENERAL

H1: El análisis estructural mediante el ensayo de Viga Benkelman permite diagnosticar el estado de la Sub Base granular de la carretera Dv. Cerro de Pasco – Dv. Chacayan del km 181+000 al km 230+000.

H0: El análisis estructural mediante el ensayo de Viga Benkelman no permite diagnosticar el estado de la Sub Base granular de la carretera Dv. Cerro de Pasco – Dv. Chacayan del km 181+000 al km 230+000.

2.5. VARIABLES

2.5.1. VARIABLE INDEPENDIENTE

Viga Benkelman.

2.5.2. VARIABLE DEPENDIENTE

Análisis Estructural.

2.6. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Tabla 3

Operacionalización de Variables

	VARIABLE	DIMENSIONES	INDICADORES
INDEPENDIENTE	VIGA BENKELMAN	Determinar la medición. Evaluar los resultados obtenidos.	<ul style="list-style-type: none"> • Deflexión (Medidor 1) • Radio de Curvatura (Medidor 2)
DEPENDIENTE	ANÁLISIS ESTRUCTURAL	Deflexión característica en carretera de primera clase. . $D_c = D_m + 1.645xds$	<ul style="list-style-type: none"> • CURVA EXTENSA Y POCO PROFUNDA • CURVA EXTENSA Y PROFUNDA
		Deflexión característica para una confiabilidad del 95%.	<ul style="list-style-type: none"> • CURVA CORTA Y POCO PROFUNDA • CURVA CORTA Y PROFUNDA
		Deficiencias en zonas críticas	<ul style="list-style-type: none"> • Zonas que cuenten con un material arcilloso o limoso, el cual se determinará mediante un estudio de suelos (reconocimiento de tipo de material) • Deflexiones que superen el límite permitido.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACION

3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

3.1.1. ENFOQUE

Este trabajo de investigación tiene un enfoque cuantitativo. Porque es una forma estructurada de recopilar y analizar datos obtenidos de distintas fuentes, lo que implica el uso de herramientas informáticas, estadísticas, y matemáticas para obtener resultados. Es concluyente en su propósito ya que trata de cuantificar el problema y entender qué tan generalizado está mediante la búsqueda de resultados. (Neill y Cortéz, 2018, p. 68)

Es cuantitativa debido a que se recolectó resultados de las deflexiones y se analizó dichos datos usando unas hojas estadísticas elaboradas por el investigador y de esta manera se acercó a un resultado exacto y así generar soluciones de los desfases localizados.

3.1.2. ALCANCE O NIVEL

El nivel de investigación es explicativo. Debido a que se define que:

Este tipo de estudios van más allá de la descripción de conceptos o fenómenos; es decir, están dirigidos a responder por las causas de los eventos y fenómenos físicos o sociales. Su interés se centra en explicar por qué ocurre un fenómeno y en qué condiciones se manifiesta (Hernández Sampieri et al, 2014, p.95).

Se considera de tipo explicativo debido a que se reconoció la causa de la falla en la deflexión en las zonas críticas y se realizó un mejoramiento de suelos con los diversos criterios a evaluar y así se realizó el ensayo de Viga Benkelman el cual nos dio a conocer el estado de la carretera y el investigador con esos resultados propuso una alternativa de solución en dichas zonas.

3.1.3. DISEÑO

El diseño de investigación es: no experimental, transeccional descriptivo.

Los diseños transeccionales descriptivos tienen como objetivo “indagar la incidencia de las modalidades o niveles de una o más variables en una población” (Hernández Sampieri et al, 2014, p.155).

3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA

3.2.1. POBLACIÓN

Para tener un concepto más claro se dice que “La población, o en términos más precisos población objetivo, es un conjunto finito o infinito de elementos con características comunes para los cuales serán extensivas las conclusiones de la investigación. Ésta queda delimitada por el problema y por los objetivos del estudio” (Arias, 2006, p.81).

En la investigación la población está constituida por 3km del tramo (Km. 196+000 – 199+000) de la Carretera Dv. Cerro de Pasco – Dv. Chacayan del km 181+000 al km 230+000.

3.2.2. MUESTRA

Se indica que la muestra “es un subconjunto representativo y finito que se extrae de la población accesible” (Arias, 2006, p.83).

La muestra está constituida por el sector del Km. 198+000 – 199+000 debido a que es considerada una zona crítica para poder realizar la medición correspondiente y evaluar la efectividad de la Viga Benkelman en este sector.

La muestra está dada por un conjunto de mediciones de las deflexiones características con la Viga Benkelman cada 20m a lo largo de las dos calzadas del sector en estudio.

- CARRIL DERECHO: serán consideradas las progresivas pares.

- CARRIL IZQUIERDO: serán consideradas las progresivas impares.

3.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

3.3.1. PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS

Según se plantea “Las técnicas de recolección de datos son procedimientos y actividades que permiten comprobar el problema planteado de la variable estudiada en la investigación, por lo tanto, el tipo de investigación determinará la técnica a emplear” (Bavaresco, 2020, p.30).

Para la recolección de datos en la presente investigación se empleó la técnica de observación al material extraído en las auscultaciones directas realizadas en la plataforma de la carretera. De la misma manera se usó la observación en la realización del ensayo de Viga Benkelman al momento de la lectura de los diales que forman parte del equipo.

También se recolectó datos de los resultados de ensayos de laboratorio de las muestras extraídas de la plataforma, las cuales fueron empleadas para poder determinar las alturas de los mejoramientos de las zonas críticas ubicados en el sector Km. 198+000 – Km. 199+000.

La lectura de los diales en el equipo de Viga Benkelman al momento de la realización del ensayo también fue considerado para la recolección de datos, debido a que, con estos resultados se pudo conocer el comportamiento de la sub base granular dentro del paquete estructural.

3.3.2. PARA LA PRESENTACIÓN DE DATOS

Para determinar las alturas de mejoramiento en las zonas críticas de la presente investigación se elaboró hojas de cálculo en gabinete, mismas en las que se aplicaron los diversos criterios a considerar para su evaluación, siendo las siguientes:

- CARGA ADMISIBLE
- SUELOS EXPANSIVOS
- BAJA CAPACIDAD DE SOPORTE (AASHTO 93)

También se procedió a presentar los resultados obtenidos en campo, los cuales fueron recolectados en fichas durante la realización del ensayo de Viga Benkelman y fueron procesados en hojas de cálculo, en las cuales se aplicaron las correcciones correspondientes.

Tabla 4

Datos recolectados en Campo

Progresivas (km)	Lecturas (10 ⁻² mm)		Deflexiones sin Corregir (10 ⁻² mm)		RESULTADOS DEFLECTOMÉTRICOS		Radio de Curvatura	Cumple
	L ₂₅	L _{ma} _x	D ₀	D ₂₅	Deflexiones Corregidas			
					D ₀ x 10 ⁻² mm	D ₂₅ x 10 ⁻² mm		
198+0 40	8	16	6 4	32	64	32	98	OK
198+0 60	6	12	4 8	24	48	24	130	OK
198+0 80	6	11	4 4	20	44	20	130	OK
198+1 00	1 3	17	6 8	16	68	16	60	OK
198+1 20	9	19	7 6	40	76	40	87	OK
198+1 40	1 0	20	8 0	40	80	40	78	OK
198+1 60	9	14	5 6	20	56	20	87	OK
198+1 80	1 1	15	6 0	16	60	16	71	OK
198+2 00	8	15	6 0	28	60	28	98	OK
198+2 20	7	16	6 4	36	64	36	112	OK
198+2 40	8	14	5 6	24	56	24	98	OK

3.3.3. PARA EL ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE DATOS

Se realizó por medio de los programas Microsoft Excel y AASHTO 93, los cuales nos determinaron y permitieron analizar las alturas de mejoramiento a aplicar en las secciones críticas de la plataforma, de la misma manera, nos hicieron ver un panorama claro de los resultados

obtenidos en campo mediante el ensayo de Viga Benkelman con los cuales se determinó el comportamiento estructura de la Sub Base Granular en la carretera.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

4.1. PROCESAMIENTO DE DATOS

4.1.1. CÁLCULO DE DEFLEXIÓN ADMISIBLE

Para determinar si el suelo en el que se realizaron los trabajos de conformación de Subrasante, Sub Base Granular fueron los adecuados, se debe tener una referencia o antecedente de que los mismos se desarrollan de manera adecuada ante las cargas que transitan sobre ellas.

De esta manera, se realizó el cálculo de la deflexión admisible en las capas de Subrasante y Sub Base granular, las cuales se consideraron como la deflexión máxima admisible en ambos casos.

Tabla 5

Valores de Deflexión Máxima Admisible en las diversas capas

RESUMEN				
CAPAS ESTRUCTURALES	DEFLEXIÓN CARACTERISTIC A	UN D	DEFLEXION CONTROL	UN D
SUB RASANTE (SR)	1.16	MM	1.16	MM
SUB BASE (SB)	0.99	MM	0.99	MM

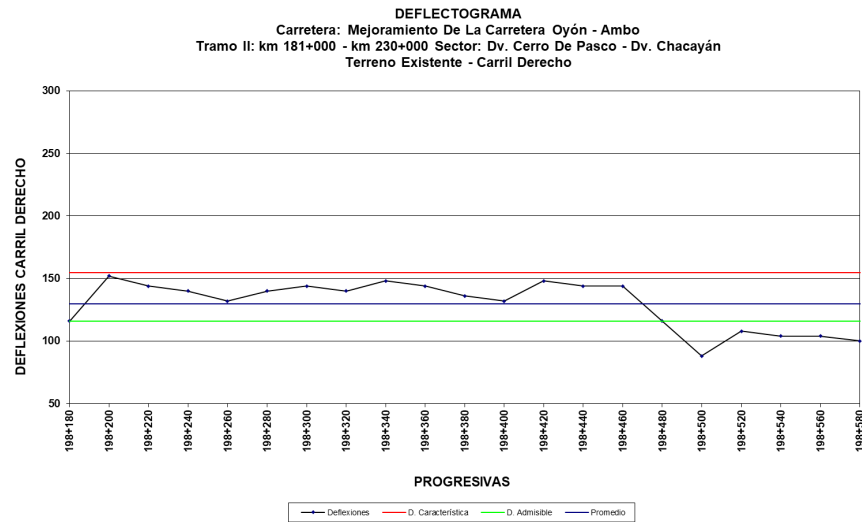
Una vez obtenido los resultados de deflexión admisible en la capa de subrasante ($116.2 \times 10^{-2} \text{mm}$), se procedió a realizar la “**Metodología de la Viga Benkelman**” (Método de Burmister – Dos capas), solo para poder determinar o conocer las “**Zonas Blandas o Magras**” y así realizar la sectorización de la zona crítica, para dar pase a las auscultaciones de los suelos y determinar las propiedades, índices y características de los mismos.

Se procedió a realizar una evaluación deflectométrica en el sector considerado crítico entre las progresivas Km. 198+000 – 199+000 y se pudieron detectar deflexiones mayores a la deflexión máxima admisible

de la subrasante en ambos carriles, obteniendo los siguientes resultados:

Figura 2

Deflexiones del sector Km. 198+180-Km. 198+580 L/D



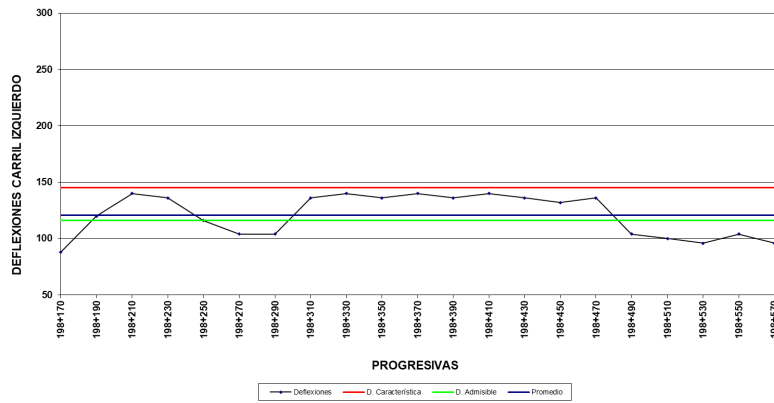
Se puede apreciar los resultados de la evaluación deflectométrica que se ha realizado; la línea horizontal de color verde representa la deflexión máxima admisible a nivel de subrasante que viene siendo $116.2 \times 10^{-2} \text{mm}$.

En la Figura 2 correspondiente al lado derecho de la vía se puede apreciar las progresivas donde se han obtenido resultados de deflexión mayores a la deflexión máxima admisible, por lo que se analizó si es necesario hacer un mejoramiento de la subrasante mediante los resultados obtenidos del análisis de suelos de las calicatas ubicadas en estos o cerca de estos puntos.

Figura 3

Deflexiones del sector Km. 198+170-Km. 198+570 L/I

DEFLECTOGRAMA
 Carretera: Mejoramiento De La Carretera Oyón - Ambo
 Tramo II: km 181+000 - km 230+000 Sector: Dv. Cerro De Pasco - Dv. Chacayán
 Terreno Existente - Carril Izquierdo



Se puede apreciar los resultados de la evaluación deflectométrica que se ha realizado; la línea horizontal de color verde representa la deflexión máxima admisible a nivel de subrasante que viene siendo $116.2 \times 10^{-2} \text{mm}$.

En la figura 03 correspondiente al lado izquierdo de la vía se puede apreciar las progresivas donde se han obtenido resultados de deflexión mayores a la deflexión máxima admisible, por lo que se analizó si es necesario hacer un mejoramiento de la subrasante mediante los resultados obtenidos del análisis de suelos de las calicatas ubicadas en estos o cerca de estos puntos.

SECTORIZACIÓN DEL MEJORAMIENTO DE SUBRASANTE

Luego de haber realizado la evaluación deflectométrica, se identificaron los sectores en los que se aplicaron los diferentes criterios técnicos para definir la profundidad de mejoramiento de la subrasante.

- **Lado Derecho**

Tabla 6

Sectores de mejoramiento según inspección geotécnica – L/D

CALICATA N°	PUNTO DE MUESTREO	SECTOR	
		INICIO KM	FINAL KM
02	198+250	198+180	198+250
04	198+350	198+275	198+480

- **Lado Izquierdo:**

Tabla 7*Sectores de mejoramiento según inspección geotécnica – L/I*

CALICATA N°	PUNTO DE MUESTREO	SECTOR	
		INICIO KM	FINAL KM
01	198+200	198+180	198+240
03	198+300	198+275	198+400

MEJORAMIENTO DE SUELOS A NIVEL DE SUBRASANTE

Se realizó el mejoramiento de suelos en el sector crítico ubicado en el Km. 198+000 – 199+000, dentro del cual se realizaron auscultaciones directas ubicadas en ambos carriles de la vía a cada 50m, en las cuales se pudo observar la presencia de filtraciones en arcillas rojas, se procedió a enviar las muestras a un laboratorio de Suelos y Pavimentos.

Tabla 8*Sector Crítico*

41	196+060	196+260	Der/ Izq	Arcillas rojas húmedas (Caserio Chocopata)	1,395.15
42	196+260	196+300	Izq.	Limos Arcillosos húmedos por descarga de guas servidas	198.70
43	196+300	196+480	Der./ Izq.	Zona inestable diagnosticada geológicamente	1,567.00
44	196+480	196+500	Izq.	Arcillas rojas húmedas	100.30
45	196+500	196+700	Der./Izq.	Zona inestable diagnosticada geológicamente	1,701.15
46	196+700	196+820	Izq.	Suelos con filtraciones	315.35
47	196+820	196+870	Izq.	Arcillas rojas húmedas	195.50
48	196+460	198+460	Izq.	Filtraciones en arcillas rojas	1,306.80
49	196+670	199+670	Der.	Filtraciones en suelos limo gravosos	47.60

Figura 4

Auscultaciones Directas en la Plataforma



Tal como se puede observar, se realizaron las auscultaciones en la plataforma a una profundidad mínima de 1.50m, y con la muestra extraída podremos determinar la altura de mejoramiento necesaria para nuestra plataforma en el sector crítico indicado en el proyecto de investigación.

Figura 5

Profundidad de calicata realizada



Una vez extraídas las muestras se procedió a enviarlas a un laboratorio de Suelos y Pavimentos, para que pueda realizar los ensayos correspondientes, dentro de los cuales tenemos los siguientes:

- Granulometría (ASTM D-422)
- Humedad Natural (ASTM D-2216)
- Límites Líquido (ASTM D-423) Límite Plástico (ASTM D-424) – Índice de Plasticidad
- Clasificación AASHTO - SUCS
- CBR

Ya obtenido los resultados de laboratorio, se procede a realizar el perfil estratigráfico del suelo en malas condiciones para conocer el tipo de mejoramiento a realizar con los criterios propuestos en esta investigación.

a) CRITERIOS PARA DETERMINAR LA PROFUNDIDAD DEL MEJORAMIENTO DE SUBRASANTE

- **Suelos con potencial expansivo**

Los suelos con presencia de materiales finos son altamente susceptibles al aumento del contenido de humedad. Mediante el empleo del contenido de humedad natural y los límites de Atterberg, se determinan el Índice de Liquidez (IL), el Índice de Consistencia (IC), el Índice de Compresibilidad (Cc) y Potencial de expansión (PE), a fin de verificar la existencia de suelos blandos en la subrasante los que se determinan bajo las siguientes expresiones y conceptos:

- Índice de Liquidez

El comportamiento esfuerzo-deformación depende de la cantidad de agua que albergue en sus poros. El Índice de Liquidez (IL) de un suelo es la consistencia relativa de un suelo cohesivo en estado natural y nos permite conocer si su comportamiento es similar al de un sólido frágil, plástico o líquido. Su valor se determina a través de la siguiente expresión:

Tabla 9

Caracterización de suelos expansivos según el índice de liquidez (IL)

Índice de Liquidez	Comportamiento del Suelo
IL < 0	Sólido. No se puede amasar
0 < IL < 1	Plástico
IL > 1	Masa viscosa

$$IL = \frac{W_n - LP}{IP}$$

Donde:

IL = Índice de Liquidez

Wn = Humedad natural

LP = Límite plástico

IP = Índice plástico

Cuando el Índice de Liquidez alcanza valores mayores a la unidad se degrada la resistencia del suelo completamente y como consecuencia, altera sus propiedades plásticas haciendo fluir al suelo como si fuese un líquido.

En general los suelos con IL > 0 (comportamiento plástico o líquido viscoso) deben ser eliminados y reemplazados por otros suelos de mejor calidad generalmente suelos granulares.

- Índice de Consistencia (IC)

Nos permite determinar el grado de consistencia de los suelos relacionada con la cantidad de agua que es capaz de absorber, desde muy blandos a duros, a partir de la siguiente expresión:

Tabla 10*Caracterización de suelos expansivos según el índice de consistencia (IC)*

Índice de Consistencia	Estado	Consistencia del Suelo
IC < 0	Líquido	Muy blanda
0 < IC < 0.25	Semi líquido	Blanda
0.25 < IC < 0.50	Plástico muy blando	Media
0.50 < IC < 0.75	Plástico blando	Rígida
0.75 < IC < 1.00	Plástico duro	Muy rígida
IC > 1.00	Sólido	Dura

$$IC = \frac{LL - W_n}{IP}$$

Dónde:

IC = Índice de Consistencia

LL = Límite Líquido

W_n = Humedad Natural

IP = Índice Plástico

En general, si el Índice de Consistencia está por debajo de 0.50 el suelo tiene una consistencia de un barro líquido y prácticamente no es posible compactarlo, cuando el IC está entre 0.50 y 0.75 la compactación es muy difícil, y cuando el IC es mayor de 0.75 la compactación es posible pero poco eficaz; se requiere un valor mayor a 1 para decir que la compactación será eficaz.

- Índice de Comprensibilidad

La deformación de suelos cohesivos, aún bajo cargas relativamente pequeñas, ha sido tradicionalmente reconocida por los técnicos como un problema de fundamental interés, por ser causa de graves deficiencias de comportamiento. Posiblemente el problema más grave que entraña un suelo de cimentación fino y compresible, es el que se refiere a los asentamientos que en él pueden producirse al recibir la sobrecarga que representan los terraplenes o la misma estructura del pavimento. Dichos asentamientos pueden causar:

- ✓ Pérdida de bombeo, pues la presión ejercida por el terraplén es mayor bajo el centro de la corona que bajo los hombros.
- ✓ Aparición de asentamientos diferenciales en el sentido longitudinal, por heterogeneidad en el terreno de fundación, estos producen perjuicios en la funcionalidad del camino, en el pavimento, en el drenaje superficial, etc.
- ✓ Disminución de la altura del terraplén, grave cuando se atraviesan zonas inundables o inundadas, como son los pantanos a los lados de la carretera.
- ✓ Perjuicios en el comportamiento de las obras de drenaje menor, al asentarse más en el centro que en los extremos.
- ✓ Agrietamiento en la corona del pavimento, especialmente cuando esta es muy ancha y cuando el pavimento tiene bermas.

Terzaghi y Peck, demuestran que el Índice de Compresibilidad de un suelo puede ser expresado en función al límite líquido:

$$I_c = 0.009 (LL - 10) \quad \text{para arcillas no disturbadas o inalteradas}$$

$$I_c = 0.007 (LL - 10) \quad \text{para arcillas disturbadas o alteradas}$$

Tabla 11

Caracterización de suelos expansivos según el índice de compresibilidad

Índice de Compresibilidad	Compresibilidad del Suelo
$0.00 < IC < 0.19$	Baja
$0.20 < IC < 0.39$	Media
$0.39 < IC < 0.60$	Alta

Para evitar o reducir los efectos de los asentamientos deben, siempre que sea posible, elegirse emplazamientos sobre terrenos estables donde se han de esperar asentamientos pequeños; en caso contrario puede excavar el terreno y sustituirlo por un material de mejor calidad.

- Potencial de Expansión (PE)

Los suelos expansivos son un tipo de arcillas que tienen la facultad de incorporar moléculas de agua en su estructura. El cambio de contenido de humedad genera también cambios en el volumen del suelo. Las causas por la expansión son las siguientes:

- ✓ Anegación localizada.
- ✓ Ascensión capilar del agua proveniente de un nivel freático.
- ✓ Periodos concentrados de alta precipitación combinados con un sistema de drenaje deficiente.
- ✓ Variación del contenido de humedad de la arcilla por construcción sobre ella.

De acuerdo a las especificaciones técnicas del proyecto, en caso de suelos con potencial expansivo alto o muy alto, deberán ser reemplazados hasta una profundidad de un metro.

Un método indirecto para identificar el potencial de expansión está en función de los límites de Atterberg el cual da una categorización de acuerdo al valor del índice de plasticidad IP. Así tenemos el siguiente cuadro de identificación:

Tabla 12

Caracterización de suelos expansivos según su potencial de expansión

IP	Límite Líquido	Potencial de Expansión
0 – 12	20 – 35	Bajo
12 – 23	35 – 50	Medio
23 – 32	50- 70	Alto
>32	> 70	Muy Alto

Las ecuaciones de la U.S. Army Corps of Engineers, para el cálculo de la expansión libre y expansión final, esta última bajo sobrecarga o confinamiento:

$$S_f (\%) = 2.27 + 0.131 \times LL - 0.27 \times W_o$$

$$S (\%) = S_f \times [1 - 0.72\sqrt{(P_s)}]$$

Donde:

S_f = Expansión libre (%)

LL= Límite Líquido (%)

Wo = Humedad Natural (%)

S = Expansión final (%)

Ps = Presión de sobrecarga (kg/cm²) por material encima del suelo expansivo.

- **Criterio de Carga Admisible**

De la estimación de la profundidad de los mejoramientos por baja capacidad de soporte CBR, la correlación entre el Índice de Consistencia definido como una relación entre el Límite Líquido, la Humedad Natural y el Índice Plástico del material y la calificación de los suelos según los estados Líquido, Plástico Muy Blando, Plástico Semi Blando, Plástico, Plástico Semi Rígido, Rígido y Sólido, a partir de los cuales se determina un rango de características en cuanto a valores de Resistencia a la Compresión No Confinada (qu), para cuyo efecto se presenta una adaptación de la Tabla 4. Guide for Consistency of Fined Grain Soils, publicado por a NAVFAC DM-7.3 (Naval Facilities Engineering Command), según se indica a continuación:

Tabla 13

Guide for Consistency of Fined Grain Soils.

NAVFAC DM 7.03 Y TENG (*)		G.E BARNES SOIL MECHANICS	
CONSISTENCIA A LA PRESION MANUAL (*) kg/cm ²		IC= Indice de Consistencia f (LL, IP, Wn)	
Líquido	0.025	Líquido (LL)	< 0
Plástico Muy Blando	0 a 0.25	Plástico Muy Blando	0 – 0.25
Plástico Semi Blando	0.25 a 0.50	Plástico Semi Blando	0.25 – 0.50
Plástico	0.50 – 0.75	Plástico	0.50 – 0.75
Plástico Semi Rígido	0.75 a 1	Plástico Semi Rígido (LP)	0.75 a 1.00
Rígido LC (**)	1 a 2	Rígido (LC) (**)	1.00 a 2.00
Sólido LC (**)	2 – 4	Sólido (volumen constante) (**)	2.00 a 4.00

(**) Adaptación del autor

Así mismo, los valores de la cohesión c y qadm, se determinan por:

$$c = 0.5 \times qu$$

$$qadm = c \times Nc/3$$

$$Nc = 5.14$$

Luego, la estimación de la profundidad de mejoramiento por baja capacidad portante es determinada a partir de la gráfica calculada por evaluación analítica de la influencia de los esfuerzos de un vehículo tipo C3 de peso 28 Tn según las condiciones de obra, a diferentes profundidades, para cuyo efecto utiliza la teoría de Boussinesq.

Figura 6

Esfuerzos inducidos por un camión tipo C3, según teoría de Boussinesq.

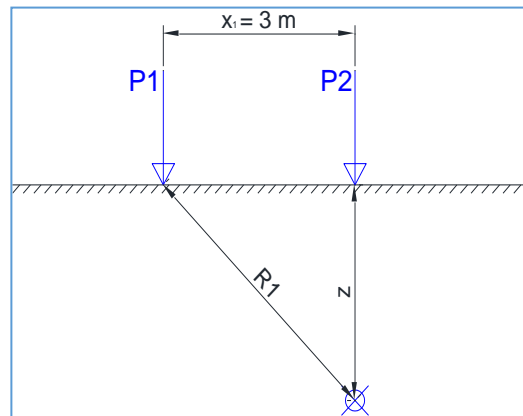
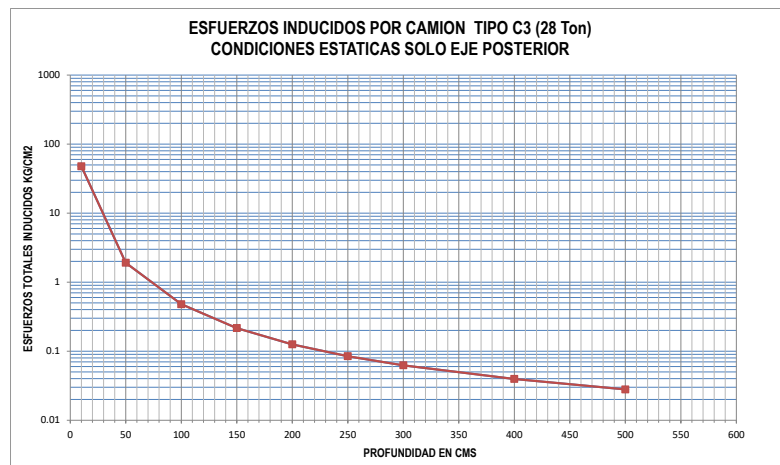


Figura 7

Esfuerzos inducidos por un camión tipo C3, según teoría de Boussinesq.



- **Baja Capacidad de Soporte**

Para la determinación de las alturas de mejoramiento de suelos con baja capacidad de soporte, se ha tomado en consideración los criterios de la Guía de Diseño AASHTO – 93, sección 3.1.4. Selección de los Espesores de Capa.

En el caso de los espesores de mejoramiento, calculados en base a la capacidad de soporte CBR, se considera que son aplicables en suelos pobres (CBR < 6%). El procedimiento seguido conforme a la Guía AASHTO – 93, consiste en el cálculo el SNb del pavimento para 20 años, considerando que el material a emplear tendrá un CBR mayor a 20% e IP menor a 11%. Luego se calculará el SNa con el material de subrasante con CBR menor a 6%. Determinándose luego la diferencia algebraica de los números estructurales, obteniéndose el espesor de mejoramiento, considerando los coeficientes estructurales (ai) y de drenaje (mi), según la siguiente relación.

$$\Delta SN = SNa - SNb$$

$$E = \Delta SN / (ai \times mi)$$

Donde:

E : Espesor de mejoramiento en cm.

ai : Coeficiente estructural del material a colocar cm-1.

mi : Coeficiente de drenaje de material a colocar.

A partir de esta expresión, para los suelos con CBR < 6% al 95% de su MDS, muy pobres o pobres, con reemplazo de material de relleno de CBR > 20% al 95% de su MDS; y coeficiente de capa adoptado de 0.08 correspondiente a una subrasante muy pobre y pobre, y coeficiente de drenaje de 0.90, se verifican los espesores de mejoramiento por baja capacidad de soporte.

b) PERFIL ESTRATIGRÁFICO

Luego de haber realizado las auscultaciones directas en la plataforma, con el método de la observación se pudo realizar el perfil estratigráfico del suelo a reemplazar, mostrando el suelo encontrado a continuación:

Figura 8

Perfil Estratigráfico de C – 01

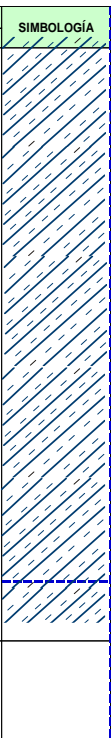
PROF.	m	N.F.	MUESTRA	CLASIFICACIÓN		SIMBOLOGÍA	DESCRIPCIÓN GENERAL DE ESTRATOS
				SUCS	AASHTO		
0.10						 <p>Estrato de material conformado por una arcilla de alta plasticidad, de alta humedad.</p> <p>Grava= 0%, Arena= 12.7%, Fino= 87.3% LL=50.1%, LP=27.7%, IP=22.4% y HN=24.0%.</p>	
0.20							
0.30							
0.40							
0.50							
0.60							
0.70							
0.80							
0.90							
1.00							
1.10							
1.20							
1.30							
1.40							
1.50							
1.60							
1.70							
1.80							
1.90							
2.00							

Figura 9

Perfil Estratigráfico de C - 02

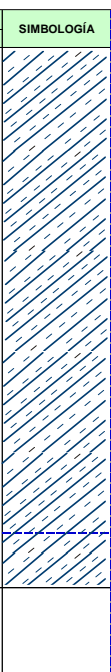
PROF.	m	N.F.	MUESTRA	CLASIFICACIÓN		SIMBOLOGÍA	DESCRIPCIÓN GENERAL DE ESTRATOS
				SUCS	AASHTO		
0.10						 <p>Estrato de material conformado por una arcilla de alta plasticidad, de alta humedad.</p> <p>Grava= 0%, Arena= 11.8%, Fino= 88.2% LL=50.3%, LP=27.4%, IP=22.9% y HN=22.6%.</p>	
0.20							
0.30							
0.40							
0.50							
0.60							
0.70							
0.80							
0.90							
1.00							
1.10							
1.20							
1.30							
1.40							
1.50							
1.60							
1.70							
1.80							
1.90							
2.00							

Figura 10

Perfil Estratigráfico de C - 03

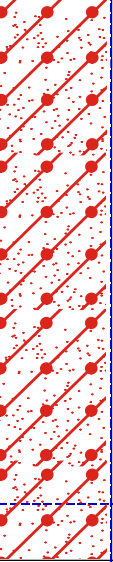
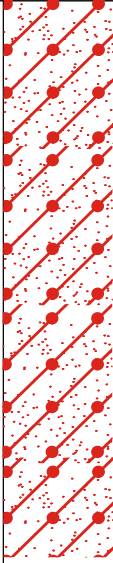
PROF.	m	N.F.	MUESTRA	CLASIFICACIÓN		SIMBOLOGÍA	DESCRIPCIÓN GENERAL DE ESTRATOS
				SUCS	AASHTO		
0.10			M-1	GC	A-2-7 (2)		Estrato de material conformado por grava arcillosa con arena, de alta humedad. Grava= 48.1%, Arena= 16.8%, Fino= 35.1%. LL=43.3%, LP=22.7%, IP=20.6% y HN=16.4%.
0.20							
0.30							
0.40							
0.50							
0.60							
0.70							
0.80							
0.90							
1.00							
1.10							
1.20							
1.30							
1.40							
1.50							
1.60							
1.70							
1.80							
1.90							
2.00							

Figura 11

Perfil Estratigráfico de C - 04

PROF.	m	N.F.	MUESTRA	CLASIFICACIÓN		SIMBOLOGÍA	DESCRIPCIÓN GENERAL DE ESTRATOS
				SUCS	AASHTO		
0.10			M-1	GC	A-2-7 (1)		Estrato de material conformado por grava arcillosa con arena, de alta humedad. Grava= 50.2%, Arena= 24.4%, Fino= 25.4%. LL=38.6%, LP=23.2%, IP=15.4% y HN=14.8%.
0.20							
0.30							
0.40							
0.50							
0.60							
0.70							
0.80							
0.90							
1.00							
1.10							
1.20							
1.30							
1.40							
1.50							
1.60							
1.70							
1.80							
1.90							
2.00							

c) RESULTADOS DE LABORATORIO

Una vez obtenido los resultados de laboratorio y conociendo el perfil estratigráfico del terreno a intervenir, se procedió a realizar un cuadro de resumen de los ensayos de las muestras extraídas para determinar las alturas de los mejoramientos de suelos, en los cuales se detalló lo obtenido y con lo que se trabajó para un resultado óptimo.

Tabla 14

Cuadro de Resumen de las Muestras Obtenidas en Campo

CUADRO RESUMEN DE ENSAYOS DE LAS MUESTRAS OBTENIDAS PARA DETERMINAR EL MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE

N° CALICAT A	UBICACIÓ N (km)	LAD O	MUEST RA	PROF. (m)	MATERIAL			HUMEDA D NATURA L	LIMITES DE CONSISTENCIA			CLASIFICACION		PROCTOR		CBR 0.1" 95%	EXP.
					% GRAV A	% AREN A	% FINO		LL	LP	IP	AASHT O	SUCS	MDS	OCH		
C-01	KM. 198+200	IZQ	M-01	0.00 - 1.50	0.0	12.7	87.3	24.0	50.1	27. 7	22.4	A-7-6 (15)	CH	1.892	15.9	3.4	10.7 6
C-02	KM.198+25 0	DER	M-01	0.00 - 1.50	0.0	11.8	88.2	22.8	50.3	27. 4	22.9	A-7-6 (15)	CH	1.818	16.9	2.9	11.1 7
C-03	KM. 198+300	IZQ	M-01	0.00 - 1.50	48.1	16.8	35.1	16.4	43.3	22. 7	20.6	A-2-7 (2)	GC	2.091	10.5	12.6	7.81
C-04	KM. 198+350	DER	M-01	0.00 - 1.50	50.2	24.4	25.4	14.8	38.6	23. 2	15.4	A-2-6 (1)	GC	2.104	10.8	14.8	6.81

d) DETERMINACIÓN DEL MEJORAMIENTO DE SUELOS

Se analizaron los subsectores por todos los criterios considerados y para cada criterio se ha determinado una profundidad de mejoramiento, adoptando como profundidad de mejoramiento el valor máximo obtenido mediante alguno de los criterios técnicos.

- **Carga Admisible:**

Tabla 15

Criterio – Carga Admisible

MEJORAMIENTO DE SUELOS A NVEL DE SUBRASANTE – CRITERIO “CARGA ADMISIBLE”														
PROGRESIVA		N° CALICATA	LADO	PROF. (m)	HUM. NAT.	LIMITES DE CONSISTENCIA		INDICE DE CONSISTENCIA		"qu" RESISTENCIA A LA COMPRESION NO CONFINADA	COMPRESION "c" ESTIMADA EN kg/m2	"qadm" CAPACIDAD PORTANTE ADMISIBLE	PROFUNDIDAD DEL MEJORAMIENTO (cm)	PROFUNDIDAD DEL MEJORAMIENTO (m)
INICIO	FINAL					LL	IP	I.C	ESTADO					
198+180	198+240	C-01	IZQ	0.00 - 1.50	24.0	50.1	22.4	1.17	Sólido	2.00	1.00	1.71	50	0.50
198+180	198+250	C-02	DER	0.00 - 1.50	22.8	50.3	22.9	1.20	Sólido	2.00	1.00	1.71	50	0.50
198+275	198+400	C-03	IZQ	0.00 - 1.50	16.4	43.3	20.6	1.31	Sólido	2.00	1.00	1.71	50	0.50
198+274	198+480	C-04	DER	0.00 - 1.50	14.8	38.6	15.4	1.55	Sólido	2.00	1.00	1.71	50	0.50

- **Baja Capacidad de Soporte:**

Tabla 16

Criterio – Baja Capacidad de Soporte

MEJORAMIENTO DE SUELOS A NVEL DE SUBRASANTE – CRITERIO “BAJA CAPACIDAD DE SOPORTE”																
N°	PROGRESIVA		N° CALICATA	LADO	PROF. (m)	CBR (%)	Mr	W18	SNr	SN _o	ΔSN	m COEF. DRENAJE	a ₃ COEF. ESTRUCT. C.B.R ≥20	PROFUNDIDAD DEL MEJORAMIENTO CALCULADO (h ₃)		PROFUNDIDAD DEL MEJORAMIENTO (m)
	INICIO	FINAL												(pulg)	(cm)	
1	198+180	198+240	C-01	IZQ	0.00 - 1.50	3.4	5591.6	5.07E+06	3.07	4.55	1.48	0.90	0.08	20.56	55	0.55
2	198+180	198+250	C-02	DER	0.00 - 1.50	2.9	5050.4	5.07E+06	3.07	4.70	1.63	0.90	0.08	22.64	60	0.60
3	198+275	198+400	C-03	IZQ	0.00 - 1.50	12.6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	198+274	198+480	C-04	DER	0.00 - 1.50	14.8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

- Suelos Expansivos

Tabla 17

Criterio – Suelos Expansivos

MEJORAMIENTO DE SUELOS A NVEL DE SUBRASANTE – CRITERIO “SUELOS EXPANSIVOS”																	
N°	PROGRESIVA		N° CALICATA	LADO	PROF. (m)	HUM. NAT.	LIMITES DE CONSISTENCIA		INDICE DE CONSISTENCIA		INDICE DE COMPRESIBILIDAD		INDICE DE LIQUIDEZ		EXPANSION LIBRE	POTENCIAL DE EXPANSION	PROFUNDIDAD DEL MEJORAMIENTO (m)
	INICIO	FINAL					LL	IP	I.C	ESTADO	C.C	ESTADO	I.L	ESTADO	Sf (%)	ESTADO	
1	198+1 80	198+2 40	C-01	IZQ	0.00 - 1.50	24.0	50.1	22.4	1.1 7	Sólido	0.3 6	Mediana	- 0.17	Sólido	2.35	Medio	1.00
2	198+1 80	198+2 50	C-02	DER	0.00 - 1.50	22.8	50.3	22.9	1.2 0	Sólido	0.3 6	Mediana	- 0.20	Sólido	2.70	Medio	1.00
3	198+2 75	198+4 00	C-03	IZQ	0.00 - 1.50	16.4	43.3	20.6	1.3 1	Sólido	0.3 0	Mediana	- 0.31	Sólido	3.51	Medio	1.00
4	198+2 74	198+4 80	C-04	DER	0.00 - 1.50	14.8	38.6	15.4	1.5 5	Sólido	0.2 6	Mediana	- 0.55	Sólido	3.33	Medio	0.70

e) EJECUCIÓN DEL MEJORAMIENTO DE SUELOS A NIVEL DE SUBRASANTE:

Una vez determinada la altura de mejoramientos, se procedió a realizar la ejecución del mismo.

Se consideró las alturas obtenidas luego de usar los criterios de carga admisible, baja capacidad de soporte y suelos expansivos, se consideró la mayor altura de los 03 criterios evaluados en los carriles considerados.

Tabla 18

Alturas a considerar en el mejoramiento de suelos

PROGRESIVAS		CARRIL	LONGITUD	CARRIL		PROFUNDIDAD DE MEJORAMIENTO DESDE NIVEL DE SUBRASANTE
INICIO KM	FINAL KM			I	D	
198+ 180	198+24 0	AMBOS	60.00	X	X	1.00
198+ 180	198+25 0	DER	70.00		X	1.00
198+ 275	198+40 0	AMBOS	125.00	X	X	1.00
198+ 275	198+48 0	AMBOS	205.00	X	X	0.70

Para realizar el mejoramiento de suelos, se utilizó material over (pedraplén) encima del terreno de fundación para mejorar la estabilidad del suelo a conformar.

Superior a la capa de enrocado se colocó un material de sello granular, para de esta manera evitar que el material fino ingrese al material over, el cual perjudicaría la funcionalidad del mismo.

Finalmente se procedió a realizar la conformación de subrasante en dos capas de 0.15m hasta llegar al nivel de una cota superior aprobada.

Se presentan los diseños usados en el mejoramiento de suelos a nivel de subrasante terminada.

Figura 12

Mejoramiento a ejecutar en 0.70m de altura

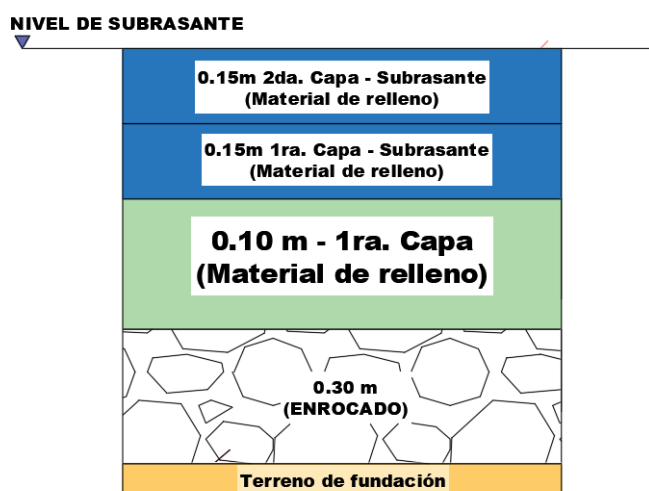
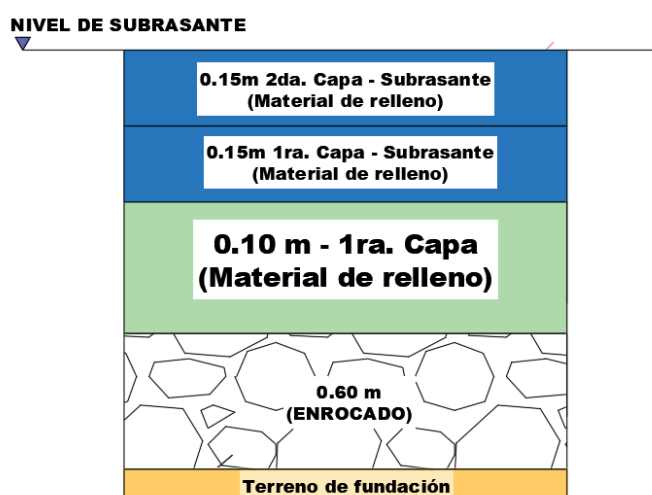


Figura 13

Mejoramiento a ejecutar en 1.00m de altura



Se procedió a ejecutar el mejoramiento de suelos a nivel de subrasante terminada, con los esquemas presentados para las alturas correspondientes.

f) CONFORMACIÓN DE SUBRASANTE:

Una vez realizado el mejoramiento de suelos donde se encuentra incluido el enrocado y material de sello, se procedió a realizar la conformación de subrasante (terraplén).

Para la conformación de terraplén se tomó en cuenta que el material usado sea el adecuado y cumpla con los parámetros exigidos

en el Manual de Carreteras Especificaciones Técnicas para Construcción (2013) y de esta manera poder tener la certeza de ejecutar un buen trabajo y nuestra subrasante no falle en los ensayos de deflectometría.

El material de relleno a usar para la conformación de la subrasante está conformado por un material de préstamo que cumple con lo establecido en el manual EG – 2013.

Tabla 19

Tabla de Resumen de Características de Material de Sub Rasante.

REGISTRO N°	PROCEDENCIA	GRANULOMETRÍA % QUE PASA											HU MED NAT · (%)	LIMITES DE CONSISTENCIA			CLASIFICACION		ABRACION	MATERIA ORGANICA	
		3"	2 1/2 "	2"	1 1/2 "	1"	3/ 4"	1/ 2"	3/ 8"	N ° 4	No 10	No 40		No 200	L L	L P	I P	AAS HTO			SU CS
CM- RELLENO -035	CANTERA LLICLLAO KM.194+770 IZQ	10 0.0	10 0.0	9 5. 9	85. 1 "	6 4. 7	4 9. 7	3 4. 7	2 8. 4	1 9. 9	12. 3	7.8	3.0	3.40	27 .1	21 .5	5 .6	A-1- a (0)	GP	-	-
CM- RELLENO -036	CANTERA LLICLLAO KM.194+770 IZQ	10 0.0	98. 0	9 6. 1	86. 7 "	7 2. 0	5 8. 0	4 5. 5	3 9. 3	3 2. 0	23. 3	8.8	3.5	4.10	29 .1	22 .6	6 .5	A-2- 4 (0)	G W	24.4	0.65

Una vez escogido el material de cantera se procedió a realizar la conformación de la subrasante y el proceso constructivo a seguir se realizó de la siguiente manera:

- Tendido del material en la plataforma. Solo se colocó 0.15m para la conformación de la primera capa.
- Una vez colocada los primeros 0.15m de capa de subrasante, se procedió a realizar el batido in situ con ayuda de una motoniveladora para homogenizar todos los componentes del material de préstamo.
- Se procedió a humedecer el material batido para su compactación con rodillo y así se obtuvo un estado óptimo en los primeros 0.15m de capa de subrasante.
- Una vez compactada la primera capa de subrasante, se procedió a realizar el tendido de la segunda capa de 0.15m, en la cual se aplicó el mismo procedimiento que en la primera.

Realizado el tendido y compactado de las dos capas de 0.15m para la conformación de la subrasante, se procedió a realizar la medición deflectométrica, con la cual se conoció el estado de la subrasante terminada.

g) EVALUACIÓN DEFLECTOMÉTRICA A NIVEL DE SUBRASANTE TERMINADA:

Para la realización de la evaluación deflectométrica se contó con el equipo de Viga Benkelman, el cual se apoyó con un camión viga que cumple con las siguientes características:

- Clasificación de Vehículo : C2
- Peso con carga en el eje posterior : 8200kg
- Llantas del eje posterior : 10 x 20
- Presión de inflado : 552Kpa (5.6 kgf/cm ó 80 PSI)

Con todos los equipos calibrados y el camión viga cumpliendo con los parámetros solicitados se procedió a realizar el ensayo de Viga Benkelman con el suelo mejorado a nivel de subrasante terminada.

Se realizó la medida de deflexión a cada 20m en el sector a evaluar teniendo en cuenta que en el carril derecho se evaluaron las progresivas pares y en el carril izquierdo se procedió a evaluar las progresivas impares.

Figura 14

Evaluación Deflectométrica en subrasante



Realizada la evaluación deflectométrica a nivel de subrasante terminada se procedió a realizar la corrección en el formato Excel de las lecturas de los diales obtenidos en campo, para conocer de esta manera si el mejoramiento de suelos realizado en el sector crítico favoreció el comportamiento estructural de la subrasante conformada.

Tabla 20

Resultados de Evaluación Deflectométrica sobre el mejoramiento de suelos L/D

Progresivas (km)	Lecturas (10 ⁻² mm)		Deflexiones sin Corregir (10 ⁻² mm)		Temp	RESULTADOS DEFLECTOMÉTRICOS		Radio de Curvatura	Cumple
	L ₂₅	L _{max}	D ₀	D ₂₅		Deflexiones Corregidas			
						D ₀ x 10 ⁻² mm	D ₂₅ x 10 ⁻² mm		
198+180	5	10	40	20	-	40	20	156	OK
198+200	7	14	56	28	-	56	28	112	OK
198+220	6	12	48	24	-	48	24	130	OK
198+240	7	14	56	28	-	56	28	112	OK
198+260	7	14	56	28	-	56	28	112	OK
198+280	11	22	88	44	-	88	44	71	OK
198+300	11	25	100	56	-	100	56	71	OK
198+320	8	15	60	28	-	60	28	98	OK
198+340	11	19	76	32	-	76	32	71	OK
198+360	7	13	52	24	-	52	24	112	OK
198+380	9	14	56	20	-	56	20	87	OK
198+400	12	17	68	20	-	68	20	65	OK
198+420	10	21	84	44	-	84	44	78	OK
198+440	6	12	48	24	-	48	24	130	OK
198+460	10	18	72	32	-	72	32	78	OK
198+480	14	29	116	60	-	116	60	56	OK
198+500	14	22	88	32	-	88	32	56	OK
198+520	15	27	108	48	-	108	48	52	OK
198+540	14	26	104	48	-	104	48	56	OK
198+560	14	26	104	48	-	104	48	56	OK
198+580	15	25	100	40	-	100	40	52	OK

Una vez obtenida las correcciones de las progresivas pares ubicadas en el carril derecho de la plataforma, se puede observar que los resultados obtenidos son óptimos y cumplen con la deflexión máxima admisible calculada para la subrasante.

Tabla 21

Resultados de Evaluación Delfectométrica sobre el mejoramiento de suelos L/I

Progresivas (km)	Lecturas (10 ⁻² mm)		Deflexiones sin Corregir (10 ⁻² mm)		Temp	RESULTADOS DEFLECTOMÉTRICOS Deflexiones Corregidas		Radio de Curvatura	Cumple
	L ₂₅	L _{max}	D ₀	D ₂₅		D ₀ x 10 ⁻² mm	D ₂₅ x 10 ⁻² mm		
	198+170	8	16	64		32	-		
198+190	8	13	52	20	-	52	20	98	OK
198+210	7	15	60	32	-	60	32	112	OK
198+230	8	13	52	20	-	52	20	98	OK
198+250	1 2	25	100	52	-	100	52	65	OK
198+270	1 2	28	112	64	-	112	64	65	OK
198+290	1 1	26	104	60	-	104	60	71	OK
198+310	1 0	25	100	60	-	100	60	78	OK
198+330	7	14	56	28	-	56	28	112	OK
198+350	1 3	20	80	28	-	80	28	60	OK
198+370	1 1	19	76	32	-	76	32	71	OK
198+390	8	17	68	36	-	68	36	98	OK
198+410	5	11	44	24	-	44	24	156	OK
198+430	1 0	17	68	28	-	68	28	78	OK
198+450	1 0	17	68	28	-	68	28	78	OK
198+470	8	16	64	32	-	64	32	98	OK
198+490	9	15	60	24	-	60	24	87	OK
198+510	7	15	60	32	-	60	32	112	OK
198+530	1 3	25	100	48	-	100	48	60	OK
198+550	7	15	60	32	-	60	32	112	OK
198+570	8	15	60	28	-	60	28	98	OK

Una vez obtenida las correcciones de las progresivas impares ubicadas en el carril izquierdo de la plataforma, se puede observar que los resultados obtenidos son óptimos y cumplen con la deflexión máxima admisible calculada para la subrasante.

Después de haber realizado las correcciones correspondientes se pudo aceptar y dar conformidad a los resultados obtenidos en la subrasante terminada luego de haber ejecutado los mejoramientos respectivos en el sector crítico.

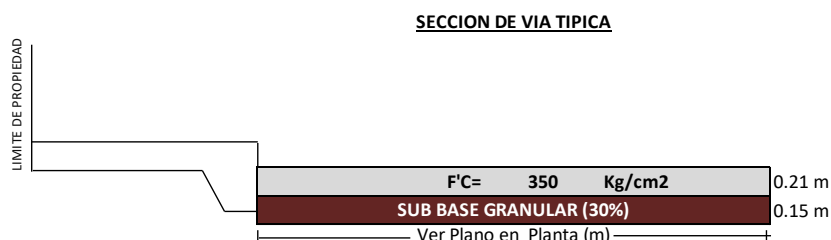
h) CÁLCULO DE ESPESOR DE SUB BASE GRANULAR:

Luego de haber realizado la conformación de la capa subrasante y el análisis en la misma, se procedió a realizar el cálculo el espesor de la capa de sub base granular empleada en la presente investigación. Se realizaron los cálculos correspondientes en base a los datos de CBR de la plataforma evaluada.

Una vez calculado el espesor de la capa, se procedió a realizar la conformación de la misma y el proceso respectivo hasta su evaluación deflectométrica.

Figura 15

Espesor de Sub Base Granular



i) CONFORMACIÓN DE LA SUB BASE GRANULAR:

Una vez realizada la conformación de la subrasante con el material de préstamo que cumple con lo solicitado en la normativa, se procedió a realizar la conformación de sub base granular.

Para la conformación de sub base granular se tomó en cuenta que el material usado sea el adecuado y cumpla con los parámetros exigidos en el Manual de Carreteras Especificaciones Técnicas para Construcción (2013) y de esta manera tener la certeza de ejecutar un buen trabajo y nuestra sub base granular no falle en los ensayos de deflectometría.

El material de relleno usado para la conformación de la sub base granular está conformado por un material de préstamo que cumple con lo establecido en el manual EG – 2013.

Tabla 22

Tabla de Resumen de Características de Material de Préstamo para Sub Base Granular

REGISTRO N°	PROCEDENCIA											HUME D. NAT. (%)	LIMITES DE CONSISTEN CIA			CLASIFICACI ON			PROCTOR		
		2" 0	1 1/2" 0	1" 5	3/4 5	1/2 2	3/8 1	N° 4	No 10	No 40	No 200		L L	L P	IP	AASH TO	SUC S	MD S	OC H	MDS CORR	OCH CORR
CP- SUBBASE- 056	KM.200+500 - 201+000	100. 0	100. 0	91. 5	82. 5	70. 2	62. 1	44. 1	25.1	10. 6	6.6	5.60	N P	N P	NP	A-1-a (0)	GW - GM	2.29 2	5.8	2.347	5.0
CP- SUBBASE- 057	KM.200+345 - 200+500	100. 0	100. 0	91. 4	83. 2	69. 2	60. 5	43. 7	19.6	9.0	6.4	5.40	N P	N P	NP	A-1-a (0)	GW - GM	2.29 3	5.9	2.345	5.1
CP- SUBBASE- 058	KM.202+500 - 203+000	100. 0	95.8	84. 7	74. 9	64. 1	57. 0	43. 6	30.7	14. 2	4.6	5.20	N P	N P	NP	A-1-a (0)	GW	2.29 5	6.6	2.372	5.2
CP- SUBBASE- 059	KM.203+000 - 203+500	100. 0	96.0	84. 7	75. 2	64. 8	57. 9	44. 5	30.8	13. 9	3.9	5.30	N P	N P	NP	A-1-a (0)	GW	2.29 1	6.7	2.368	5.3

Una vez escogido el material de cantera se procedió a realizar la conformación de la sub base granular y el proceso constructivo a seguir se realizó de la siguiente manera:

- Tendido del material en la plataforma. Solo se colocó 0.15m para la conformación de la misma.

Tabla 23

Espesor de sub base granular a considerar

Parámetros de Diseño	Sector (km) 181+200 – 204+000	Sector (km) 204+000 – 214+460
Espesor de sub base granular	15.0	15.0

- Una vez colocada los 0.15m de capa de sub base granular, se procedió a realizar el batido in situ con ayuda de una motoniveladora para homogenizar todos los componentes del material de préstamo.
- Se procedió a humedecer el material batido para su compactación con rodillo y así obtener un estado óptimo en los 0.15m de capa de sub base granular.
- Realizado el tendido y compactado de la capa de 0.15m para la conformación de la sub base granular, se procedió a realizar la medición deflectométrica, con la cual se conoció el estado de la capa conformada.

j) EVALUACIÓN DEFLECTOMÉTRICA EN LA SUB BASE GRANULAR

Para la realización de la evaluación deflectométrica se contó con el equipo de Viga Benkelman, el cual se apoyó con un camión viga que cumple con las siguientes características:

- Clasificación de Vehículo : C2

- Peso con carga en el eje posterior : 8200kg
- Llantas del eje posterior : 10 x 20
- Presión de inflado : 552Kpa (5.6 kgf/cm ó 80 PSI)

Con todos los equipos calibrados y el camión viga cumpliendo con los parámetros solicitados se procedió a realizar el ensayo de Viga Benkelman en la capa de sub base granular.

Se realizó la medida de deflexión a cada 20m en el sector a evaluar teniendo en cuenta que en el carril derecho se evaluaron las progresivas pares y en el carril izquierdo se procedió a evaluar las progresivas impares.

Figura 16

Evaluación Deflectométrica en sub base granular



Realizada la evaluación deflectométrica a nivel de sub base granular se procedió a realizar la corrección en el formato Excel de las lecturas de los diales obtenidos en campo, para conocer de esta manera si el mejoramiento de suelos realizado en el sector crítico favoreció el comportamiento estructural de la sub base granular conformada.

Tabla 24*Resultados de Evaluación Deflectométrica en sub base granular L/D*

Progresivas (km)	Lecturas (10 ⁻² mm)		Deflexiones sin Corregir (10 ⁻² mm)		Temperatura mp	RESULTADOS DEFLECTOMÉTRICOS		Radio de Curvatura	Cumple
	L ₅	L _{max}	D ₀	D ₂₅		Deflexiones Corregidas			
						D ₀ x 10 ⁻² mm	D ₂₅ x 10 ⁻² mm		
198+180	8	15	60	28	-	60	28	98	OK
198+200	7	16	64	36	-	64	36	112	OK
198+220	8	14	56	24	-	56	24	98	OK
198+240	9	15	60	24	-	60	24	87	OK
198+260	8	14	56	24	-	56	24	98	OK
198+280	10	19	76	36	-	76	36	78	OK
198+300	9	15	60	24	-	60	24	87	OK
198+320	8	16	64	32	-	64	32	98	OK
198+340	9	17	68	32	-	68	32	87	OK
198+360	7	15	60	32	-	60	32	112	OK
198+380	6	13	52	28	-	52	28	130	OK
198+400	8	15	60	28	-	60	28	98	OK
198+420	6	11	44	20	-	44	20	130	OK
198+440	13	17	68	16	-	68	16	60	OK
198+460	9	19	76	40	-	76	40	87	OK
198+480	11	15	60	16	-	60	16	71	OK
198+500	8	16	64	32	-	64	32	98	OK
198+520	7	14	56	28	-	56	28	112	OK
198+540	10	20	80	40	-	80	40	78	OK
198+560	9	15	60	24	-	60	24	87	OK
198+580	8	17	68	36	-	68	36	98	OK

Una vez obtenida las correcciones de las progresivas pares ubicadas en el carril derecho de la plataforma, se puede observar que los resultados obtenidos son óptimos y cumplen con la deflexión máxima admisible calculada para la subrasante.

Tabla 25*Resultados de Evaluación Deflectométrica en sub base granular L/I*

Progresivas (km)	Lecturas (10 ⁻² mm)		Deflexiones sin Corregir (10 ⁻² mm)		Temp	RESULTADOS DEFLECTOMÉTRICOS		Radio de Curvatura	Cumple
	L ₂₅	L _{max}	D ₀	D ₂₅		Deflexiones Corregidas			
						D ₀ x 10 ⁻² mm	D ₂₅ x 10 ⁻² mm		
198+170	10	17	68	28	-	68	28	78	OK
198+190	8	15	60	28	-	60	28	98	OK
198+210	10	17	68	28	-	68	28	78	OK
198+230	11	19	76	32	-	76	32	71	OK
198+250	15	22	88	28	-	88	28	52	OK
198+270	8	17	68	36	-	68	36	98	OK
198+290	9	17	68	32	-	68	32	87	OK
198+310	6	12	48	24	-	48	24	130	OK
198+330	6	10	40	16	-	40	16	130	OK
198+350	5	15	60	40	-	60	40	156	OK
198+370	6	17	68	44	-	68	44	130	OK
198+390	9	15	60	24	-	60	24	87	OK
198+410	10	15	60	20	-	60	20	78	OK
198+430	7	15	60	32	-	60	32	112	OK
198+450	8	21	84	52	-	84	52	98	OK
198+470	9	18	72	36	-	72	36	87	OK
198+490	10	20	80	40	-	80	40	78	OK
198+510	9	17	68	32	-	68	32	87	OK
198+530	12	18	72	24	-	72	24	65	OK
198+550	10	15	60	20	-	60	20	78	OK
198+570	8	15	60	28	-	60	28	98	OK

Una vez obtenida las correcciones de las progresivas impares ubicadas en el carril izquierdo de la plataforma, se puede observar que los resultados obtenidos son óptimos y cumplen con la deflexión máxima admisible calculada para la subrasante.

Por lo tanto, luego de realizar la evaluación estructural mediante el ensayo de Viga Benkelman, se puede apreciar que el mejoramiento realizado en el sector crítico satisface y cumple correctamente, por lo que se considera una sub base granular adecuada.

4.2. CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS

Tabla 26

Prueba de normalidad de datos

Tramo (Km)	Pruebas de normalidad						
	Carril	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
196+010 - 196+510	Derecho	0,149	26	0,141	0,962	26	0,434
	Izquierdo	0,124	26	0,200*	0,941	26	0,139
196+530 - 197+150	Derecho	0,189	26	0,017	0,915	26	0,035
	Izquierdo	0,166	26	0,063	0,958	26	0,347
197+140 - 197+700	Derecho	0,145	26	0,166	0,974	26	0,728
	Izquierdo	0,241	26	0,000	0,877	26	0,005
197+730 - 198+150	Derecho	0,180	31	0,012	0,922	31	0,026
	Izquierdo	0,131	31	0,192	0,946	31	0,121
198+590 - 199+000	Derecho	0,144	21	0,200*	0,971	21	0,747
	Izquierdo	0,195	21	0,037	0,919	21	0,083

Nota. Para realizar la prueba de hipótesis es necesario una prueba de normalidad de los datos; en la que se aprecia al verificar la Significancia bilateral es decir el P-valor < (0.05) que no en todos los casos superan este valor, por lo que no cumplen con el supuesto de normalidad, lo que hace pertinente el uso de una prueba no paramétrica, para este caso la prueba asignada fue Prueba de Kruskal-Wallis para muestras independientes. *. Esto es un límite inferior de la significación verdadera. a. Corrección de significación de Lilliefors.

Se contempla entonces la siguiente hipótesis

H1: El análisis estructural mediante el ensayo de Viga Benkelman permite diagnosticar el estado de la Sub Base granular de la carretera Dv. Cerro de Pasco – Dv. Chacayan del km 181+000 al km 230+000.

H0: El análisis estructural mediante el ensayo de Viga Benkelman no permite diagnosticar el estado de la Sub Base granular de la carretera Dv. Cerro de Pasco – Dv. Chacayan del km 181+000 al km 230+000.

Tabla 27*Prueba de Kruskal-Wallis para muestras independientes*

Resumen de contrastes de hipótesis				
	Descripción del tramo	Prueba	Sig.	Decisión
1	La distribución del tramo 196+010 - 196+510 es la misma entre categorías de Carril.	Prueba de Kruskal-Wallis para muestras independientes	0,481	La distribución es la misma
2	La distribución del tramo 196+530 - 197+150 es la misma entre categorías de Carril.	Prueba de Kruskal-Wallis para muestras independientes	0,747	La distribución es la misma
3	La distribución del tramo 197+140 - 197+700 es la misma entre categorías de Carril.	Prueba de Kruskal-Wallis para muestras independientes	0,002	La distribución es diferente
4	La distribución del tramo 197+730 - 198+150 es la misma entre categorías de Carril.	Prueba de Kruskal-Wallis para muestras independientes	0,776	La distribución es la misma
5	La distribución del tramo 198+590 - 199+000 es la misma entre categorías de Carril.	Prueba de Kruskal-Wallis para muestras independientes	0,471	La distribución es la misma

Se muestran significaciones asintóticas. El nivel de significación es de ,050.

Nota. del contraste de la hipótesis con la Prueba de Kruskal-Wallis para muestras independientes; se aprecia que en el tramo 197+140 - 197+700 la distribución del tramo es la diferentes entre categorías de Carril, entre tanto los otros tramos son la misma distribución, por lo que se pudo diagnosticar estado de la Sub Base granular de la carretera Dv. Cerro de Pasco – Dv. Chacayan del km 181+000 al km 230+000 con el ensayo de Viga Benkelman, por lo que se aprueba la hipótesis nula y se rechaza la hipótesis alterna.

CAPÍTULO V

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

En base a los resultados obtenidos de las deflexiones realizadas en campo en la sub base granular ejecutado en un sector crítico ubicado entre el Km. 198+000 – 199+000, se acepta la hipótesis alterna en la cual se establece que mediante el ensayo de Viga Benkelman se puede evaluar estructuralmente la sub base granular de la carretera Dv. Cerro de Pasco – Dv. Chacayan del Km 181+000 al Km 230+000 – Pasco – 2023.

Los resultados obtenidos y ensayos realizados guardan relación con la ejecución de la investigación de Ramos (2018) titulada “Evaluación del estado del pavimento por deflectometría e índice de rugosidad internacional de la carretera: Puno – Vilque – Mañazo - 4km críticos – 2015”, quien concluyó que mediante el ensayo de la Viga Benkelman en el pavimento, se obtuvo que las deflexiones características no superan la deflexión admisible. Asimismo (Cubas, 2017) en su investigación titulada “Comportamiento estructural del pavimento flexible en la Vía de Evitamiento Sur – Cajamarca utilizando las deflexiones medidas con la viga Benkelman”, obtuvo una deflexión característica de 125 x 10 mm, mayor que la deflexión admisible llegando a la conclusión de que el pavimento no presenta un adecuado comportamiento estructural y Balarezo (2017) en su tesis “Evaluación estructural usando viga Benkelman aplicada a un pavimento” quien concluyo la viga Benkelman permite conocer el estado de los pavimentos flexibles locales, de manera general estas investigación citadas indican que usaron el equipo de Viga Benkelman para conocer las deflexiones características del pavimento o capas granulares a evaluar, luego realizaron un procesamiento de los datos obtenidos en campo y de esa manera pudieron conocer el estado estructural de las mismas y determinar si las capas encontradas necesitan una rehabilitación o mejoramiento.

Los resultados de las deflexiones en la capa de sub rasante antes de realizar el mejoramiento nos lanzaron valores superiores a la deflexión máxima admisible, por lo cual se ejecutó un mejoramiento de los suelos a

distancias de 1.00m y 0.70m, se volvió a realizar el ensayo de Viga Benkelman sobre el suelo mejorado y se obtuvo resultados favorables y que se encuentran dentro del rango de la deflexión máxima admisible, por lo cual se considera una sub rasante en buen estado y con buenas condiciones.

Los resultados de las deflexiones obtenidas en la capa de la sub base granular a través del ensayo de Viga Benkelman nos lanzaron valores inferiores a la deflexión máxima admisible, por lo cual se indica que es considerada como una capa de sub base granular en buen estado y con buenas condiciones preparada para que se coloque capas de material encima de ella.

CONCLUSIONES

El sector ubicado entre los Km. 198+000 – 199+000 de la carretera Dv Cerro de Pasco, Dv. Chacayan es considerado como zona crítica dentro del tramo a estudiar, generando un potencial de riesgo en la vía transitada.

Los ensayos mediante auscultaciones directas nos permitieron conocer el estado del suelo a evaluar y mediante los resultados de laboratorio (Mecánica de Suelos), se pudo aplicar los criterios de carga admisible, suelos expansivos y baja capacidad de soporte para poder conocer la altura del mejoramiento a ejecutar en la plataforma con terreno de fundación muy pobre.

Después de realizar el mejoramiento de suelos a nivel de subrasante y con los resultados de las alturas a ejecutar, se procedió a realizar la conformación y evaluación deflectométrica de la misma, teniendo valores menores a la deflexión admisible. De la misma manera se realizó el mismo proceso constructivo para la ejecución de la sub base granular y su posterior evaluación deflectométrica, teniendo como resultado deflexiones características menores a la deflexión admisible planteada.

Se deduce que realizando un mejoramiento de suelos en el sector crítico evaluado podemos garantizar una mejora en el comportamiento estructural de las capas que conforman dicho paquete. Se pudo realizar la evaluación estructural de manera satisfactoria y con resultados óptimos para su uso dentro de una carretera.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar un muestreo mediante auscultaciones directas cada cierta longitud para así poder conocer las propiedades físicas de los suelos a evaluar y de esa manera poder realizar los ensayos correspondientes y determinar si se necesita o no de un mejoramiento de suelos.
- Luego de haber realizado los ensayos correspondientes y las medidas de deflexiones mediante la Viga Benkelman, se recomienda que al momento de realizar la compactación de los suelos con el apoyo del rodillo, ésta deba cumplir con la humedad correcta la cual se medirá in situ con el equipo Speedy, para así poder realizar un mejor trabajo y evitar las reparaciones que ocasionarían un sobre trabajo del frente y tiempos muertos del mismo.
- Existen estudios en los cuales se aplican deflectómetros con mayor rapidez en la obtención de resultados y se desarrollan in situ, con un presupuesto accesible se podría mejorar la medición de las deflexiones en los sectores evaluados y así poder tener resultados más óptimos.
- Para el mejoramiento de suelos con alto nivel freático se recomienda realizar o ejecutar un sistema de drenaje que permita drenar el agua de manera satisfactoria, o realizar una separación de capas entre over y material de préstamo mediante el uso de un geotextil no tejido Clase I, con el cual se podrá mejorar la fluidez del agua entre el over y así evitar que los finos ingresen a los espacios vacíos de éstos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alan Neill, D., & Cortéz Suárez, L. (2018). *Procesos y Fundamentos de la Investigación Científica*. Machala - Ecuador: UTMACH.
- Arias, F. (2006). *El Proyecto de Investigación*. Episteme.
- Balarezo, J. (2018). *Evaluación estructural usando Viga Benkelman aplicada a un pavimento* [Tesis de Pregrado, Universidad de Piura].
https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/3135/ICI_241.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Cortez Suaréz, L., & Alan Neil , D. (2017). *Procesos y Fundamentos de la Investigación Científica*. UTMACH.
- Cruz Rubio, O. F., & Ocaña Ortiz, F. A. *Evaluación estructural de Pavimentos flexibles construidos en la localidad de Usme utilizando el Defletometro de Impacto o FWD* [Tesis de Maestría, Universidad Santo Tomás].
<https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/16535/2019freddyocana.pdf?sequence=39&isAllowed=y>
- Cubas, R. B. (2017). *Comportamiento Estructural del Pavimento flexible en la Vía Evitamiento Sur - Cajamarca utilizando las deflexiones medidas con la Viga Benkelman* [Tesis de Pregrado, Universidad Privada del Norte].
<https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/11193/Cubas%20De%20la%20Torre%20%20Rosa%20Beatriz.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Gobierno Regional de Pasco. (2019). *Plan Vial Departamental Participativo de Pasco*
- Chávez Suazo, J. P. (2018). Estudios de Evaluación Estructural de Pavimentos basados en la interpretación de Curvas de Deflexiones. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12996/3346>
- Flores, E. (2021). "Comportamiento estructural de pavimentos flexibles en tramos curvos y rectos, carretera interoceánica tramo Azángaro-San Antón, Puno 2021". Obtenido de: file:///C:/Users/Jhon/Downloads/Flores_HEP-SD.pdf

- Hernández Sampieri, R., Fernandez Collado, C., & Baptista Lucio, M. d. (2014). *Metodología de la Investigación*. Mexico: Interamericana Editores.
- Hernández Sampieri, R., & Fernández Collado, C. y. (s.f.). *Metodología de la Investigación* (Sexta ed.).
- Higuera Sandoval, C. H. (2007). Leyes de comportamiento de la deflexión admisible en pavimentos flexibles. *Revista Facultad de Ingeniería*, 16(22), 7-14.
- Hoffman, M., & Del Aguila, P. (1985). Estudios de Evaluación Estructural de Pavimentos basados en la interpretación de Curvas de Deflexiones.
- Ministerio de Transporte y Comunicaciones. (2008). *Manual de Diseño de Carreteras No Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito*. Lima.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2013). *Manual de Carreteras*.
- Montoya Goicochea, J. (2013). *Análisis del IRI para un Proyecto de Carretera Sinuosa Concesionada en el Perú*. Universidad de Piura.
- MTC. (2013). *Manual de Carreteras ,Conservación Vial*. Ministerio de Transportes y Comunicaciones.
- Ministerio de Transporte y Comunicaciones. (2019). Manual de carreteras especificaciones técnicas generales para construcción. Obtenido de: [https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/documentos/manuales/MANUALES%20DE%20CARRETERAS%202019/MC-0113%20Especificaciones%20Técnicas%20Generales%20para%20Construcción%20-%20EG-2013%20-%20\(Versi%C3%B3n%20Revisada%20-%20JULIO%202013\).pdf](https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/documentos/manuales/MANUALES%20DE%20CARRETERAS%202019/MC-0113%20Especificaciones%20Técnicas%20Generales%20para%20Construcción%20-%20EG-2013%20-%20(Versi%C3%B3n%20Revisada%20-%20JULIO%202013).pdf)
- Ramos Vilca, W. (2018). *Evaluación del Estado del Pavimento por Defectometría e Índice de Rugosidad Internacional de la Carretera: Puno - Vilque - Mañazo - 4km críticos - 2015*. [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional del Altiplano].

Registro Nacional de Carreteras. (Diciembre de 2019). *RENAC*.
<https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/renac.html>.

Ramos Vilca, W. (2018). *Evaluación del Estado del Pavimento por Defectometría e Índice de Rugosidad Internacional de la Carretera: Puno - Vilque - Mañazo - 4km críticos - 2015*. [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional del Altiplano].

Registro Nacional de Carreteras. (Diciembre de 2019). *RENAC*.
<https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/renac.html>

Resolucion Gerencial Regional N° 136-2019. Obtenido de:
<http://www.regionpasco.gob.pe/wps/transparencia/transparencia-regional/resolucion-gerencial-regional-n-136-2019>

Rodriguez, Z. I. (2018). *Verificacion del Modulo Elastico de Bases Granulares obtenido a través del Deflectómetro de Impacto Liviano (LWD) empleando Celdas de Presión*. [Tesis de Maestría, Pontificia Universidad Católica de Chile].

<https://repositorio.uc.cl/handle/11534/21881>

Veloz, M. A. (2018). *Evaluación y Diseño de Pavimentos por el Método No Destructivo - Georadar (GPR) y Delectómetro de la Antigua Vía a Conocoto*. [Tesis de Pregrado, Universidad Central del Ecuador].

ISP. (2019). Normas APA, séptima edición. Obtenido de: <https://isp2-sfe.inf.d.edu.ar/sitio/wp-content/uploads/2023/02/GUIA-de-citado-normas-APA.pdf>.

COMO CITAR ESTE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Figueroa Malpartida, A. (2023). *Análisis estructural mediante el ensayo de viga benkelman aplicada en la sub base granular de la carretera dv. Cerro de Pasco – dv. Chacayan del km 181+000 al km 230+000, Pasco-2023* [Tesis de pregrado, Universidad de Huánuco]. Repositorio Institucional UDH. <http://...>

ANEXOS

ANEXO 1

MATRIZ DE CONSISTENCIA

“ANÁLISIS ESTRUCTURAL MEDIANTE EL ENSAYO DE VIGA BENKELMAN APLICADA EN LA SUB BASE GRANULAR DE LA CARRETERA DV. CERRO DE PASCO – DV. CHACAYAN DEL KM 181+000 AL KM 230+000, PASCO-2023”.

Tabla 28
Matriz de Consistencia

PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	VARIABLES	METODOLOGIA
<p>Problema Principal ¿Cuál es el análisis estructural mediante el ensayo de Viga Benkelman aplicada en la Sub Base granular de la carretera Dv? Cerro de Pasco – Dv. Chacayan del km 181+000 al km 230+000?</p>	<p>Objetivo Principal Analizar estructuralmente mediante el ensayo de Viga Benkelman la Sub Base granular en la Carretera Dv. Cerro de Pasco – Dv. Chacayan del km 181+000 al km 230+000.</p>	<p>• H1: El análisis estructural mediante el ensayo de Viga Benkelman permite diagnosticar el estado de la Sub Base granular de la carretera Dv. Cerro de Pasco – Dv. Chacayan del km 181+000 al km 230+000.</p> <p>• H0: El análisis estructural mediante el ensayo de Viga Benkelman no permite diagnosticar el estado de la Sub Base granular</p>	<p>Variable Independiente</p> <ul style="list-style-type: none"> • Viga Benkelman <p>Dimensiones:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Determinar la medición • Evaluar los resultados obtenidos. <p>Variable Dependiente</p> <ul style="list-style-type: none"> • Análisis Estructural <p>Dimensiones:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Deflexión característica en 	<p>Nivel de Investigación</p> <ul style="list-style-type: none"> • Explicativo <p>Diseño De La Investigación</p> <ul style="list-style-type: none"> • No experimental • Transeccional, Descriptivo <p>Enfoque De La Investigación</p> <ul style="list-style-type: none"> • Cuantitativo <p>Población</p> <ul style="list-style-type: none"> • 3km (km. 196+000 – 199+000) del tramo de la carretera Dv. Cerro

<p>Problemas específicos</p> <ul style="list-style-type: none"> • ¿Cómo se va determinar la deflexión en la sub base granular de la Carretera Dv. Cerro de Pasco – Dv. Chacayan del km 181+000 al km 230+000? • ¿Cómo determinar los valores admisibles de deflexión de la carretera Dv? Cerro de Pasco – Dv. Chacayan del km 181+000 al km 230+000 en la Sub Base Granular y Subrasante? • ¿Qué deficiencias se pueden encontrar en algunas zonas mediante el uso de la Viga Benkelman y que solución se le puede dar? 	<p>Objetivo Especifico</p> <ul style="list-style-type: none"> • Determinar la deflexión en la sub base granular de la Carretera Dv. Cerro de Pasco – Dv. Chacayan del km 181+000 al km 230+000. • Determinar los valores admisibles de deflexión de la carretera Dv. Cerro de Pasco – Dv. Chacayan del km 181+000 al km 230+000 en la Sub Base Granular y la Subrasante. • Determinar las deficiencias en zonas críticas mediante el uso de Viga Benkelman y proponer un método de solución en la carretera Dv. Cerro de Pasco – Dv. Chacayan del km 181+000 al km 230+000. 	<p>de la carretera Dv. Cerro de Pasco – Dv. Chacayan del km 181+000 al km 230+000.</p>	<p>carretera de primera clase. $D_c = D_m + 1.645xds$</p> <ul style="list-style-type: none"> • Deflexión característica para una confiabilidad del 95%. • Deficiencias en zonas críticas. 	<p>de Pasco – Dv. Chacayan del Km 181+000 al Km 230+000.</p> <p>Muestra</p> <ul style="list-style-type: none"> • La muestra está constituida por el sector del Km. 198+000 – 199+000 debido a que es considerada una zona crítica.
---	---	--	--	--

ANEXO 2

PANEL FOTOGRÁFICO



Excavación de terreno natural para la realización de mejoramiento de suelos a nivel de subrasante.



Colocación de enrocado, luego de realizar la excavación para el mejoramiento de suelos, ayudando a la estabilización de las capas superiores.



Se realiza el acomodo y la compactación del material over (enrocado) con la ayuda en la excavadora sobre oruga.



Colocación de material de sello (conformado por material granular) sobre el enrocado, para así evitar el ingreso de los finos del material de subrasante al enrocado.



Realización de ensayos de laboratorio.



Ensayos de laboratorio para conocer el porcentaje de caras chatas y alargadas que contienen las muestras extraídas.



Tamizado del material fino, para realización del ensayo de equivalente de arena.



Ensayo de Equivalente de Arena.



Ensayo CBR del material, para el conocimiento de la máxima densidad seca y el óptimo contenido de humedad.



Ensayos de Laboratorio para su introducción en la máquina de Los Ángeles.



Ensayo de Abrasión de Los Ángeles.



Conformación de la primera capa de subrasante con el material aprobado, cumpliendo con lo requerido por el manual EG - 2013.



Conformación de la segunda capa de subrasante, batido con material fino para el control de humedad in-situ.



Batido del material de subrasante para su homogenización con la motoniveladora.



Ensayo Deflectométrico en subrasante mediante el uso de Viga Benkelman.



Análisis de valores elevados encontrados en el sector crítico.



Análisis deflectométrico en la subrasante.



Realización del ensayo Speedy para conocer la humedad de la plataforma.



Pesaje del material extraído en el ensayo de densidad de campo y la incorporación del hidruro de carburo en el equipo Speedy.



Agitación del contenido del equipo Speedy para esperar la reacción y así conocer el contenido de humedad de la plataforma.



Conformación de la capa de sub base granular con el material aprobado.



Batido del material de sub base granular para su homogenización con motoniveladora.



Compactación de la sub base granular con rodillo de 20Tn.



Conformación y compactación de sub base granular al nivel indicado por la topografía.



Control de compactación y correcto batido del material de sub base granular in-situ.



Adecuación de los diales para la realización del ensayo de Viga Benkelman en sub base granular.



Ensayo Deflectométrico en Sub base Granular con uso de la Viga Benkelman.



Evaluación de los resultados obtenidos mediante el ensayo de Viga Benkelman.

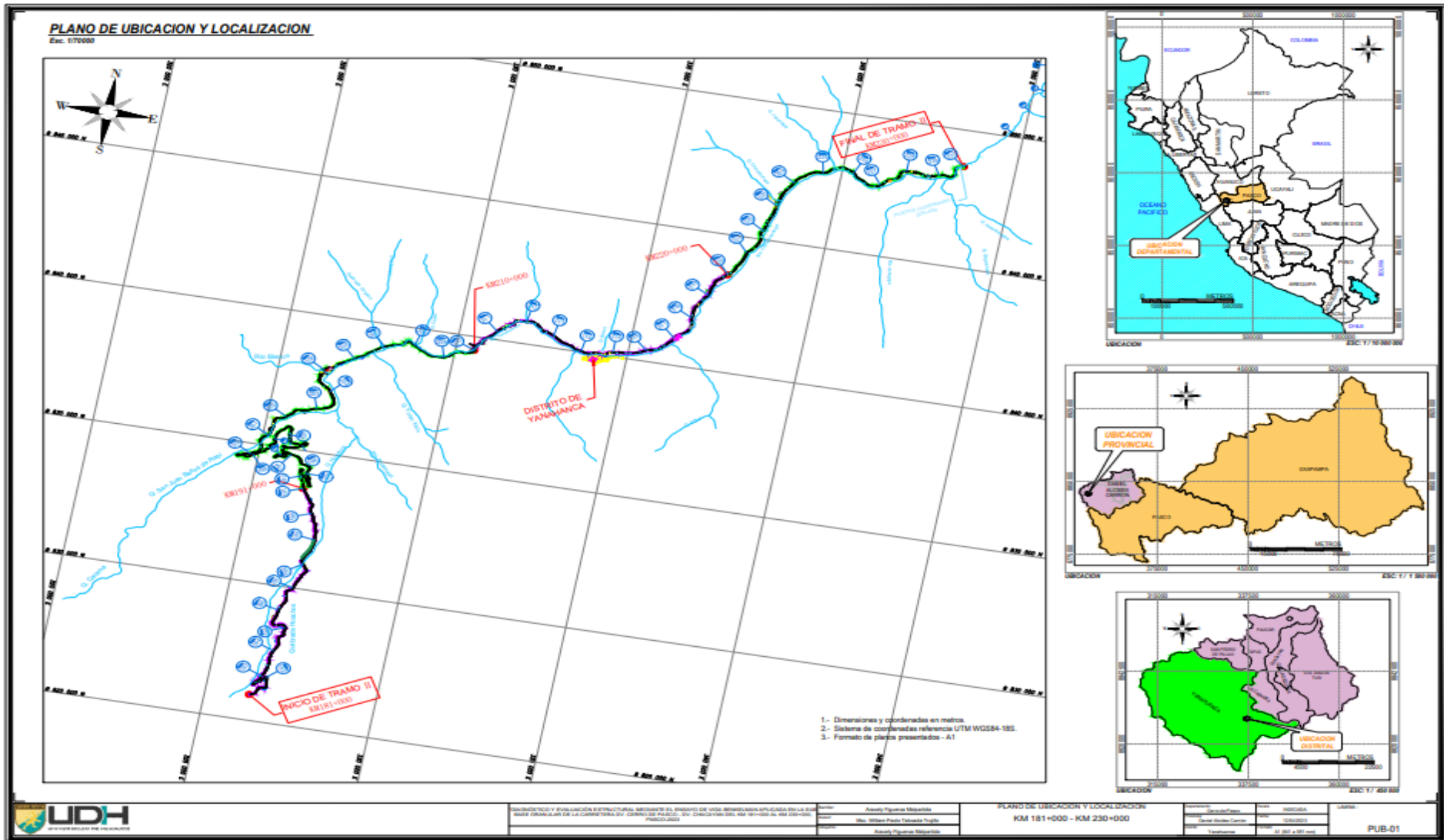


Control de deflexiones al momento de la realización del ensayo deflectométrico.



Obtención de resultados menor a la deflexión admisible requerida para la plataforma.

ANEXO 3
PLANO DE UBICACIÓN



ANEXO 4

CÁLCULO DE LAS DEFLEXIONES ADMISIBLES PARA SUBRASANTE Y SUB BASE GRANULAR

Figura 2
Hoja de Cálculo para determinar deflexiones admisibles

CALCULO DE DEFLEXIONES ADMISIBLES

TRAMO: **Km. 181+000 AL KM. 214+640**

Carga en el eje posterior 8200 Kg
Numero de Llantas 4

1.1 CARACTERISTICAS GEOTECNICA: CAPAS PAVIMENTO

Se considera según lo indicado en el Expediente Tecnico:

CBRSR	18.50	%	Según CBR, Sector Homogeneo		Esp. Base (hSB)	15.00	cm
CBRB	95.00	%	Según Especificación Técnica		Espesor Carp. (hC)	25.00	cm
					Ejes Equivalentes ESAL (N)	5E+06	

1.2 DATA COMPLEMENTARIA

La Formulacion de trabajo requiere datos como:

Modulo de poisson (μ) = 0.45 s/u
Presion de Inflado = 80 psi

.-La presion que ejerce una llanta del Camion al Pavimento (q) se estima que es la misma Presion de inflado de la llanta.

Carga Contacto (q) = 5.63 Kg/cm²

.- El Radio del Area de contacto de la llanta con el Pavimento (a) se estima que es circular.

q = P/A = 5.7 Kg/cm² P = $\frac{8200}{4}$ = 2050 Kg
a = 10.77 cm

1.3 CONTROL SUBRASANTE

Determinacion del Modulo Resiliente

Mr = 16534.11 psi
Mr = 1162.46 Kg/cm²

Deflexion Elastica

$$W_o = 2 * \left(1 - \frac{\mu^2}{E} \right) * q * a$$

Wo ---- Deflexion (mm)
 μ ----- Modulo de Poissón (s/u)
E ----- Módulo Resiliente (Kg/cm²)
q ----- Carga Aplicada (Kg/cm²)
a ----- Radio del Area de Contacto (cm)

Wo = 0.83 mm

Para el control de obra, se corrige la deflexión calculada con una desviación estándar que absorbe las variabilidades de construcción e incertidumbre de los materiales.
Se asume inicialmente una desviación estandar (s) de 20 x 10⁻² mm para confiabilidad de 95% (Zr=1.645)

$D_c = W_o + 1.645\sigma$

Dc = 1.16 mm

1.4 CONTROL SUB BASE

Determinacion del Modulo Resiliente

$$Mr = 47112.27 \text{ psi} \quad \longleftrightarrow \quad Mr = 3312.32 \text{ Kg/cm}^2$$

$$ESB = 1672.28 \text{ Kg/cm}^2$$

$$ESB = 2282.90 \text{ Kg/cm}^2$$

$$ESB = 1786.84 \text{ Kg/cm}^2$$

$$Mr = 1672.28 \text{ Kg/cm}^2$$

Deflexion Elastica

$$E1/E2 = 1.4386$$

$$H/a = 1.3933$$

$$W_o = 0.664794 \text{ mm}$$

$$D_c = W_o + 1.6450$$

$$D_c = 0.99 \text{ mm}$$

RESUMEN				
CAPA DE PAVIMENTO	DEFLEXIÒN CARACTERISTICA	UND	DEFLEXION CONTROL	UND
SUB RASANTE (SR)	1.16	MM	1.16	MM
SUB BASE (SB)	0.99	MM	0.99	MM

ANEXO 5

REGISTRO DE TRABAJOS EN CAMPO ANTES DEL MEJORAMIENTO DE SUELOS

Tabla 29

Registro de Campo Km. 198+180 – 198+580 L/D (SECTOR CRITICO) antes del mejoramiento de suelos

SECTOR :		km 198+180 – 198+580								
CAPA :		TERRENO EXISTENTE	D_{ad} $m=$	116	$x 10^{-2}$ mm			RELACION VP:	1:4	
								DIAL:	0.01	
Progresivas (km)	Lecturas (10 ⁻² mm)		Deflexiones sin Corregir (10 ⁻² mm)		Espesor	Temp	RESULTADOS DEFLECTOMÉTRICOS Deflexiones Corregidas		Radio de Curvatura	Cumple
	L ₂₅	L _{max}	D ₀	D ₂₅			D ₀ x 10 ⁻² mm	D ₂₅ x 10 ⁻² mm		
198+180	15	29	116	56	-	-	116	56	52	OK
198+200	16	38	152	88	-	-	152	88	49	NO
198+220	16	36	144	80	-	-	144	80	49	NO
198+240	17	35	140	72	-	-	140	72	46	NO
198+260	14	33	132	76	-	-	132	76	56	NO
198+280	15	35	140	80	-	-	140	80	52	NO
198+300	16	36	144	80	-	-	144	80	49	NO
198+320	16	35	140	76	-	-	140	76	49	NO
198+340	17	37	148	80	-	-	148	80	46	NO
198+360	16	36	144	80	-	-	144	80	49	NO
198+380	16	34	136	72	-	-	136	72	49	NO
198+400	15	33	132	72	-	-	132	72	52	NO
198+420	16	37	148	84	-	-	148	84	49	NO
198+440	16	36	144	80	-	-	144	80	49	NO
198+460	15	36	144	84	-	-	144	84	52	NO
198+480	14	29	116	60	-	-	116	60	56	OK
198+500	14	22	88	32	-	-	88	32	56	OK
198+520	15	27	108	48	-	-	108	48	52	OK
198+540	14	26	104	48	-	-	104	48	56	OK
198+560	14	26	104	48	-	-	104	48	56	OK
198+580	15	25	100	40	-	-	100	40	52	OK

DATOS ESTADÍSTICOS	Promedio	129.71	mm/100
---------------------------	----------	--------	--------

Mínimo	88.0	mm/
o	0	100
Máximo	152.	mm/
Desviación	19.1	mm/
Stand	7	100
Deflexión	154.	mm/
Caract	63	100
Deflexión	116.	mm/
Admisible	00	100

DEFLECTOGRAMA
 Carretera: Mejoramiento De La Carretera Oyón - Ambo
 Tramo II: km 181+000 - km 230+000 Sector: Dv. Cerro De Pasco - Dv. Chacayán
 Terreno Existente - Carril Derecho

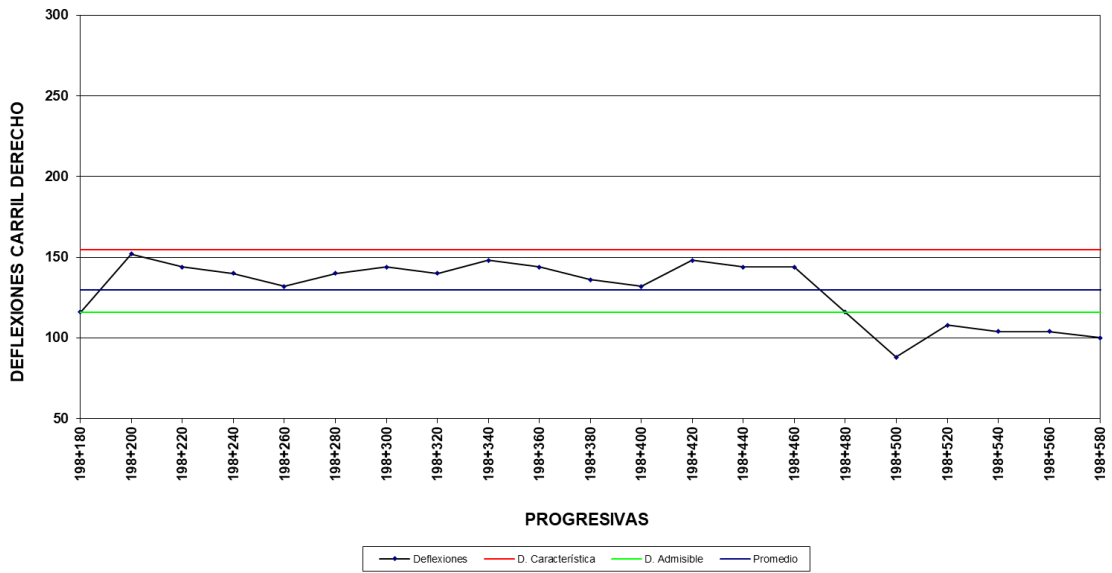


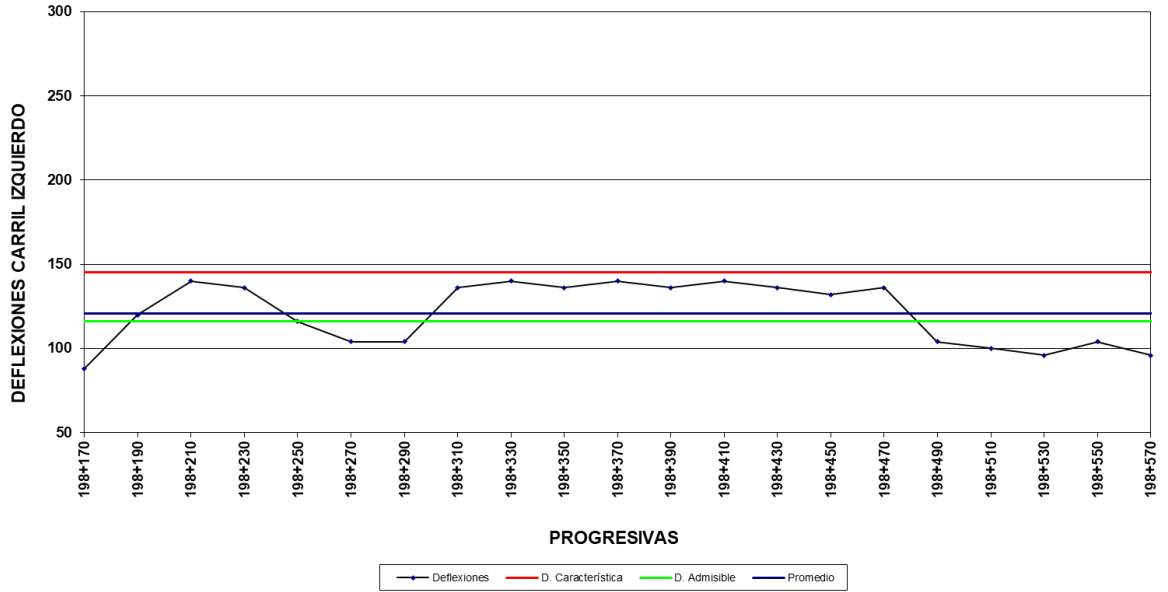
Tabla 30

Registro de Campo Km. 198+180 – 198+580 L/I (SECTOR CRITICO) antes del mejoramiento de suelos

SECTOR : km 198+170 - 198+570							RELACION VP: 1:4			
CAPA : TERRENO EXISTENTE		D_{adm}= 116	x 10 ⁻² mm			DIAL: 0.01				
Progresivas (km)	Lecturas (10 ⁻² mm)		Deflexiones sin Corregir (10 ⁻² mm)		Espesor	Temp	RESULTADOS DEFLECTOMÉTRICOS Deflexiones Corregidas		Radio de Curvatura	Cumple
	L ₂₅	L _{max}	D ₀	D ₂₅			D ₀ x 10 ⁻² mm	D ₂₅ x 10 ⁻² mm		
198+170	14	22	88	32	-	-	88	32	56	OK
198+190	15	30	120	60	-	-	120	60	52	NO
198+210	15	35	140	80	-	-	140	80	52	NO
198+230	14	34	136	80	-	-	136	80	56	NO
198+250	15	29	116	56	-	-	116	56	52	OK
198+270	14	26	104	48	-	-	104	48	56	OK
198+290	14	26	104	48	-	-	104	48	56	OK
198+310	15	34	136	76	-	-	136	76	52	NO
198+330	14	35	140	84	-	-	140	84	56	NO
198+350	15	34	136	76	-	-	136	76	52	NO
198+370	16	35	140	76	-	-	140	76	49	NO
198+390	15	34	136	76	-	-	136	76	52	NO
198+410	15	35	140	80	-	-	140	80	52	NO
198+430	14	34	136	80	-	-	136	80	56	NO
198+450	15	33	132	72	-	-	132	72	52	NO
198+470	14	34	136	80	-	-	136	80	56	NO
198+490	14	26	104	48	-	-	104	48	56	OK
198+510	13	25	100	48	-	-	100	48	60	OK
198+530	16	24	96	32	-	-	96	32	49	OK
198+550	15	26	104	44	-	-	104	44	52	OK
198+570	15	24	96	36	-	-	96	36	52	OK

DATOS ESTADÍSTICOS		Promedio	120.95	mm/100
		Mínimo	88.00	mm/100
		Máximo	140.00	mm/100
		Desviación Stand	18.54	mm/100
		Deflexión Caract	145.06	mm/100
		Deflexión Admisible	116.00	mm/100

DEFLECTOGRAMA
Carretera: Mejoramiento De La Carretera Oyón - Ambo
Tramo II: km 181+000 - km 230+000 Sector: Dv. Cerro De Pasco - Dv. Chacayán
Terreno Existente - Carril Izquierdo



ANEXO 6

RESULTADOS DE LABORATORIO DE LAS MUESTRAS EXTRAÍDAS PARA EL MEJORAMIENTO DE SUELOS

Figura 18

Ensayo de Análisis Granulométrico C-1

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D422 - MTC E107 - MTC E204 - ASTM C136)			
PROCEDENCIA : PLATAFORMA	TAMANO MÁXIMO : N° 8	N° REGISTRO : -	
UBICACIÓN : KM. 198+200	LADO : IZQ	FECHA DE ENSAYO :	
MATERIAL : TERRENO EXISTENTE	CALICATA : C-01	REALIZADO : A.F.M	
PROFUNDIDAD : 0.00 - 1.50	MUESTRA : M-01		

TAMIZ	AASHTO T-27 (mm)	PESO RETENIDO	PORCENTAJE RETENIDO	RETENIDO ACUMULADO	PORCENTAJE QUE PASA	ESPECIFICACION	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
10"	254.000						
6"	152.400						Peso inicial seco : 1201.0 gr.
5"	127.000						Peso fracción : 1201.0 gr.
4"	101.600						
3"	76.200						Contenido de Humedad (%) : 24.0
2 1/2"	60.350						
2"	50.800						Límite Líquido (LL): 50.1
1 1/2"	38.100						Límite Plástico (LP): 27.7
1"	25.400						Índice Plástico (IP): 22.4
3/4"	19.000						Clasificación (SUCS) : CH
1/2"	12.500						Clasificación (AASHTO) : A-7-6 (15)
3/8"	9.500						Índice de Consistencia : 1.17
1/4"	6.350						
N° 4	4.750						Descripción (AASHTO): MALO
N° 8	2.360				100.0		Descripción (SUCS): Arcilla de alta plasticidad
N° 10	2.000	13.9	1.2	1.2	98.8		
N° 16	1.190						Materia Orgánica : -
N° 20	0.840						
N° 30	0.600						CU : 0.000 CC : 0.000
N° 40	0.425	33.6	2.8	4.0	96.0		
N° 50	0.300						Material > 3" :
N° 80	0.177						Material > N°04 - < 3" : 0.0
N° 100	0.150						Material > N°200 - < N°04 : 12.7
N° 200	0.075	104.8	8.7	12.7	87.3		Material < N°200 : 87.3
< N° 200	FONDO	1048.7	87.3	100.0			

CURVA GRANULOMETRICA

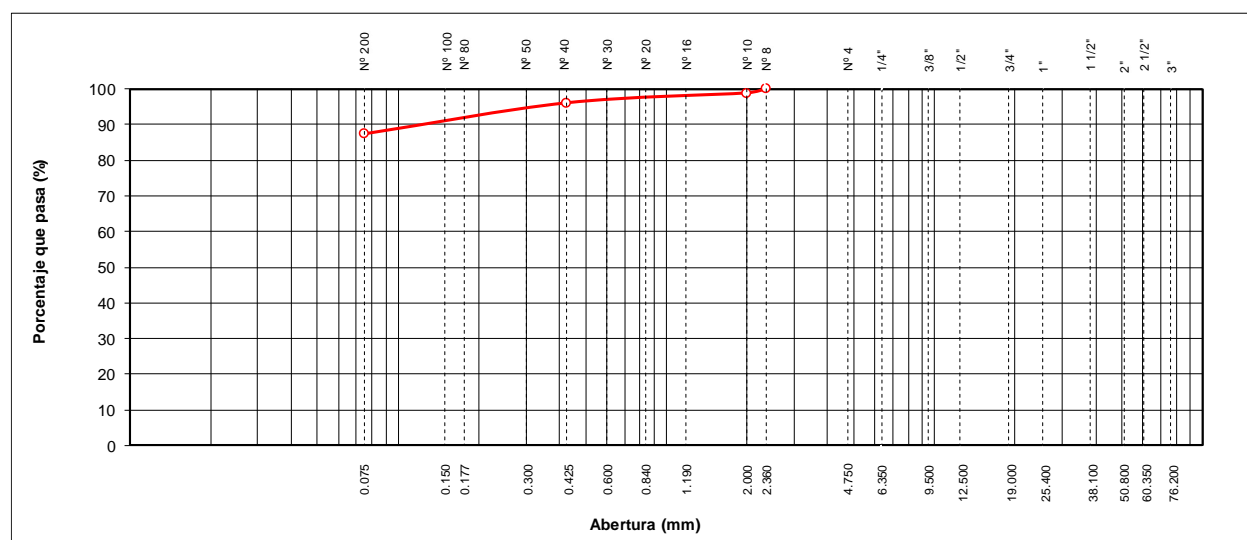


Figura 19

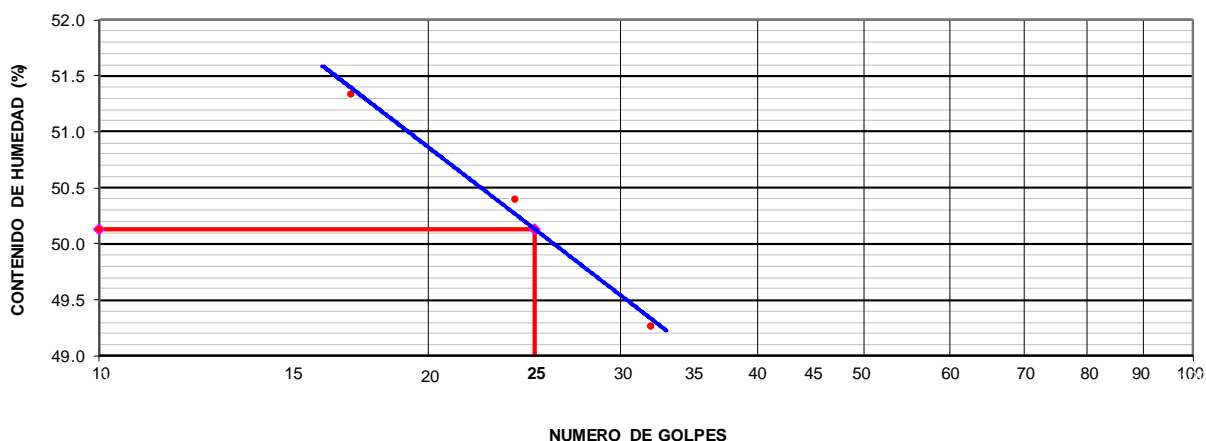
Ensayo de Límites de Consistencia C-1

LIMITES DE CONSISTENCIA - PASANTE MALLA N° 40 (ASTM D 4318)		
PROCEDENCIA : PLATAFORMA	TAMANO MÁXIMO : N° 8	N° REGISTRO : -
UBICACIÓN : KM. 198+200	LADO : IZQ	FECHA DE ENSAYO :
MATERIAL : TERRENO EXISTENTE	CALICATA: C-01	REALIZADO : A.F.M
PROFUNDIDAD : 0.00 - 1.50	MUESTRA: M-01	ING. RESPONSABLE :

LIMITE LIQUIDO (MTC E 110)				
Nº TARRO		101	103	117
PESO TARRO + SUELO HUMEDO (g)		40.77	41.80	40.63
PESO TARRO + SUELO SECO (g)		33.48	34.19	32.92
PESO DE AGUA (g)		7.29	7.61	7.71
PESO DEL TARRO (g)		18.68	19.09	17.90
PESO DEL SUELO SECO (g)		14.80	15.10	15.02
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)		49.26	50.40	51.33
NUMERO DE GOLPES		32	24	17

LIMITE PLASTICO (MTC E 111)				
Nº TARRO		26	28	
PESO TARRO + SUELO HUMEDO (g)		13.35	12.75	
PESO TARRO + SUELO SECO (g)		11.87	11.38	
PESO DE AGUA (g)		1.48	1.37	
PESO DEL TARRO (g)		6.55	6.43	
PESO DEL SUELO SECO (g)		5.32	4.95	
CONTENIDO DE DE HUMEDAD (%)		27.82	27.68	

CONTENIDO DE HUMEDAD A 25 GOLPES



CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA	
LIMITE LIQUIDO	50.1
LIMITE PLASTICO	27.7
INDICE DE PLASTICIDAD	22.4

OBSERVACIONES

Figura 20
Ensayo de Humedad Natural C-1

CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL (ASTM D 2216, MTC E 108)			
PROCEDENCIA : PLATAFORMA	TAMAÑO MAXIMO : Nº 8	Nº REGISTRO : -	
UBICACIÓN : KM. 198+200	LADO : IZQ	FECHA DE ENSAYO :	
MATERIAL : TERRENO EXISTENTE	CALICATA : C-01	REALIZADO : A.F.M	
PROFUNDIDAD : 0.00 - 1.50	MUESTRA : M-01		

Nº DE ENSAYOS	1	2	3
Nº TARA	-		
PESO TARA + SUELO HUMEDO (gr.)	673.0		
PESO TARA + SUELO SECO (gr.)	542.7		
PESO TARA (gr.)	0.0		
PESO AGUA (gr.)	130.3		
PESO SUELO SECO (gr.)	542.7		
CONTENIDO DE HUMEDAD (gr.)	24.01		
PROMEDIO (%)	24.00		

Figura 21
Ensayo de Proctor Modificado C-1

ENSAYO PROCTOR MODIFICADO (ASTM D-1557, MTC-115)		
PROCEDENCIA : PLATAFORMA	TAMAÑO MAXIMO : N° 8	N° REGISTRO : -
UBICACIÓN : KM. 198+200	LADO : IZQ	FECHA DE ENSAYO :
MATERIAL : TERRENO EXISTENTE	CALICATA: C-01	REALIZADO : A.F.M
PROFUNDIDAD : 0.00 - 1.50	MUESTRA: M-01	ING. RESPONSABLE :

METODO "A"						
NUMERO DE ENSAYO		1	2	3	4	5
PESO MOLDE + SUELO HUMEDO	gr	5856	5959	6023	6015	
PESO MOLDE	gr	3925	3925	3925	3925	
PESO SUELO HUMEDO COMPACTADO	gr	1931	2034	2098	2090	
VOLUMEN MOLDE	cm ³	956	956	956	956	
DENSIDAD SUELO HUMEDO	gr/cm ³	2.020	2.128	2.195	2.186	
N° TARA		-	-	-	-	
PESO TARA + SUELO HUMEDO	gr	488.4	502.0	529.3	417.5	
PESO TARA + SUELO SECO	gr	435.7	440.4	456.3	353.5	
PESO TARA	gr	0.00	0.00	0.00	0.00	
PESO AGUA	gr	52.70	61.60	73.00	64.00	
PESO SUELO SECO	gr	435.70	440.40	456.30	353.50	
CONTENIDO DE HUMEDAD	%	12.10	13.99	16.00	18.10	
DENSIDAD SUELO SECO	gr/cm ³	1.802	1.867	1.892	1.851	
					DENSIDAD MAXIMA SECA (gr/cm ³)	1.892
					OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	15.9

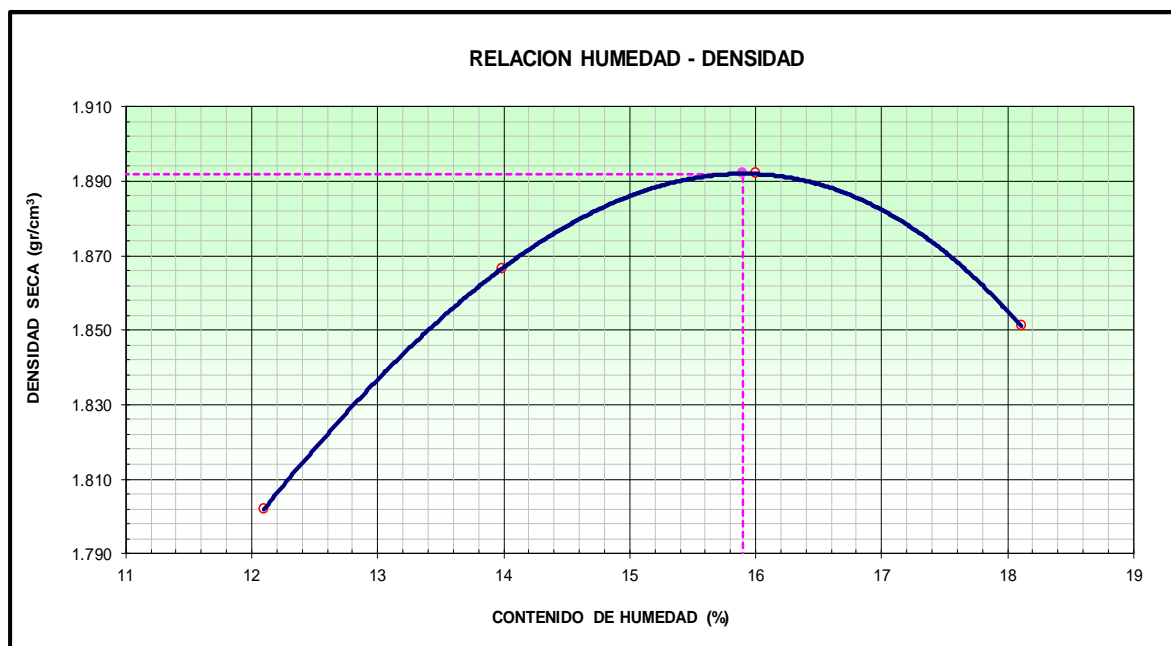


Figura 22
Ensayo de CBR C-1

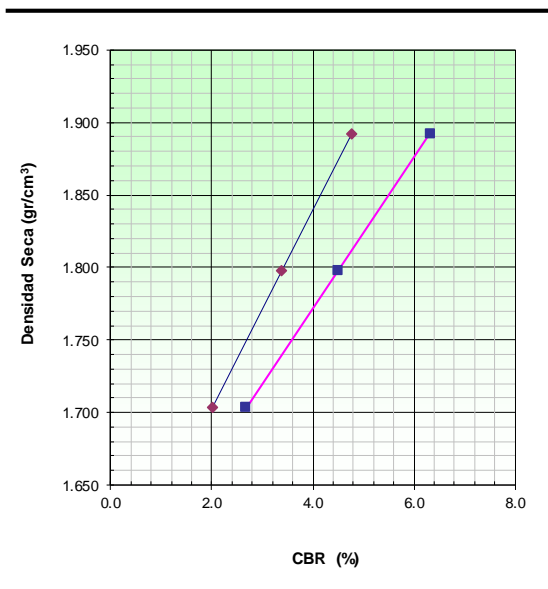
RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA - C.B.R. (ASTM D 1883 - MTC E 132)														
PROCEDENCIA : PLATAFORMA				TAMAÑO MAXIMO : N° 8				N° REGISTRO : -						
UBICACIÓN : KM. 198+200				LADO : IZQ				FECHA DE ENSAYO :						
MATERIAL : TERRENO EXISTENTE				CALICATA: C-01				REALIZADO : A.F.M						
PROFUNDIDAD : 0.00 - 1.50				MUESTRA: M-01										
MOLDEO														
Molde N°	17				35				62					
Capas N°	5				5				5					
Golpes por capa N°	56				25				12					
Condición de la muestra	NO SATURADO		SATURADO		NO SATURADO		SATURADO		NO SATURADO		SATURADO			
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	12510				12260				12237					
Peso de molde (g)	7856				7827				8060					
Peso del suelo húmedo (g)	4654				4433				4177					
Volumen del molde (cm ³)	2122				2126				2116					
Densidad húmeda (g/cm ³)	2.193				2.085				1.974					
Tara (N°)														
Peso suelo húmedo + tara (g)	448.3				601.3				508.9					
Peso suelo seco + tara (g)	386.8				518.4				439.1					
Peso de tara (g)														
Peso de agua (g)	61.50				82.90				69.80					
Peso de suelo seco (g)	386.80				518.40				439.10					
Contenido de humedad (%)	15.90				15.99				15.90					
Densidad seca (g/cm ³)	1.892				1.798				1.703					
EXPANSION														
FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION				
				mm	%		mm	%		mm	%			
23/01/2023	09:20	0	0.0	0.000	0.00	0.0	0.000	0.00	0.0	0.000	0.00			
24/01/2023	09:26	24	220.0	5.588	4.80	262.0	6.655	5.72	318.0	8.077	6.94			
25/01/2023	09:32	48	296.0	7.518	6.46	349.0	8.865	7.62	420.0	10.668	9.16			
26/01/2023	09:38	72	338.0	8.585	7.38	408.0	10.363	8.90	490.0	12.446	10.69			
27/01/2023	09:44	84	339.0	8.611	7.40	410.0	10.414	8.95	493.0	12.522	10.76			
PENETRACION														
PENETRACION	CARGA	STAND.	MOLDE N° 17				MOLDE N° 35				MOLDE N° 62			
			CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
			mm	Pulg	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg
0.00	0.000		0.0				0.0				0.0			
0.63	0.025		12.9				8.2				5.4			
1.27	0.050		31.2				22.0				13.0			
1.90	0.075		49.3				34.3				20.6			
2.54	0.100	70.5	65.5	67.9	4.8		46.8	48.2	3.4		27.8	28.6	2.0	
3.81	0.150		100.9				71.8				42.3			
5.08	0.200	105.7	137.0	134.8	6.3		98.0	95.9	4.5		58.6	57.1	2.7	
7.62	0.300		201.1				142.3				84.8			
10.16	0.400		232.2				164.8				98.4			
12.70	0.500		275.8				194.5				115.5			

RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA - C.B.R.
(ASTM D 1883 - MTC E 132)

PROCEDENCIA : PLATAFORMA
UBICACIÓN : KM. 198+200
MATERIAL : TERRENO EXISTENTE
PROFUNDIDAD : 0.00 - 1.50

TAMAÑO MAXIMO : N° 8
LADO : IZQ
CALICATA : C-01
MUESTRA : M-01

N° REGISTRO : -
FECHA DE ENSAYO :
REALIZADO : A.F.M

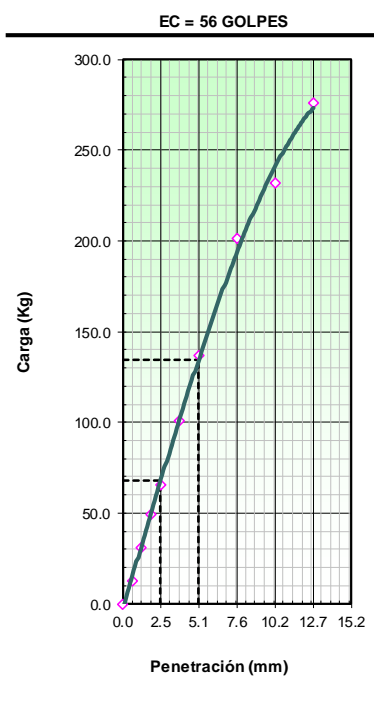


METODO DE COMPACTACION : ASTM D1557
MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm3) : 1.892
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) : 15.9
95% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm3) : 1.797
DENSIDAD INSITU (g/cm3) : -

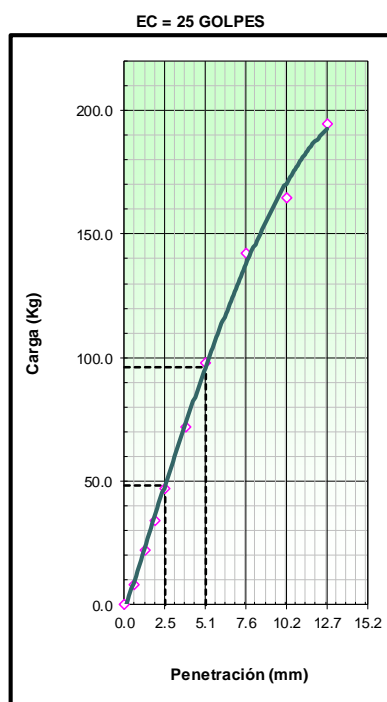
C.B.R. al 100% de M.D.S. (%)	0.1" : 4.8	0.2" : 6.3
C.B.R. al 95% de M.D.S. (%)	0.1" : 3.4	0.2" : 4.5

RESULTADOS CBR a 0.1":
Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. = 3.4 (%)

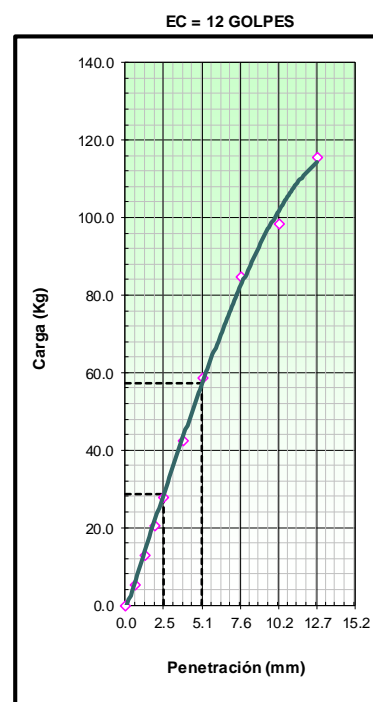
OBSERVACIONES:



CBR (0.1")	4.8%
CBR (0.2")	6.3%



CBR (0.1")	3.4%
CBR (0.2")	4.5%



CBR (0.1")	2.0%
CBR (0.2")	2.7%

Figura 33
Ensayo de Análisis Granulométrico C-2

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D422 - MTC E107 - MTC E204 - ASTM C136)		
PROCEDENCIA : PLATAFORMA	TAMANO MÁXIMO : Nº 8	Nº REGISTRO : -
UBICACIÓN : KM. 198+250	LADO : DER	FECHA DE ENSAYO :
MATERIAL : TERRENO EXISTENTE	CALICATA: C-02	REALIZADO : A.F.M
PROFUNDIDAD : 0.00 - 1.50	MUESTRA: M-01	

TAMIZ	AASHTO T-27	PESO	PORCENTAJE	RETENIDO	PORCENTAJE	ESPECIFICACION	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
	(mm)	RETENIDO	RETENIDO	ACUMULADO	QUE PASA		
10"	254.000						
6"	152.400						Peso inicial seco : 1136.0 gr.
5"	127.000						Peso fracción : 1136.0 gr.
4"	101.600						
3"	76.200						Contenido de Humedad (%) : 22.8
2 1/2"	60.350						
2"	50.800						Límite Líquido (LL): 50.3
1 1/2"	38.100						Límite Plástico (LP): 27.4
1"	25.400						Índice Plástico (IP): 22.9
3/4"	19.000						Clasificación (SUCS) : CH
1/2"	12.500						Clasificación (AASHTO) : A-7-6 (15)
3/8"	9.500						Índice de Consistencia : 1.20
1/4"	6.350						
Nº 4	4.750						Descripción (AASHTO): MALO
Nº 8	2.360				100.0		Descripción (SUCS): Arcilla de alta plasticidad
Nº 10	2.000	11.4	1.0	1.0	99.0		
Nº 16	1.190						Materia Orgánica : -
Nº 20	0.840						
Nº 30	0.600						CU : 0.000 CC : 0.000
Nº 40	0.425	27.3	2.4	3.4	96.6		
Nº 50	0.300						Material > 3" :
Nº 80	0.177						Material > Nº04 - < 3" : 0.0
Nº 100	0.150						Material > Nº200 - < Nº04 : 11.8
Nº 200	0.075	95.4	8.4	11.8	88.2		Material < Nº200 : 88.2
< Nº 200	FONDO	1001.9	88.2	100.0			

CURVA GRANULOMETRICA

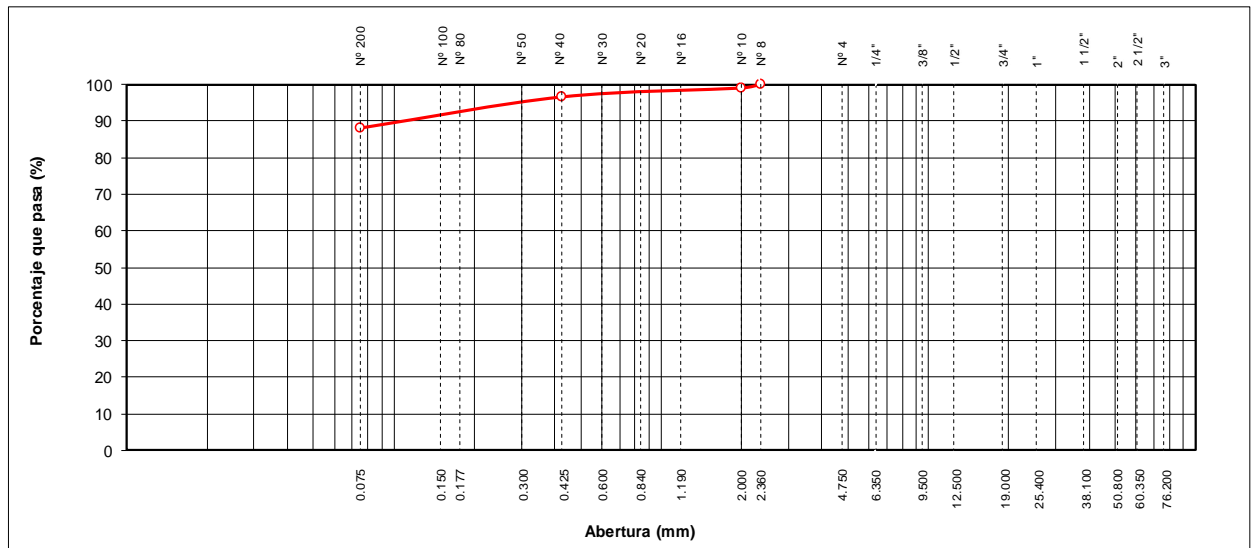


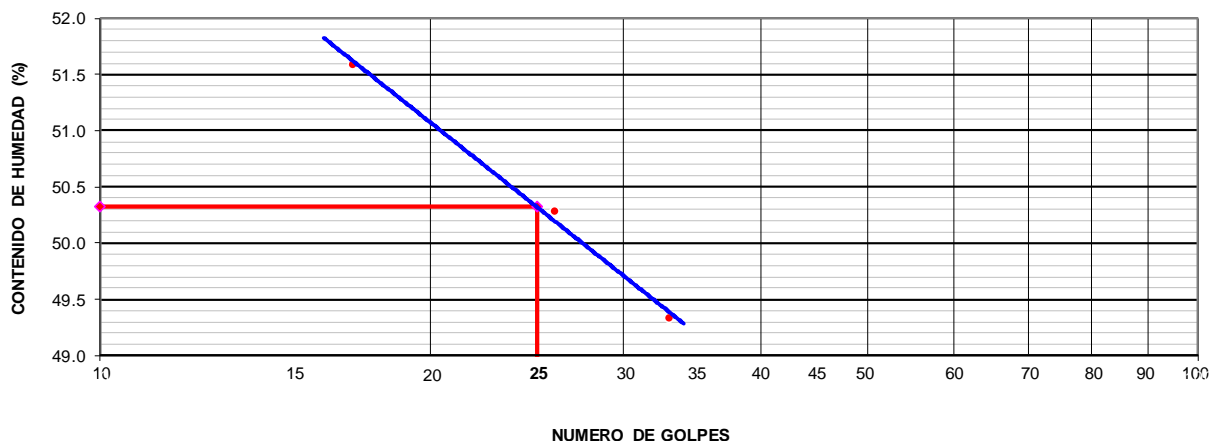
Figura 24
Ensayo de Límites de Consistencia C-2

LÍMITES DE CONSISTENCIA - PASANTE MALLA N° 40 (ASTM D 4318)		
PROCEDENCIA : PLATAFORMA	TAMANO MÁXIMO : N° 8	N° REGISTRO : -
UBICACIÓN 9 KM. 198+250	LADO : DER	FECHA DE ENSAYO :
MATERIAL : TERRENO EXISTENTE	CALICATA: C-02	REALIZADO : A.F.M
PROFUNDIDAD : 0.00 - 1.50	MUESTRA: M-01	

LÍMITE LIQUIDO (MTC E 110)				
N° TARRO		21	22	27
PESO TARRO + SUELO HUMEDO (g)		43.74	44.59	42.95
PESO TARRO + SUELO SECO (g)		34.96	35.74	34.48
PESO DE AGUA (g)		8.78	8.85	8.47
PESO DEL TARRO (g)		17.16	18.14	18.06
PESO DEL SUELO SECO (g)		17.80	17.60	16.42
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)		49.33	50.28	51.58
NUMERO DE GOLPES		33	26	17

LÍMITE PLASTICO (MTC E 111)				
N° TARRO		18	23	
PESO TARRO + SUELO HUMEDO (g)		14.56	13.91	
PESO TARRO + SUELO SECO (g)		12.85	12.25	
PESO DE AGUA (g)		1.71	1.66	
PESO DEL TARRO (g)		6.58	6.23	
PESO DEL SUELO SECO (g)		6.27	6.02	
CONTENIDO DE DE HUMEDAD (%)		27.27	27.57	

CONTENIDO DE HUMEDAD A 25 GOLPES



CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA	
LÍMITE LIQUIDO	50.3
LÍMITE PLASTICO	27.4
INDICE DE PLASTICIDAD	22.9

OBSERVACIONES

Figura 25*Ensayo de Humedad Natural C-2*

CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL (ASTM D 2216, MTC E 108)			
PROCEDENCIA : PLATAFORMA	TAMAÑO MAXIMO : Nº 8	Nº REGISTRO : -	
UBICACIÓN 91KM. 198+250	LADO : DER	FECHA DE ENSAYO :	
MATERIAL : TERRENO EXISTENTE	CALICATA: C-02	REALIZADO : A.F.M	
PROFUNDIDAD : 0.00 - 1.50	MUESTRA: 0		
Nº DE ENSAYOS	1	2	3
Nº TARA	-		
PESO TARA + SUELO HUMEDO (gr.)	702.4		
PESO TARA + SUELO SECO (gr.)	572.0		
PESO TARA (gr.)	0.0		
PESO AGUA (gr.)	130.4		
PESO SUELO SECO (gr.)	572.0		
CONTENIDO DE HUMEDAD (gr.)	22.80		
PROMEDIO (%)	22.80		

Figura 26
Ensayo de Proctor Modificado C-2

ENSAYO PROCTOR MODIFICADO (ASTM D-1557, MTC-115)		
PROCEDENCIA : PLATAFORMA	TAMAÑO MAXIMO : N° 8	N° REGISTRO : -
UBICACIÓN : KM. 198+250	LADO : DER	
MATERIAL : TERRENO EXISTENTE	CALICATA : C-02	REALIZADO : A.F.M
PROFUNDIDAD : 0.00 - 1.50	MUESTRA : 0	

METODO "A"						
NUMERO DE ENSAYO		1	2	3	4	5
PESO MOLDE + SUELO HUMEDO	gr	5795	5891	5958	5944	
PESO MOLDE	gr	3925	3925	3925	3925	
PESO SUELO HUMEDO COMPACTADO	gr	1870	1966	2033	2019	
VOLUMEN MOLDE	cm ³	956	956	956	956	
DENSIDAD SUELO HUMEDO	gr/cm ³	1.956	2.056	2.127	2.112	
N° TARA		-	-	-	-	
PESO TARA + SUELO HUMEDO	gr	460.0	482.9	477.6	511.1	
PESO TARA + SUELO SECO	gr	407.8	420.3	408.2	430.2	
PESO TARA	gr	0.00	0.00	0.00	0.00	
PESO AGUA	gr	52.20	62.60	69.40	80.90	
PESO SUELO SECO	gr	407.80	420.30	408.20	430.20	
CONTENIDO DE HUMEDAD	%	12.80	14.89	17.00	18.81	
DENSIDAD SUELO SECO	gr/cm ³	1.734	1.790	1.818	1.778	
					DENSIDAD MAXIMA SECA (gr/cm ³)	1.818
					OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	16.9

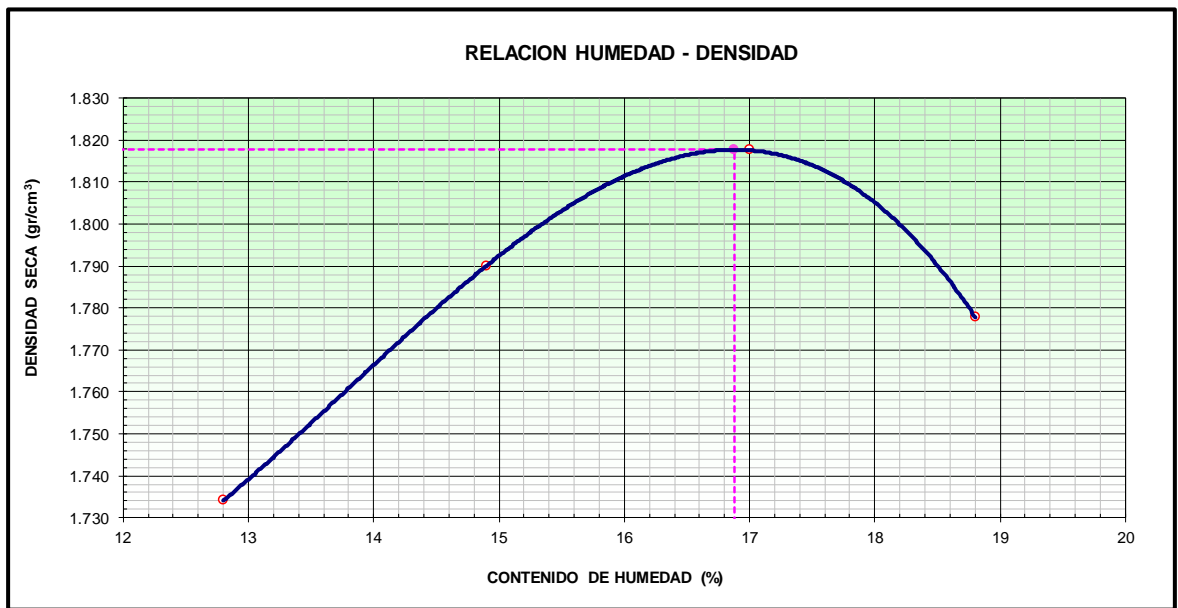


Figura 27
Ensayo de CBR C-2

RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA - C.B.R.
 (ASTM D 1883 - MTC E 132)

PROCEDENCIA : PLATAFORMA TAMAÑO MAXIMO : N° 8 N° REGISTRO : -
 UBICACIÓN : KM. 198+250 LADO :
 MATERIAL : TERRENO EXISTENTE CALICATA: C-02 A.F.M A.F.M
 PROFUNDIDAD : 0.00 - 1.50

MOLDEO						
Molde N°	52		54		60	
Capas N°	5		5		5	
Golpes por capa N°	56		25		12	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	12624		12271		12143	
Peso de molde (g)	8040		7980		8095	
Peso del suelo húmedo (g)	4584		4291		4048	
Volumen del molde (cm ³)	2161		2125		2119	
Densidad húmeda (g/cm ³)	2.121		2.019		1.910	
Tara (N°)						
Peso suelo húmedo + tara (g)	506.6		485.4		499.0	
Peso suelo seco + tara (g)	434.1		415.2		427.2	
Peso de tara (g)						
Peso de agua (g)	72.50		70.20		71.80	
Peso de suelo seco (g)	434.10		415.20		427.20	
Contenido de humedad (%)	16.70		16.91		16.81	
Densidad seca (g/cm ³)	1.818		1.727		1.635	

EXPANSION											
FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
23/01/2023	09:20	0	0.0	0.000	0.00	0.0	0.000	0.00	0.0	0.000	0.00
24/01/2023	09:26	24	236.0	5.994	5.15	275.0	6.985	6.00	329.0	8.357	7.18
25/01/2023	09:32	48	316.0	8.026	6.90	370.0	9.398	8.07	431.0	10.947	9.40
26/01/2023	09:38	72	356.0	9.042	7.77	433.0	10.998	9.45	510.0	12.954	11.13
27/01/2023	09:44	84	356.0	9.042	7.77	435.0	11.049	9.49	512.0	13.005	11.17

PENETRACION															
PENETRACION		CARGA STAND.	MOLDE N° 52				MOLDE N° 54				MOLDE N° 60				
			CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		
			mm	Pulg	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg
0.00	0.000			0.0					0.0				0.0		
0.63	0.025			11.9					7.7				4.4		
1.27	0.050			28.5					18.2				10.6		
1.90	0.075			45.3					31.2				17.1		
2.54	0.100	70.5		59.8	62.2	4.4		40.1	41.9	2.9		22.4	23.5	1.7	
3.81	0.150			92.9				63.1				35.3			
5.08	0.200	105.7		126.0	124.2	5.8		85.2	84.2	3.9		47.9	47.1	2.2	
7.62	0.300			186.1				126.6				70.7			
10.16	0.400			215.3				147.0				81.7			
12.70	0.500			255.3				173.9				96.9			

RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA - C.B.R.
(ASTM D 1883 - MTC E 132)

PROCEDENCIA : PLATAFORMA

TAMAÑO MAXIMO : N° 8

N° REGISTRO : -

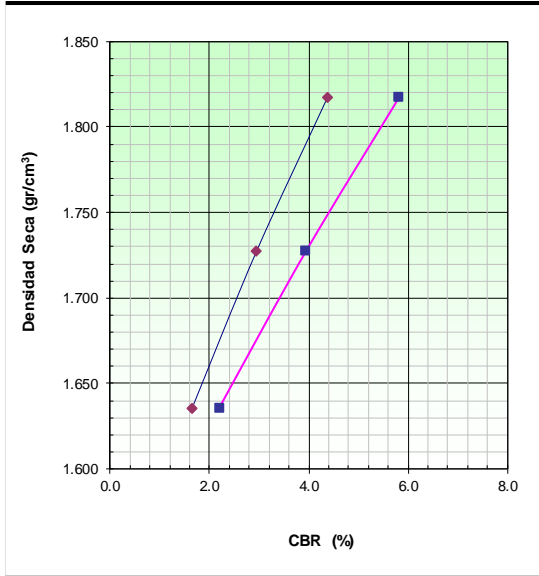
UBICACIÓN 198 KM. 198+250

MATERIAL : TERRENO EXISTENTE

CALICATA: C-02

A.F.M A.F.M

PROFUNDIDAD : 0.00 - 1.50



METODO DE COMPACTACION : ASTM D1557
 MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm3) : 1.818
 OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) : 16.9
 95% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm3) : 1.727
 DENSIDAD INSITU (g/cm3) : -

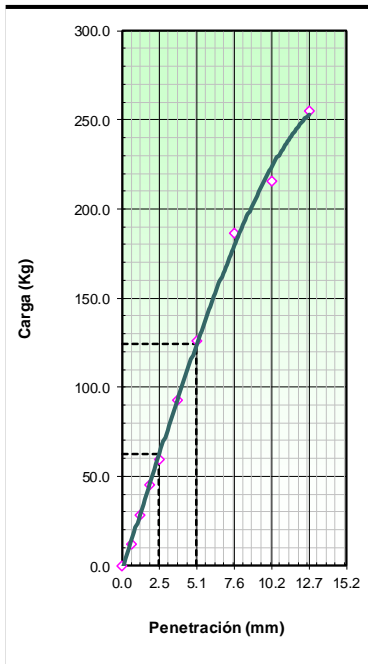
C.B.R. al 100% de M.D.S. (%)	0.1" : 4.4	0.2" : 5.8
C.B.R. al 95% de M.D.S. (%)	0.1" : 2.9	0.2" : 3.9

RESULTADOS CBR a 0.1":

Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. = 2.9 (%)

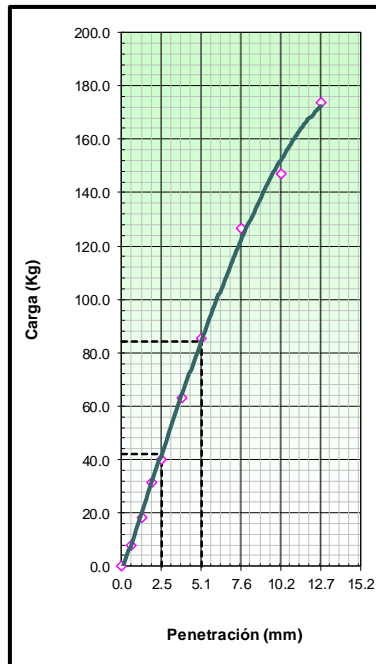
OBSERVACIONES:

EC = 56 GOLPES



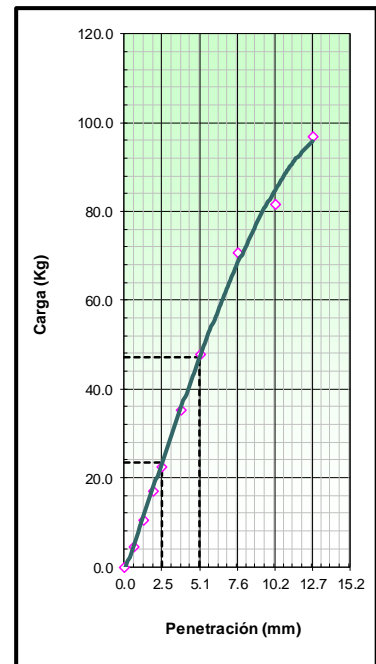
CBR (0.1")	4.4%
CBR (0.2")	5.8%

EC = 25 GOLPES



CBR (0.1")	2.9%
CBR (0.2")	3.9%

EC = 12 GOLPES



CBR (0.1")	1.7%
CBR (0.2")	2.2%

Figura 28
Ensayo de Análisis Granulométrico C-3

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D422 - MTC E107 - MTC E204 - ASTM C136)		
PROCEDENCIA : PLATAFORMA	TAMANO MÁXIMO : 2"	N° REGISTRO : -
UBICACIÓN : KM. 198+300	LADO : IZQ	FECHA DE ENSAYO :
MATERIAL : TERRENO EXISTENTE	CALICATA: C-03	REALIZADO : A.F.M
PROFUNDIDAD : 0.00 - 1.50	MUESTRA: M-01	

TAMIZ	AASHTO T-27 (mm)	PESO RETENIDO	PORCENTAJE RETENIDO	RETENIDO ACUMULADO	PORCENTAJE QUE PASA	ESPECIFICACION	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
10"	254.000						
6"	152.400						Peso inicial seco : 12892.0 gr.
5"	127.000						Peso fracción : 628.0 gr.
4"	101.600						
3"	76.200						Contenido de Humedad (%) : 16.4
2 1/2"	60.350						
2"	50.800				100.0		Límite Líquido (LL): 43.3
1 1/2"	38.100	1327.0	10.3	10.3	89.7		Límite Plástico (LP): 22.7
1"	25.400	1121.0	8.7	19.0	81.0		Índice Plástico (IP): 20.6
3/4"	19.000	979.0	7.6	26.6	73.4		Clasificación (SUCS) : GC
1/2"	12.500	1199.0	9.3	35.9	64.1		Clasificación (AASHTO) : A-2-7 (2)
3/8"	9.500	554.0	4.3	40.2	59.8		Índice de Consistencia : 1.31
1/4"	6.350						
Nº 4	4.750	1018.0	7.9	48.1	51.9		Descripción (AASHTO): REGULAR
Nº 8	2.360						Descripción (SUCS): Grava arcillosa con arena
Nº 10	2.000	70.2	5.8	53.9	46.1		
Nº 16	1.190						Materia Orgánica : -
Nº 20	0.840						
Nº 30	0.600						CU : 0.000 CC : 0.000
Nº 40	0.425	73.8	6.1	60.0	40.0		
Nº 50	0.300						Material > 3" :
Nº 80	0.177						Material > N°04 - < 3" : 48.1
Nº 100	0.150						Material > N°200 - < N°04 : 16.8
Nº 200	0.075	59.3	4.9	64.9	35.1		Material < N°200 : 35.1
< Nº 200	FONDO	424.7	35.1	100.0			

CURVA GRANULOMETRICA

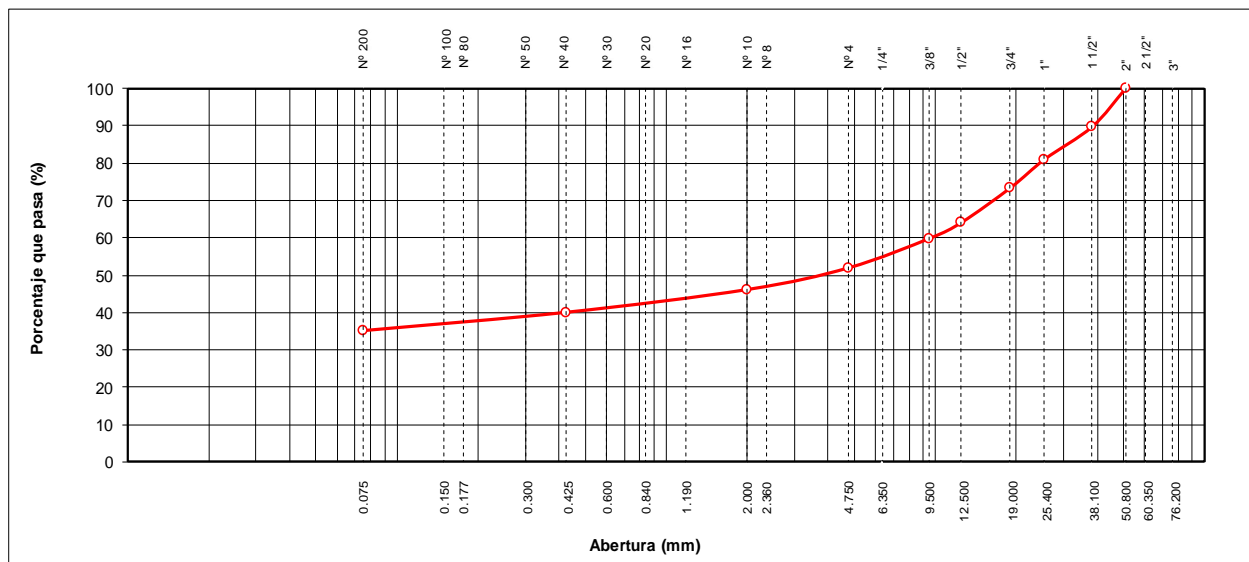


Figura 29
Ensayo de Límites de Consistencia C-3

LIMITES DE CONSISTENCIA - PASANTE MALLA N° 40 (ASTM D 4318)		
PROCEDENCIA : PLATAFORMA	TAMANO MÁXIMO : 2"	N° REGISTRO : -
UBICACIÓN 9: KM. 198+300	LADO : IZQ	FECHA DE ENSAYO :
MATERIAL : TERRENO EXISTENTE	CALICATA: C-03	REALIZADO : A.F.M
PROFUNDIDAD : 0.00 - 1.50	MUESTRA: M-01	

LIMITE LIQUIDO (MTC E 110)					
Nº TARRO		20	24	27	
PESO TARRO + SUELO HUMEDO	(g)	46.34	45.66	47.38	
PESO TARRO + SUELO SECO	(g)	38.03	37.40	38.21	
PESO DE AGUA	(g)	8.31	8.26	9.17	
PESO DEL TARRO	(g)	18.09	18.20	18.06	
PESO DEL SUELO SECO	(g)	19.94	19.20	20.15	
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	41.68	43.02	45.51	
NUMERO DE GOLPES		30	26	19	

LIMITE PLASTICO (MTC E 111)					
Nº TARRO		15	17		
PESO TARRO + SUELO HUMEDO	(g)	13.90	13.61		
PESO TARRO + SUELO SECO	(g)	12.46	12.28		
PESO DE AGUA	(g)	1.44	1.33		
PESO DEL TARRO	(g)	6.26	6.27		
PESO DEL SUELO SECO	(g)	6.20	6.01		
CONTENIDO DE DE HUMEDAD	(%)	23.23	22.13		

CONTENIDO DE HUMEDAD A 25 GOLPES



CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA	
LIMITE LIQUIDO	43.3
LIMITE PLASTICO	22.7
INDICE DE PLASTICIDAD	20.6

OBSERVACIONES

Figura 30
Ensayo de Humedad Natural C-3

CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL (ASTM D 2216, MTC E 108)			
PROCEDENCIA : PLATAFORMA	TAMAÑO MAXIMO : 2"	N° REGISTRO : -	
UBICACIÓN 9:KM. 198+300	LADO : IZQ	FECHA DE ENSAYO :	
MATERIAL : TERRENO EXISTENTE	CALICATA: C-03	REALIZADO : A.F.M	
PROFUNDIDAD : 0.00 - 1.50	MUESTRA: 0		

N° DE ENSAYOS	1	2	3
N° TARA	-		
PESO TARA + SUELO HUMEDO (gr.)	628.8		
PESO TARA + SUELO SECO (gr.)	540.2		
PESO TARA (gr.)	0.0		
PESO AGUA (gr.)	88.6		
PESO SUELO SECO (gr.)	540.2		
CONTENIDO DE HUMEDAD (gr.)	16.40		
PROMEDIO (%)	16.40		

Figura 31
Ensayo de Proctor Modificado C-3

ENSAYO PROCTOR MODIFICADO (ASTM D-1557, MTC-115)		
PROCEDENCIA : PLATAFORMA	TAMAÑO MAXIMO : 2"	N° REGISTRO : -
UBICACIÓN : KM. 198+300	LADO : IZQ	
MATERIAL : TERRENO EXISTENTE	CALICATA: C-03	REALIZADO : A.F.M
PROFUNDIDAD : 0.00 - 1.50	MUESTRA: 0	

METODO "C"						
NUMERO DE ENSAYO		1	2	3	4	5
PESO MOLDE + SUELO HUMEDO	gr	10979	11165	11278	11267	
PESO MOLDE	gr	6388	6388	6388	6388	
PESO SUELO HUMEDO COMPACTADO	gr	4591	4777	4890	4879	
VOLUMEN MOLDE	cm ³	2108	2108	2108	2108	
DENSIDAD SUELO HUMEDO	gr/cm ³	2.178	2.266	2.320	2.315	
N° TARA		-	-	-	-	
PESO TARA + SUELO HUMEDO	gr	701.6	649.3	670.2	633.3	
PESO TARA + SUELO SECO	gr	656.3	595.7	603.8	560.9	
PESO TARA	gr	0.00	0.00	0.00	0.00	
PESO AGUA	gr	45.30	53.60	66.40	72.40	
PESO SUELO SECO	gr	656.30	595.70	603.80	560.90	
CONTENIDO DE HUMEDAD	%	6.90	9.00	11.00	12.91	
DENSIDAD SUELO SECO	gr/cm ³	2.037	2.079	2.090	2.050	
					DENSIDAD MAXIMA SECA (gr/cm ³)	
					2.091	
					OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	
					10.5	

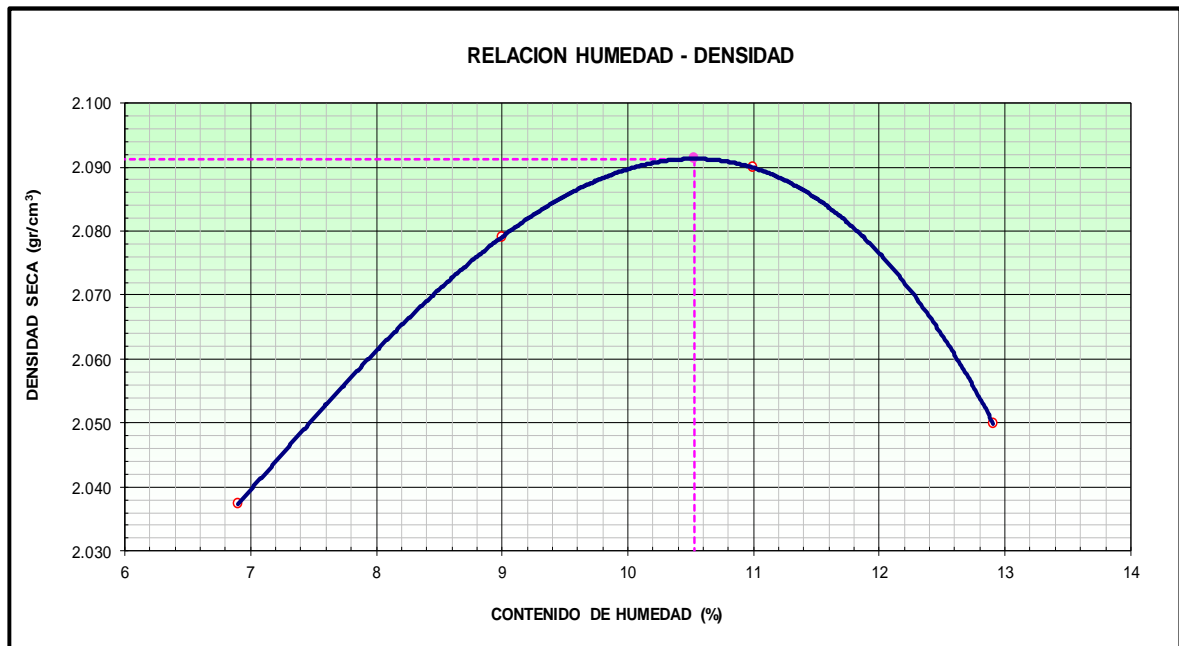


Figura 32
Ensayo CBR C-3

RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA - C.B.R.
 (ASTM D 1883 - MTC E 132)

PROCEDENCIA : PLATAFORMA

TAMAÑO MAXIMO : 2"

N° REGISTRO : -

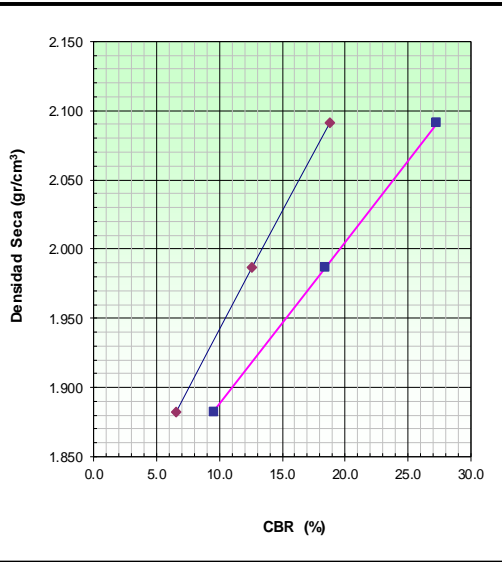
UBICACIÓN 198 KM. 198+300

MATERIAL : TERRENO EXISTENTE

CALICATA: C-03

A.F.M A.F.M

PROFUNDIDAD : 0.00 - 1.50



METODO DE COMPACTACION : ASTM D1557
 MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm3) : 2.091
 OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) : 10.5
 95% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm3) : 1.987
 DENSIDAD INSITU (g/cm3) : -

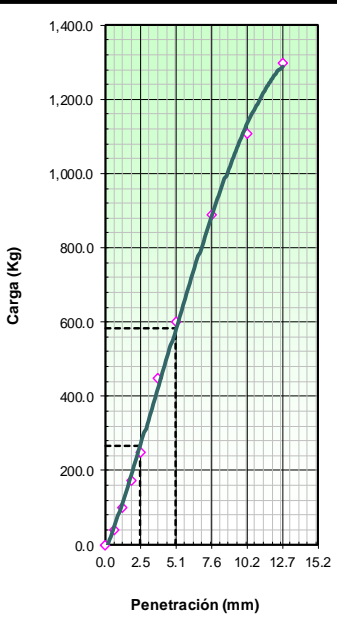
C.B.R. al 100% de M.D.S. (%)	0.1" : 18.8	0.2" : 27.3
C.B.R. al 95% de M.D.S. (%)	0.1" : 12.6	0.2" : 18.5

RESULTADOS CBR a 0.1":

Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. = 12.6 (%)

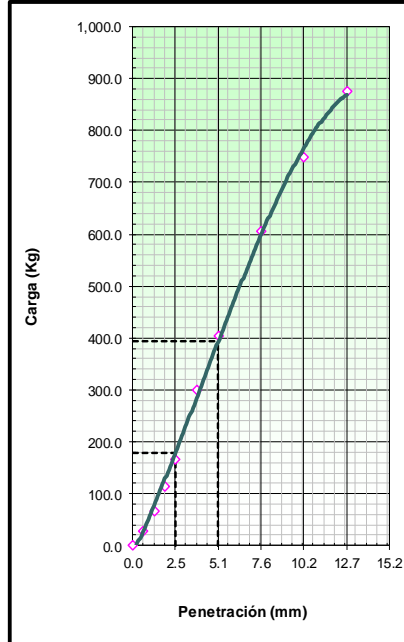
OBSERVACIONES:

EC = 56 GOLPES



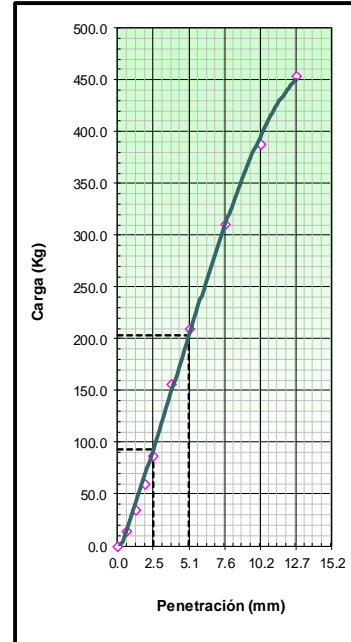
CBR (0.1")	18.8%
CBR (0.2")	27.3%

EC = 25 GOLPES



CBR (0.1")	12.6%
CBR (0.2")	18.4%

EC = 12 GOLPES



CBR (0.1")	6.6%
CBR (0.2")	9.5%

Figura 53
Análisis Granulométrico C-4

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D422 - MTC E107 - MTC E204 - ASTM C136)		
PROCEDENCIA : PLATAFORMA	TAMANO MÁXIMO : 2 1/2"	N° REGISTRO : -
UBICACIÓN : KM. 198+350	LADO : DER	FECHA DE ENSAYO :
MATERIAL : TERRENO EXISTENTE	CALICATA: C-04	REALIZADO : A.F.M
PROFUNDIDAD : 0.00 - 1.50	MUESTRA: M-01	

TAMIZ	AASHTO T-27	PESO	PORCENTAJE	RETENIDO	PORCENTAJE	ESPECIFICACION	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
	(mm)	RETENIDO	RETENIDO	ACUMULADO	QUE PASA		
10"	254.000						
6"	152.400						Peso inicial seco : 18508.0 gr.
5"	127.000						Peso fracción : 644.0 gr.
4"	101.600						
3"	76.200						Contenido de Humedad (%) : 14.8
2 1/2"	60.350				100.0		
2"	50.800	960.0	5.2	5.2	94.8		Límite Líquido (LL): 38.6
1 1/2"	38.100	2196.0	11.9	17.1	82.9		Límite Plástico (LP): 23.2
1"	25.400	1395.0	7.5	24.6	75.4		Índice Plástico (IP): 15.4
3/4"	19.000	1266.0	6.8	31.4	68.6		Clasificación (SUCS) : GC
1/2"	12.500	1515.0	8.2	39.6	60.4		Clasificación (AASHTO) : A-2-6 (1)
3/8"	9.500	753.0	4.1	43.7	56.3		Índice de Consistencia : 1.55
1/4"	6.350						
Nº 4	4.750	1200.0	6.5	50.2	49.8		Descripción (AASHTO): REGULAR
Nº 8	2.360						Descripción (SUCS): Grava arcillosa con arena
Nº 10	2.000	107.0	8.3	58.4	41.6		
Nº 16	1.190						Materia Orgánica : -
Nº 20	0.840						
Nº 30	0.600						CU : 0.000 CC : 0.000
Nº 40	0.425	115.2	8.9	67.4	32.6		
Nº 50	0.300						Material > 3" :
Nº 80	0.177						Material > Nº04 - < 3" : 50.2
Nº 100	0.150						Material > Nº200 - < Nº04 : 24.4
Nº 200	0.075	93.2	7.2	74.6	25.4		Material < Nº200 : 25.4
< Nº 200	FONDO	328.6	25.4	100.0			

CURVA GRANULOMETRICA

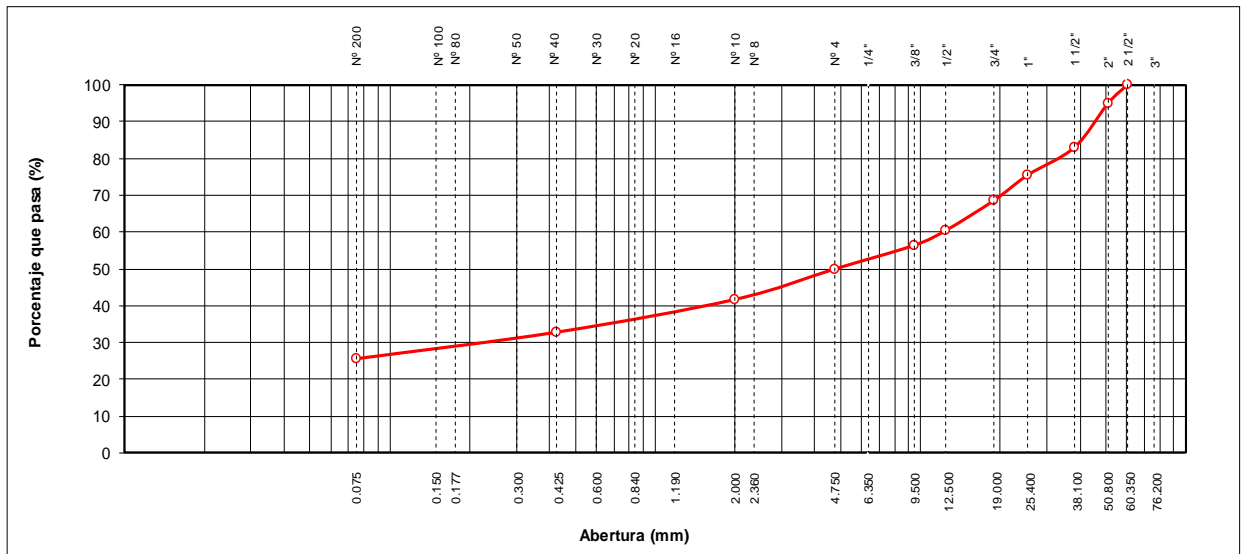


Figura 34
Ensayo de Límites de Consistencia C-4

LÍMITES DE CONSISTENCIA - PASANTE MALLA N° 40 (ASTM D 4318)		
PROCEDENCIA : PLATAFORMA	TAMANO MÁXIMO : 2 1/2"	N° REGISTRO : -
UBICACIÓN : KM. 198+350	LADO : DER	FECHA DE ENSAYO :
MATERIAL : TERRENO EXISTENTE	CALICATA: C-04	REALIZADO : A.F.M
PROFUNDIDAD : 0.00 - 1.50	MUESTRA: M-01	ING. RESPONSABLE :

LÍMITE LIQUIDO (MTC E 110)					
N° TARRO		13	31	39	
PESO TARRO + SUELO HUMEDO	(g)	47.67	46.93	47.12	
PESO TARRO + SUELO SECO	(g)	39.95	39.05	38.88	
PESO DE AGUA	(g)	7.72	7.88	8.24	
PESO DEL TARRO	(g)	18.71	18.61	18.62	
PESO DEL SUELO SECO	(g)	21.24	20.44	20.26	
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	36.35	38.55	40.67	
NUMERO DE GOLPES		35	26	18	

LÍMITE PLASTICO (MTC E 111)					
N° TARRO		52	57		
PESO TARRO + SUELO HUMEDO	(g)	14.20	13.87		
PESO TARRO + SUELO SECO	(g)	12.71	12.43		
PESO DE AGUA	(g)	1.49	1.44		
PESO DEL TARRO	(g)	6.26	6.27		
PESO DEL SUELO SECO	(g)	6.45	6.16		
CONTENIDO DE DE HUMEDAD	(%)	23.10	23.38		

CONTENIDO DE HUMEDAD A 25 GOLPES



CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA	
LÍMITE LIQUIDO	38.6
LÍMITE PLASTICO	23.2
INDICE DE PLASTICIDAD	15.4

OBSERVACIONES

Figura 35
Ensayo de Humedad Natural C-4

CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL (ASTM D 2216, MTC E 108)			
PROCEDENCIA : PLATAFORMA	TAMAÑO MAXIMO : 2 1/2"	N° REGISTRO : -	
UBICACIÓN : KM. 198+350	LADO : DER	FECHA DE ENSAYO :	
MATERIAL : TERRENO EXISTENTE	CALICATA: C-04	REALIZADO : A.F.M	
PROFUNDIDAD : 0.00 - 1.50	MUESTRA: M-01		

N° DE ENSAYOS	1	2	3
N° TARA	-		
PESO TARA + SUELO HUMEDO (gr.)	789.9		
PESO TARA + SUELO SECO (gr.)	688.1		
PESO TARA (gr.)	0.0		
PESO AGUA (gr.)	101.8		
PESO SUELO SECO (gr.)	688.1		
CONTENIDO DE HUMEDAD (gr.)	14.79		
PROMEDIO (%)	14.80		

Figura 36
Ensayo de Proctor Modificado C-4

ENSAYO PROCTOR MODIFICADO (ASTM D-1557, MTC-115)					
PROCEDENCIA : PLATAFORMA	TAMAÑO MAXIMO : 2 1/2"		N° REGISTRO : -		
UBICACIÓN : KM. 198+350	LADO : DER		FECHA DE ENSAYO :		
MATERIAL : TERRENO EXISTENTE	CALICATA : C-04		REALIZADO : A.F.M		
PROFUNDIDAD : 0.00 - 1.50	MUESTRA : M-01				

METODO "C"						
NUMERO DE ENSAYO		1	2	3	4	5
PESO MOLDE + SUELO HUMEDO	gr	11031	11235	11329	11302	
PESO MOLDE	gr	6388	6388	6388	6388	
PESO SUELO HUMEDO COMPACTADO	gr	4643	4847	4941	4914	
VOLUMEN MOLDE	cm ³	2108	2108	2108	2108	
DENSIDAD SUELO HUMEDO	gr/cm ³	2.203	2.299	2.344	2.331	
N° TARA		-	-	-	-	
PESO TARA + SUELO HUMEDO	gr	509.1	529.3	573.8	605.0	
PESO TARA + SUELO SECO	gr	472.7	482.5	514.2	533.0	
PESO TARA	gr	0.00	0.00	0.00	0.00	
PESO AGUA	gr	36.40	46.80	59.60	72.00	
PESO SUELO SECO	gr	472.70	482.50	514.20	533.00	
CONTENIDO DE HUMEDAD	%	7.70	9.70	11.59	13.51	
DENSIDAD SUELO SECO	gr/cm ³	2.045	2.096	2.100	2.054	
					DENSIDAD MAXIMA SECA (gr/cm ³)	2.104
					OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	10.8

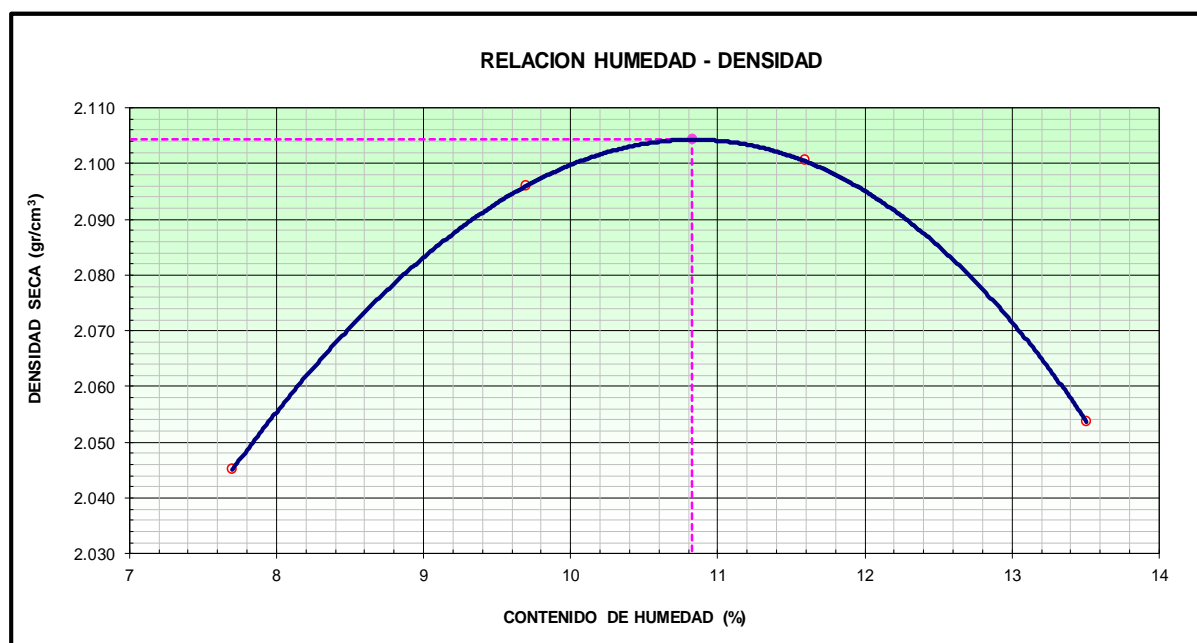


Figura 37
Ensayo de CBR C-4

RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA - C.B.R. (ASTM D 1883 - MTC E 132)					
PROCEDENCIA : PLATAFORMA	TAMAÑO MAXIMO : 2 1/2"		N° REGISTRO : -		
UBICACIÓN : KM. 198+350	LADO : DER		FECHA DE ENSAYO :		
MATERIAL : TERRENO EXISTENTE	CALICATA: C-04		REALIZADO : A.F.M		
PROFUNDIDAD : 0.00 - 1.50	MUESTRA: M-01				

MOLDEO						
Molde N°	56		28		44	
Capas N°	5		5		5	
Golpes por capa N°	56		25		12	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	13034		13146		12387	
Peso de molde (g)	7990		8296		7970	
Peso del suelo húmedo (g)	5044		4850		4417	
Volumen del molde (cm ³)	2125		2127		2105	
Densidad húmeda (g/cm ³)	2.374		2.280		2.098	
Tara (N°)						
Peso suelo húmedo + tara (g)	611.0		573.8		660.0	
Peso suelo seco + tara (g)	551.4		518.3		595.7	
Peso de tara (g)						
Peso de agua (g)	59.60		55.50		64.30	
Peso de suelo seco (g)	551.40		518.30		595.70	
Contenido de humedad (%)	10.81		10.71		10.79	
Densidad seca (g/cm ³)	2.142		2.060		1.894	

EXPANSION											
FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
23/01/2023	09:20	0	0.0	0.000	0.00	0.0	0.000	0.00	0.0	0.000	0.00
24/01/2023	09:26	24	102.0	2.591	2.23	151.0	3.835	3.30	183.0	4.648	3.99
25/01/2023	09:32	48	154.0	3.912	3.36	220.0	5.588	4.80	260.0	6.604	5.67
26/01/2023	09:38	72	180.0	4.572	3.93	259.0	6.579	5.65	311.0	7.899	6.79
27/01/2023	09:44	84	180.0	4.572	3.93	260.0	6.604	5.67	312.0	7.925	6.81

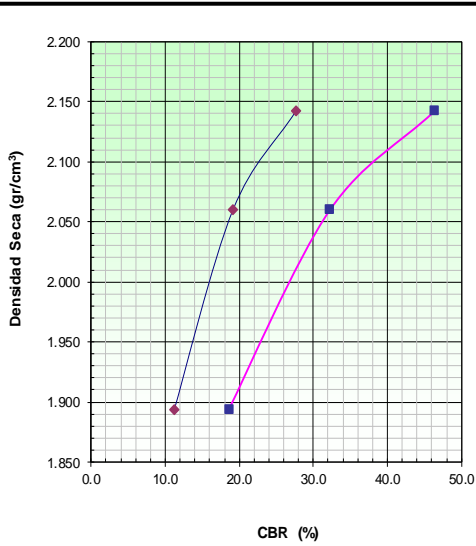
PENETRACION														
PENETRACION		CARGA STAND.	MOLDE N° 56				MOLDE N° 28				MOLDE N° 44			
			CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
			mm	Pulg	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg
0.00	0.000			0.0				0.0					0.0	
0.63	0.025			51.2				35.7					20.2	
1.27	0.050			117.6				82.3					47.0	
1.90	0.075			230.2				155.0					90.7	
2.54	0.100	70.5		359.5	393.8	27.7		249.1	271.7	19.1			146.2	158.6
3.81	0.150			680.8				473.3					270.1	
5.08	0.200	105.7		1053.4	989.1	46.4		731.6	687.7	32.2			428.0	397.1
7.62	0.300			1660.3				1156.3					664.0	
10.16	0.400			2124.8				1484.7					848.4	
12.70	0.500			2595.6				1806.4					1038.2	

RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA - C.B.R.
(ASTM D 1883 - MTC E 132)

PROCEDENCIA : PLATAFORMA
UBICACIÓN : KM. 198+350
MATERIAL : TERRENO EXISTENTE
PROFUNDIDAD : 0.00 - 1.50

TAMAÑO MAXIMO : 2 1/2"
LADO : DER
CALICATA: C-04
MUESTRA: M-01

N° REGISTRO : -
FECHA DE ENSAYO :
REALIZADO : A.F.M



METODO DE COMPACTACION : ASTM D1557
MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm3) : 2.104
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) : 10.8
95% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm3) : 1.999
DENSIDAD INSITU (g/cm3) : -

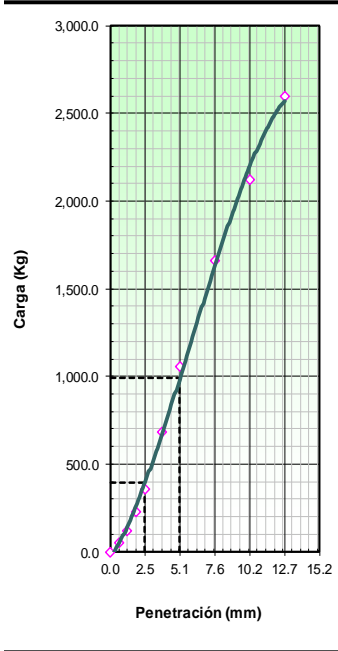
C.B.R. al 100% de M.D.S. (%)	0.1" : 23.4	0.2" : 39.3
C.B.R. al 95% de M.D.S. (%)	0.1" : 14.8	0.2" : 25.0

RESULTADOS CBR a 0.1":

Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. = 14.8 (%)

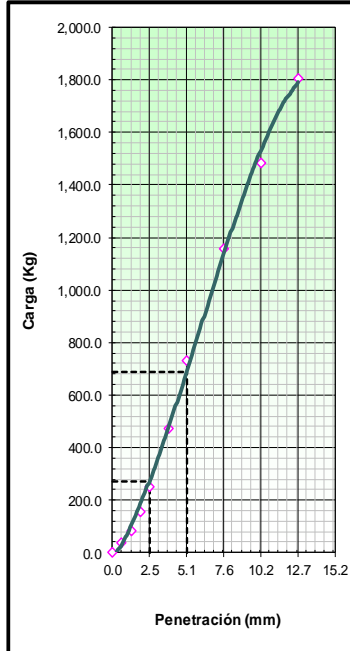
OBSERVACIONES:

EC = 56 GOLPES



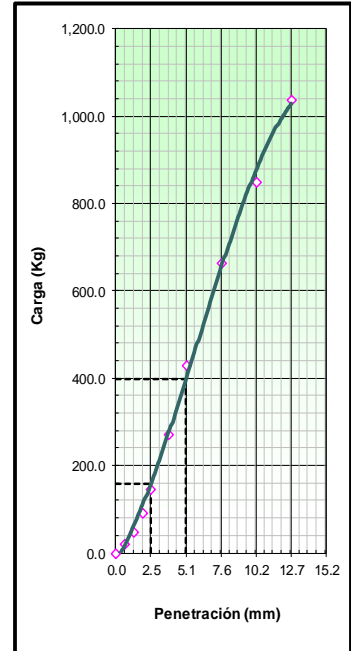
CBR (0.1")	27.7%
CBR (0.2")	46.4%

EC = 25 GOLPES



CBR (0.1")	19.1%
CBR (0.2")	32.2%

EC = 12 GOLPES



CBR (0.1")	11.2%
CBR (0.2")	18.6%

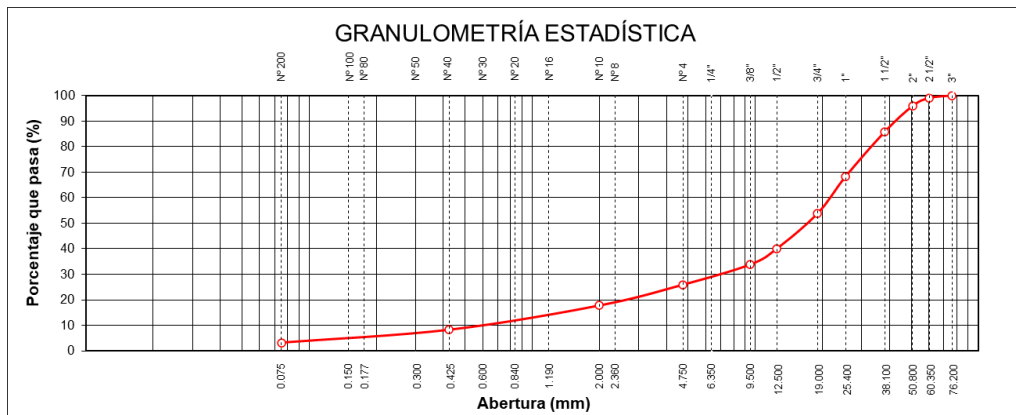
ANEXO 7

RESULTADOS DE LABORATORIO PARA MATERIAL DE SUBRASANTE

Tabla 31

Características del Material a usarse para mejoramiento de subrasante

CUADRO RESUMEN DE RELLENO - CANTERA LLICLLAO																	
ESTADÍSTICA	GRANULOMETRÍA % QUE PASA												HUMEDAD NAT. (%)	LÍMITES DE CONSISTENCIA			ABRASIÓN
	3"	2 1/2"	2"	1 1/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº 40	Nº 10	Nº 10	No 20		L	L	P	
NUMERO DE ENSAYOS	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1
SUMATORIA TOTAL	20	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	7.5	5	4	1	24.4
PROMEDIO	10	9.5	9.5	9.5	9.5	9.5	9.5	9.5	9.5	9.5	9.5	9.5	3.8	2.5	2.5	0.5	24.4
ESPECIFICACIONES	= 100												< 25	< 30			
VALOR MINIMO	10	9.8	9.5	9.5	9.5	9.5	9.5	9.5	9.5	9.5	9.5	9.5	3.4	2	1.5	0.5	24.4
VALOR MAXIMO	10	10	9.6	9.6	9.6	9.6	9.6	9.6	9.6	9.6	9.6	9.6	4.1	2	2	0.6	24.4
DESVIACION ESTANDAR	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.5	1.4	0.8	0.6	-
VARIANZA	0.0	0.2	0.0	0.3	0.6	0.4	0.8	0.9	0.3	0.0	0.5	0.1	0.2	0.0	0.6	0.4	-
COEF. DE VARIACION (%)	0.0	1.4	0.1	1.3	7.0	0.9	2.3	3.0	3.3	8.5	10.9	13.2	5.0	3.5	1.0	0.5	-



ANEXO 8

RESULTADOS DEFLECTOMÉTRICOS CON VIGA BENKELMAN EN SUBRASANTE

Tabla 32

Resultados Deflectométrico Km. 196+000 – 196+500 L/D

DATOS ESTADÍSTICOS	Promedio	56.77	mm/100
	Mínimo	48.00	mm/100
	Máximo	100.00	mm/100
	Desviación Stand	10.12	mm/100
	Deflexión Caract	69.93	mm/100
	Deflexión Admisible	116.00	mm/100

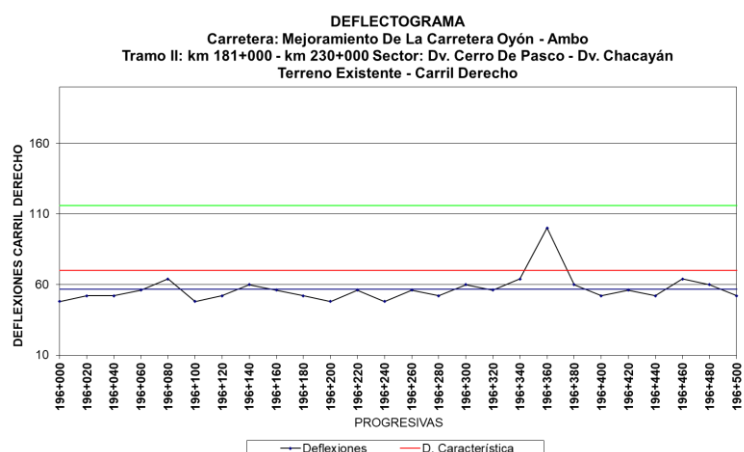


Tabla 33

Resultados Deflectométrico Km. 196+000 – 196+500 L/I

DATOS ESTADÍSTICOS	Promedio	56.62	mm/100
	Mínimo	48.00	mm/100
	Máximo	76.00	mm/100
	Desviación Stand	6.66	mm/100
	Deflexión Caract	65.28	mm/100
	Deflexión Admisible	116.00	mm/100

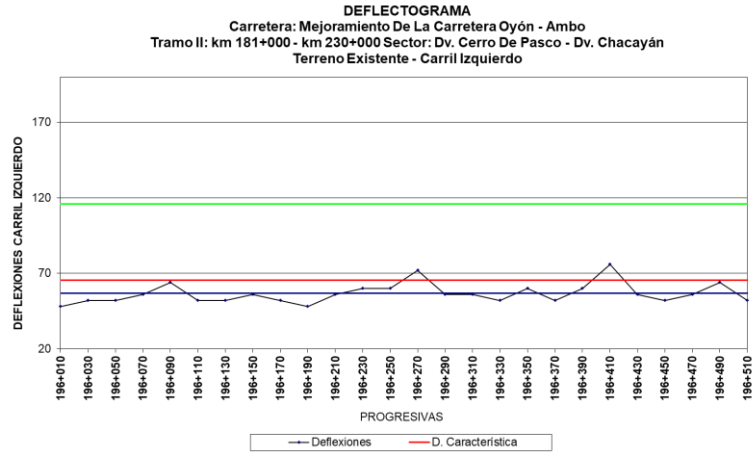


Tabla 34
Resultados Deflectométrico Km. 196+520 – 197+140 L/D

DATOS ESTADÍSTICOS	Promedio	55.00	mm/100
	Mínimo	40.00	mm/100
	Máximo	76.00	mm/100
	Desviación Stand	9.75	mm/100
	Deflexión Caract	67.67	mm/100
	Deflexión Admisible	116.00	mm/100

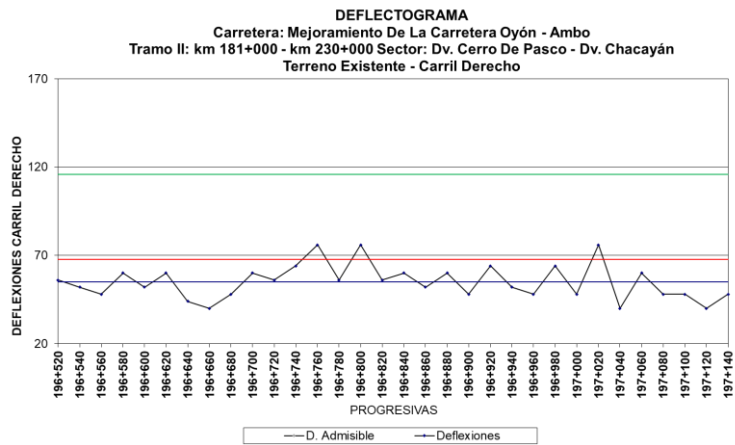


Tabla 35
Resultados Deflectométrico Km. 196+520 – 197+140 L/I

DATOS ESTADÍSTICOS	Promedio	60.77	mm/100
	Mínimo	40.00	mm/100
	Máximo	100.00	mm/100
	Desviación Stand	13.67	mm/100
	Deflexión Caract	78.54	mm/100
	Deflexión Admisible	116.00	mm/100

DEFLECTOGRAMA
 Carretera: Mejoramiento De La Carretera Oyón - Ambo
 Tramo II: km 181+000 - km 230+000 Sector: Dv. Cerro De Pasco - Dv. Chacayán
 Terreno Existente - Carril Izquierdo

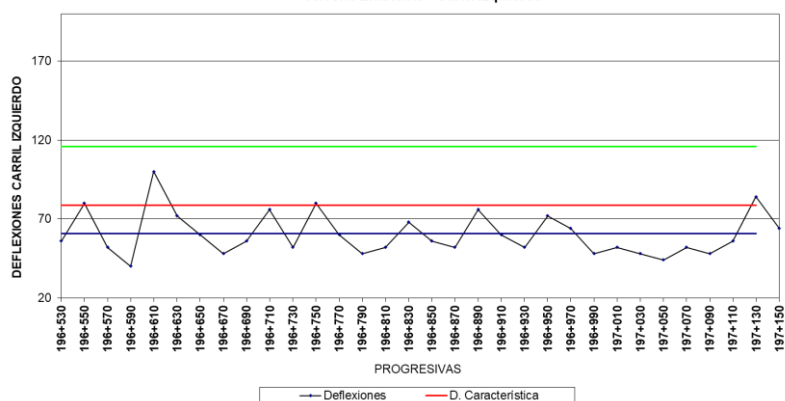


Tabla 36
 Resultados Deflectométrico Km. 197+140 – 197+700 L/D

DATOS ESTADÍSTICOS	Promedio	50.34	mm/100
	Mínimo	40.00	mm/100
	Máximo	80.00	mm/100
	Desviación Stand	7.67	mm/100
	Deflexión Caract	60.32	mm/100
	Deflexión Admisible	116.00	mm/100

DEFLECTOGRAMA
 Carretera: Mejoramiento De La Carretera Oyón - Ambo
 Tramo II: km 181+000 - km 230+000 Sector: Dv. Cerro De Pasco - Dv. Chacayán
 Terreno Existente - Carril Derecho

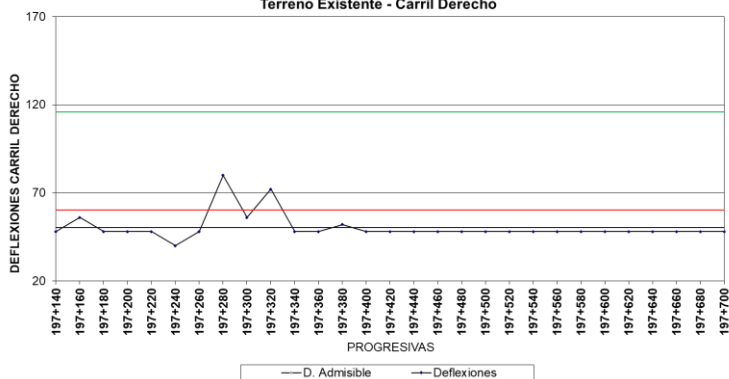


Tabla 37
 Resultados Deflectométrico Km. 197+140 – 197+700 L/I

DATOS ESTADÍSTICOS	Promedio	54.15	mm/100
	Mínimo	36.00	mm/100
	Máximo	104.00	mm/100
	Desviación Stand	18.39	mm/100
	Deflexión Caract	78.06	mm/100
	Deflexión Admisible	116.00	mm/100

DEFLECTOGRAMA
 Carretera: Mejoramiento De La Carretera Oyón - Ambo
 Tramo II: km 181+000 - km 230+000 Sector: Dv. Cerro De Pasco - Dv. Chacayán
 Terreno Existente - Carril Izquierdo

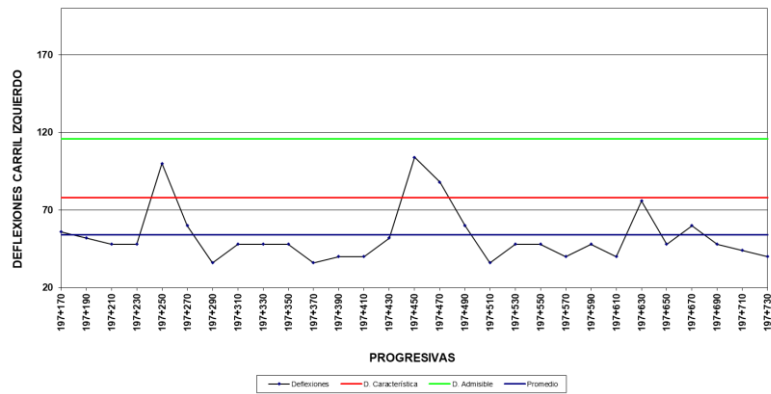


Tabla 38
 Resultados Deflectométrico Km. 197+720 – 198+160 L/D

DATOS ESTADÍSTICOS	Promedio	55.83	mm/100
Mínimo	40.00		mm/100
Máximo	88.00		mm/100
Desviación Stand	11.91		mm/100
Deflexión Caract	71.31		mm/100
Deflexión Admisible	116.00		mm/100

DEFLECTOGRAMA
 Carretera: Mejoramiento De La Carretera Oyón - Ambo
 Tramo II: km 181+000 - km 230+000 Sector: Dv. Cerro De Pasco - Dv. Chacayán
 Terreno Existente - Carril Derecho

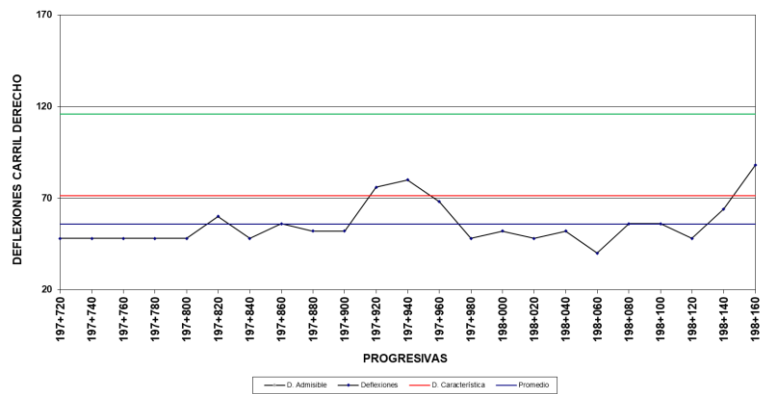


Tabla 39
 Resultados Deflectométrico Km. 197+720 – 198+160 L/I

DATOS ESTADÍSTICOS	Promedio	70.73	mm/100
Mínimo	40.00		mm/100
Máximo	104.00		mm/100
Desviación Stand	17.95		mm/100
Deflexión Caract	94.06		mm/100
Deflexión Admisible	116.00		mm/100

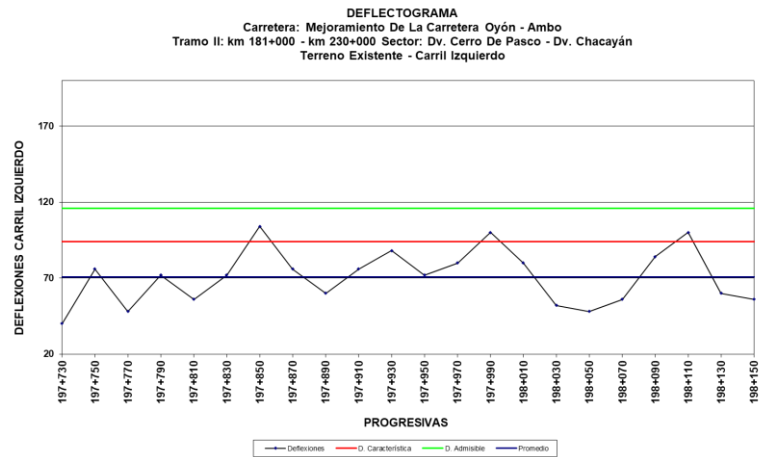


Tabla 40
Resultados Deflectométrico Km. 198+180 – 198+580 L/D SECTOR CRÍTICO

DATOS ESTADÍSTICOS	Promedio	75.24	mm/100
Mínimo	40.00		mm/100
Máximo	116.00		mm/100
Desviación Stand	23.52		mm/100
Deflexión Caract	105.81		mm/100
Deflexión Admisible	116.00		mm/100

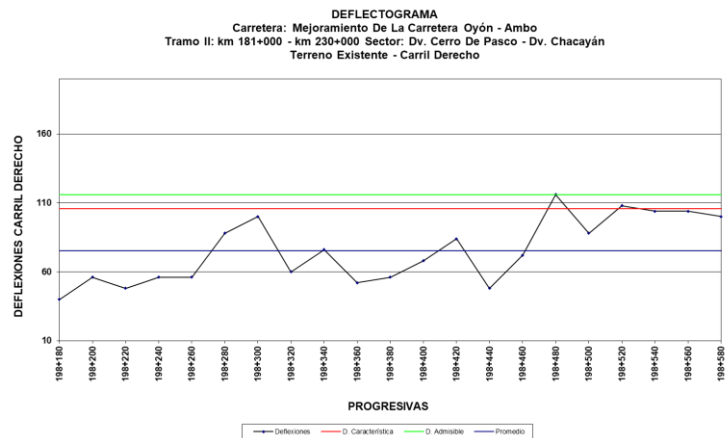


Tabla 41
Resultados Deflectométrico Km. 198+180 – 198+580 L/I SECTOR CRÍTICO

DATOS ESTADÍSTICOS	Promedio	71.81	mm/100
Mínimo	44.00		mm/100
Máximo	112.00		mm/100
Desviación Stand	19.74		mm/100
Deflexión Caract	97.47		mm/100
Deflexión Admisible	116.00		mm/100

DEFLECTOGRAMA
 Carretera: Mejoramiento De La Carretera Oyón - Ambo
 Tramo II: km 181+000 - km 230+000 Sector: Dv. Cerro De Pasco - Dv. Chacayán
 Terreno Existente: Km. 188+000 - Km. 188+500 - Carril Izquierdo

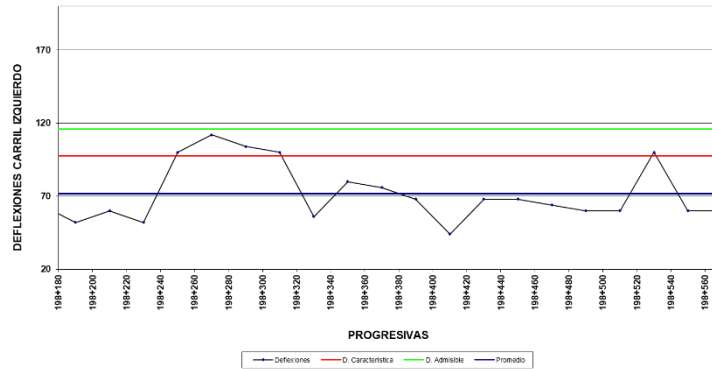


Tabla 42
 Resultados Deflectométrico Km. 198+600 – 199+000 L/D

DATOS ESTADÍSTICOS	Promedio	53.90	mm/100
	Mínimo	40.00	mm/100
	Máximo	80.00	mm/100
	Desviación Stand	9.85	mm/100
	Deflexión Caract	66.71	mm/100
	Deflexión Admisible	116.00	mm/100

DEFLECTOGRAMA
 Carretera: Mejoramiento De La Carretera Oyón - Ambo
 Tramo II: km 181+000 - km 230+000 Sector: Dv. Cerro De Pasco - Dv. Chacayán
 Terreno Existente - Carril Derecho

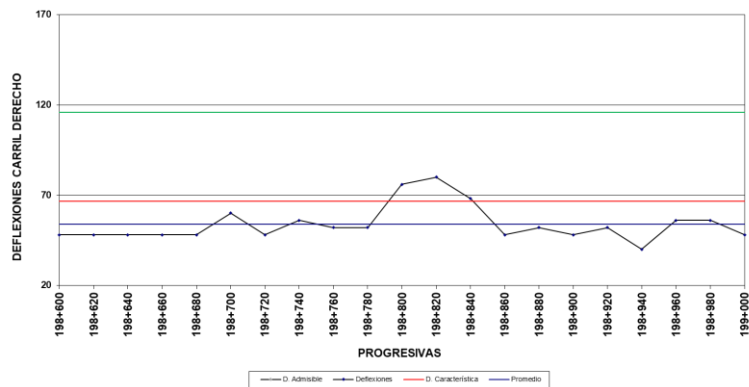
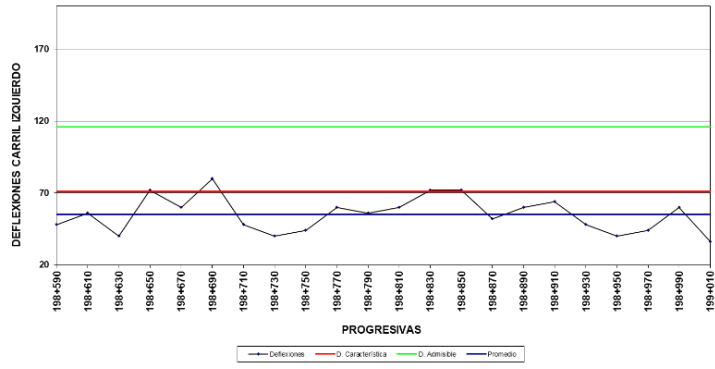


Tabla 43
 Resultados Deflectométrico Km. 198+600 – 199+000 L/I

DATOS ESTADÍSTICOS	Promedio	55.09	mm/100
	Mínimo	36.00	mm/100
	Máximo	80.00	mm/100
	Desviación Stand	12.22	mm/100
	Deflexión Caract	70.97	mm/100
	Deflexión Admisible	116.00	mm/100

DEFLECTOGRAMA
 Carretera: Mejoramiento De La Carretera Oyón - Ambo
 Tramo II: km 181+000 - km 230+000 Sector: Dv. Cerro De Pasco - Dv. Chacayán
 Terreno Existente - Carril Izquierdo

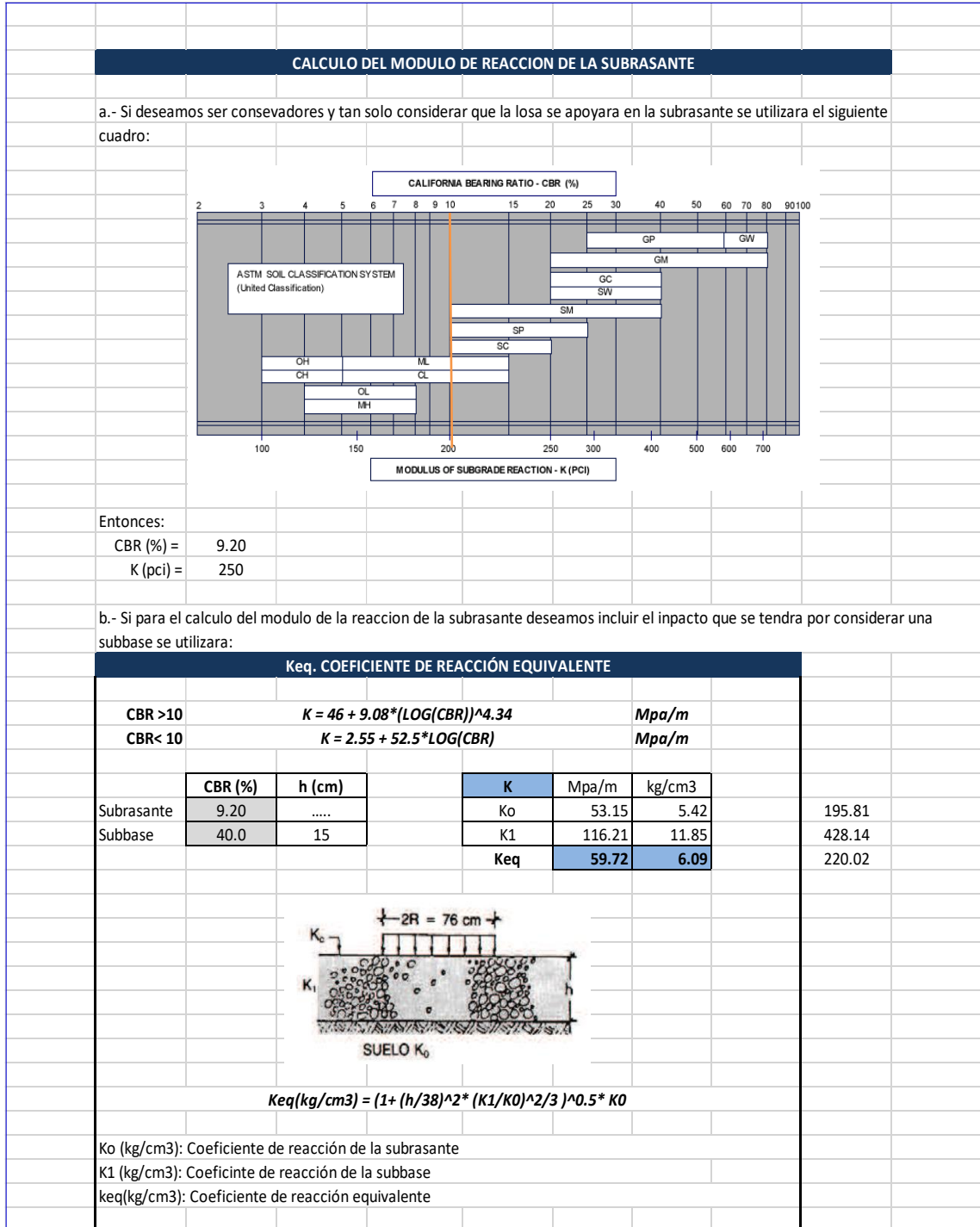


ANEXO 9

RESULTADOS DE CÁLCULO DE ESPESOR PARA SUB BASE GRANULAR

Figura 38

Hoja de cálculo para cálculo de espesor de sub base granular



ANEXO 10

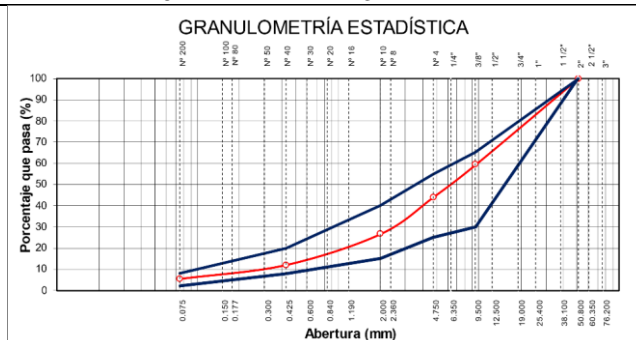
RESULTADOS DE LABORATORIO PARA MATERIAL DE SUB BASE GRANULAR

Tabla 44

Características del Material a usarse para sub base granular

CUADRO RESUMEN DE CONFORMACION DE SUB BASE - PISTA

ESTADIS TICA	GRANULOMETRIA										HUM ED. NAT. (%)	LIMITES DE CONSISTEN CIA				PROCTOR		
	2"	1 1/ 2"	1 "	3/ 4 "	1/ 2 "	3/ 8 "	N ° 4	N ° 10	N ° 20	N ° 40	N ° 200	LL	L P	I P	MD S	O C H	M D S C O R R.	O C H C O R R.
NUMERO DE ENSAYO S	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	-	-	-	4	4	4	4
SUMATO RIA TOTAL	400	392	352	316	288	270	216	140	80	22	21.5	-	-	-	9.171	2.50	9.43	20.55
PROMEDI O	100	98	88	79	72	67.5	54	35	20	5.5	5.4	-	-	-	2.293	6.3	2.35	5.11
ESPECIFI CACIONE S	100					30-65	25-55	15-40	8-20	2-8		<= 25		< = 4				
VALOR MINIMO	100	95	87	79	72	67	54	35	20	3	5.2	-	-	-	2.291	5.8	2.35	5.0
VALOR MAXIMO	100	100	91	87	77	67	54	35	20	6	5.6	-	-	-	2.295	6.7	2.35	5.3
DESVIACI ON ESTAND AR	0	2	3	4	3	2	0	5	2	1	0.2	-	-	-	0.002	0		0.13
VARIANZ A	0	5	5	2	9	5	0	2	6	1	0.0	-	-	-	0.002	0		0.02
COEF. DE VARIACI ÓN (%)	0	2	4	5	4	4	0	2	2	24	3.2	-	-	-	0.074	7		2.60



ANEXO 11

RESULTADOS DEFLECTOMÉTRICOS CON VIGA BENKELMAN EN SUB BASE GRANULAR.

Tabla 45

Resultados Deflectométrico Km. 196+000 – 196+500 L/D

DATOS ESTADÍSTICOS	Promedio	54.92	mm/100
	Mínimo	32.00	mm/100
	Máximo	76.00	mm/100
	Desviación Stand	9.57	mm/100
	Deflexión Caract	67.36	mm/100
	Deflexión Admisible	99.00	mm/100

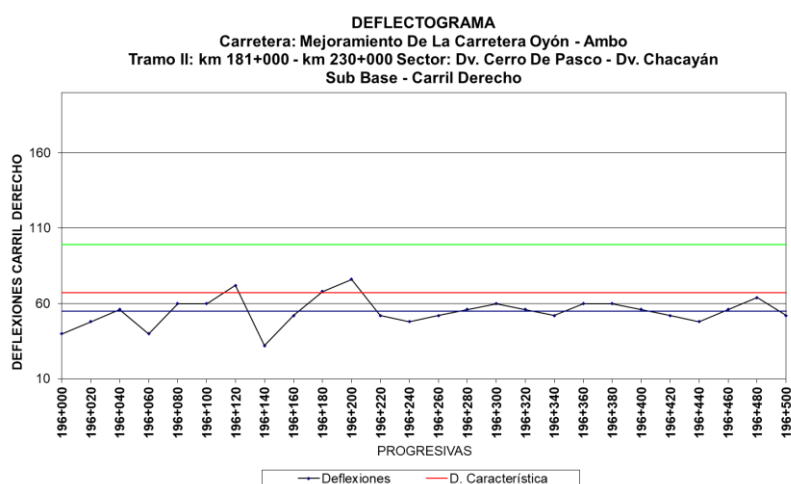


Tabla 46

Resultados Deflectométrico Km. 196+000 – 196+500 L/I

DATOS ESTADÍSTICOS	Promedio	56.92	mm/100
	Mínimo	40.00	mm/100
	Máximo	76.00	mm/100
	Desviación Stand	8.26	mm/100
	Deflexión Caract	67.66	mm/100
	Deflexión Admisible	99.00	mm/100

DEFLECTOGRAMA
 Carretera: Mejoramiento De La Carretera Oyón - Ambo
 Tramo II: km 181+000 - km 230+000 Sector: Dv. Cerro De Pasco - Dv. Chacayán
 Sub Base - Carril Izquierdo

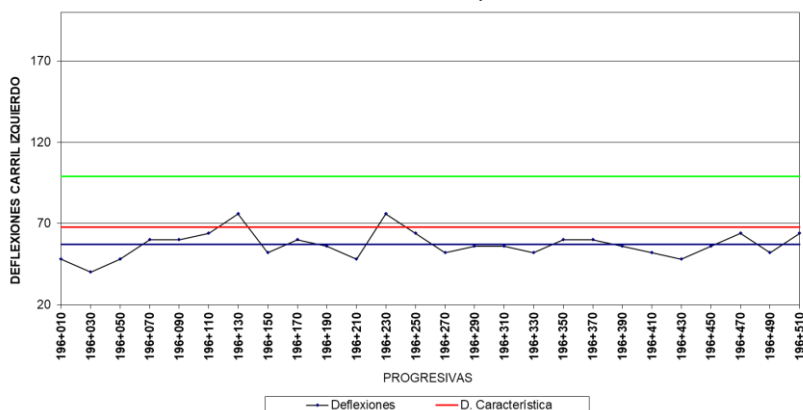


Tabla 47
 Resultados Deflectométrico Km. 196+520 – 197+140 L/D

DATOS ESTADÍSTICOS	Promedio	60.00	mm/100
Mínimo		36.00	mm/100
Máximo		92.00	mm/100
Desviación Stand		13.05	mm/100
Deflexión Caract		76.97	mm/100
Deflexión Admisible		99.00	mm/100

DEFLECTOGRAMA
 Carretera: Mejoramiento De La Carretera Oyón - Ambo
 Tramo II: km 181+000 - km 230+000 Sector: Dv. Cerro De Pasco - Dv. Chacayán
 Sub Base - Carril Derecho

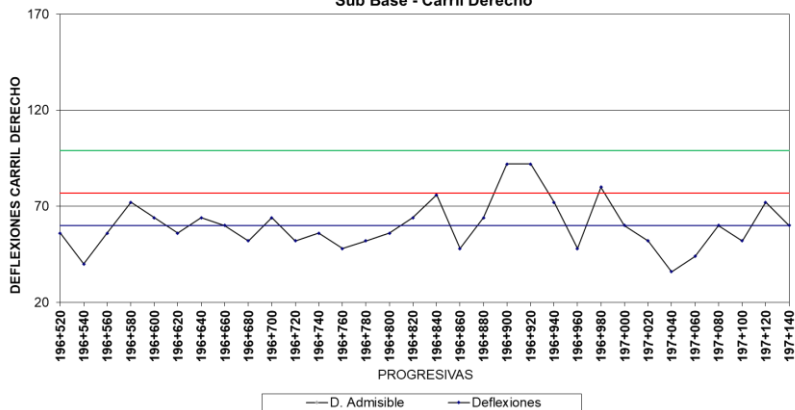


Tabla 48
 Resultados Deflectométrico Km. 196+520 – 197+140 L/I

DATOS ESTADÍSTICOS	Promedio	59.23	mm/100
Mínimo		40.00	mm/100
Máximo		84.00	mm/100
Desviación Stand		11.70	mm/100
Deflexión Caract		74.45	mm/100
Deflexión Admisible		99.00	mm/100

DEFLECTOGRAMA
Carretera: Mejoramiento De La Carretera Oyón - Ambo
Tramo II: km 181+000 - km 230+000 Sector: Dv. Cerro De Pasco - Dv. Chacayán
Sub Base - Carril Izquierdo

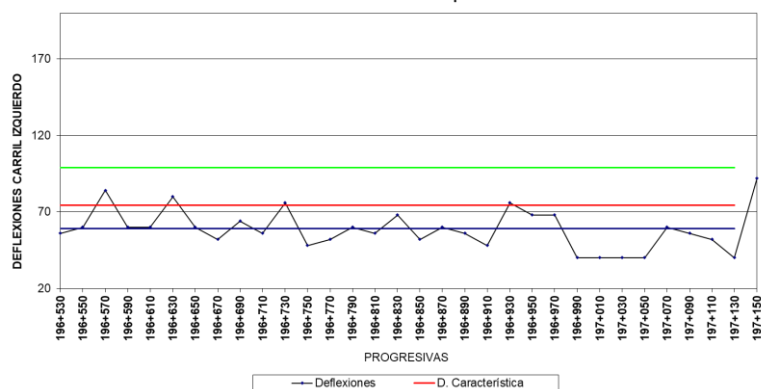


Tabla 49

Resultados Deflectométrico Km. 197+140 – 197+700 L/D

DATOS ESTADÍSTICOS	Promedio	47.31	mm/100
Mínimo	24.00	mm/100	
Máximo	76.00	mm/100	
Desviación Stand	12.65	mm/100	
Deflexión Caract	63.76	mm/100	
Deflexión Admisible	99.00	mm/100	

DEFLECTOGRAMA
Carretera: Mejoramiento De La Carretera Oyón - Ambo
Tramo II: km 181+000 - km 230+000 Sector: Dv. Cerro De Pasco - Dv. Chacayán
Sub Base - Carril Derecho

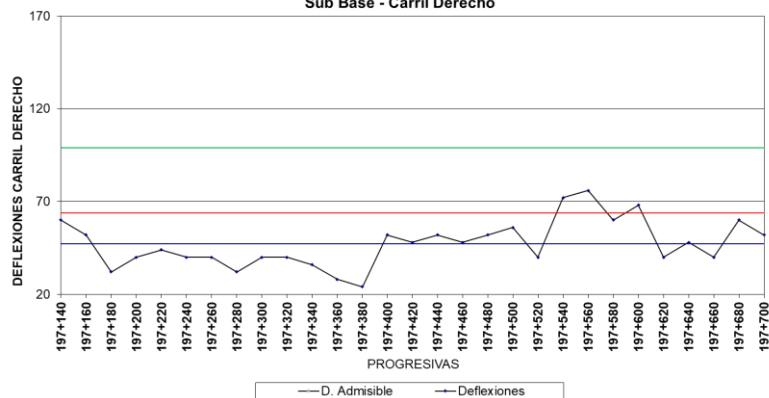


Tabla 50

Resultados Deflectométrico Km. 197+140 – 197+700 L/I

DATOS ESTADÍSTICOS	Promedio	55.54	mm/100
Mínimo	36.00	mm/100	
Máximo	88.00	mm/100	
Desviación Stand	10.14	mm/100	
Deflexión Caract	68.72	mm/100	
Deflexión Admisible	99.00	mm/100	

DEFLECTOGRAMA
Carretera: Mejoramiento De La Carretera Oyón - Ambo
Tramo II: km 181+000 - km 230+000 Sector: Dv. Cerro De Pasco - Dv. Chacayán
Sub Base - Carril Izquierdo

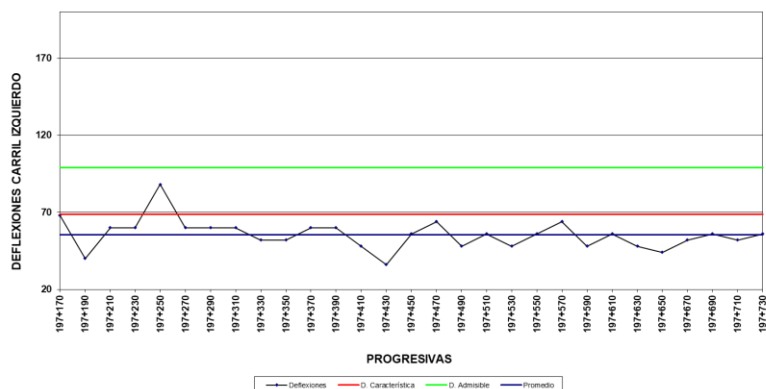


Tabla 51
Resultados Deflectométrico Km. 197+720 – 198+160 L/D

DATOS ESTADÍSTICOS	Promedio	54.26	mm/100
Mínimo	40.00		mm/100
Máximo	80.00		mm/100
Desviación Stand	10.29		mm/100
Deflexión Caract	67.64		mm/100
Deflexión Admisible	99.00		mm/100

DEFLECTOGRAMA
Carretera: Mejoramiento De La Carretera Oyón - Ambo
Tramo II: km 181+000 - km 230+000 Sector: Dv. Cerro De Pasco - Dv. Chacayán
Sub Base - Carril Derecho

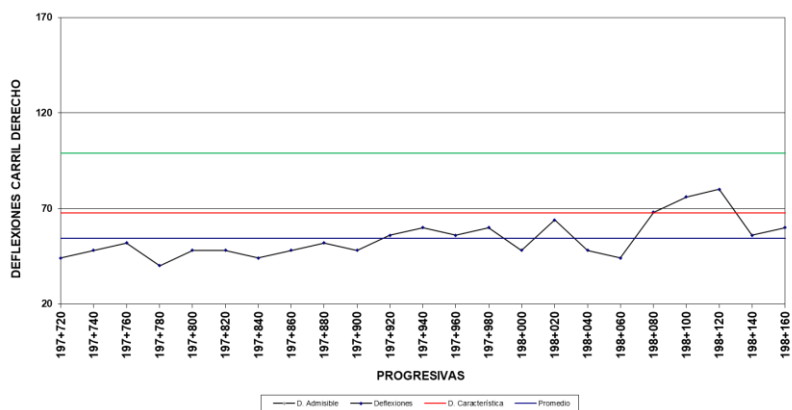


Tabla 52
Resultados Deflectométrico Km. 197+720 – 198+160 L/I

DATOS ESTADÍSTICOS	Promedio	54.00	mm/100
Mínimo	36.00		mm/100
Máximo	84.00		mm/100
Desviación Stand	13.28		mm/100
Deflexión Caract	71.27		mm/100
Deflexión Admisible	99.00		mm/100

DEFLECTOGRAMA
Carretera: Mejoramiento De La Carretera Oyón - Ambo
Tramo II: km 181+000 - km 230+000 Sector: Dv. Cerro De Pasco - Dv. Chacayán
Sub Base - Carril Izquierdo

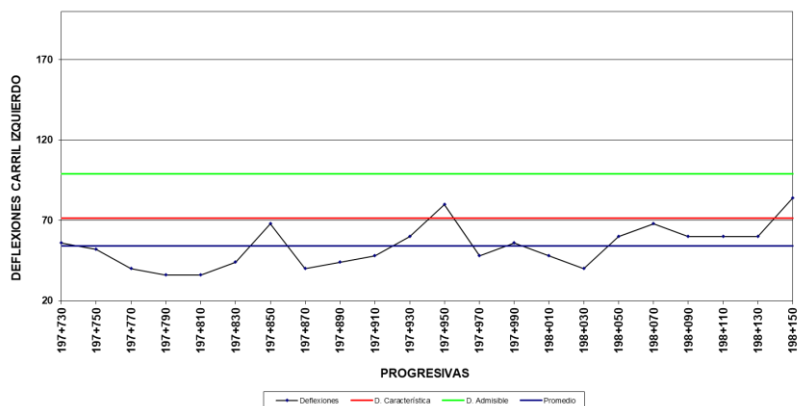


Tabla 53
Resultados Deflectométrico Km. 198+180 – 198+580 L/D SECTOR CRÍTICO

DATOS ESTADÍSTICOS	Promedio	62.48	mm/100
Mínimo	44.00		mm/100
Máximo	80.00		mm/100
Desviación Stand	8.34		mm/100
Deflexión Caract	73.32		mm/100
Deflexión Admisible	99.00		mm/100

DEFLECTOGRAMA
Carretera: Mejoramiento De La Carretera Oyón - Ambo
Tramo II: km 181+000 - km 230+000 Sector: Dv. Cerro De Pasco - Dv. Chacayán
Sub Base Granular- Carril Derecho

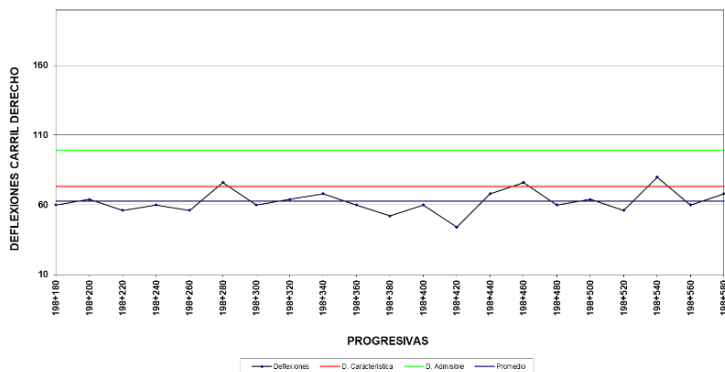


Tabla 54
Resultados Deflectométrico Km. 198+180 – 198+580 L/I SECTOR CRÍTICO

DATOS ESTADÍSTICOS	Promedio	66.10	mm/100
Mínimo	40.00		mm/100
Máximo	88.00		mm/100
Desviación Stand	11.07		mm/100
Deflexión Caract	80.49		mm/100

Deflexión
Admisible

116.00

mm/100

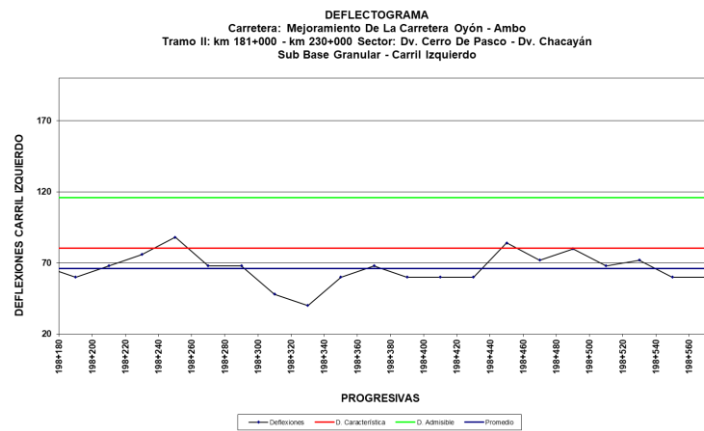


Tabla 55

Resultados Deflectométrico Km. 198+600 – 199+000 L/D

DATOS ESTADÍSTICOS	Promedio	54.29	mm/100
Mínimo		24.00	mm/100
Máximo		80.00	mm/100
Desviación Stand		14.45	mm/100
Deflexión Caract		73.08	mm/100
Deflexión Admisible		99.00	mm/100

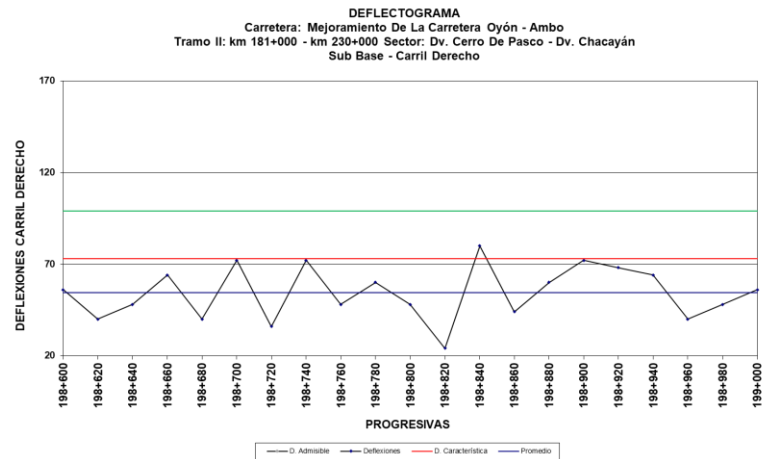
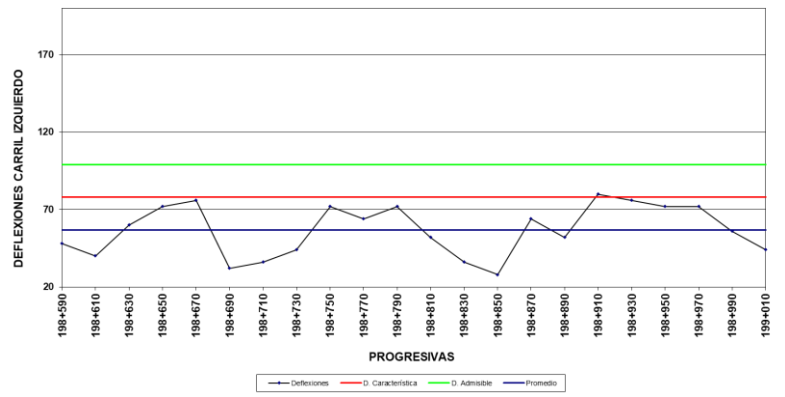


Tabla 56

Resultados Deflectométrico Km. 198+600 – 199+000 L/I

DATOS ESTADÍSTICOS	Promedio	56.73	mm/100
Mínimo		28.00	mm/100
Máximo		80.00	mm/100
Desviación Stand		16.31	mm/100
Deflexión Caract		77.93	mm/100
Deflexión Admisible		99.00	mm/100

DEFLECTOGRAMA
Carretera: Mejoramiento De La Carretera Oyón - Ambo
Tramo II: km 181+000 - km 230+000 Sector: Dv. Cerro De Pasco - Dv. Chacayán
Sub Base - Carril Izquierdo



ANEXO 12

CALIBRACIÓN DE DIALES Y VIGA BENKELMAN UTILIZADA



Laboratorio PP

PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LL-1062-2023

Página : 1 de 2

Expediente : 085-2023
Fecha de emisión : 2023-04-08

1. Solicitante : CONSORCIO CARRETERO DEL PERU

Dirección : AV. FELIPE PARDO Y ALIAGA NRO. 695 URB. SANTA CRUZ - SAN ISIDRO - LIMA

2. Instrumento de Medición : VIGA BENKELMAN DE BRAZO DOBLE

Marca de Viga : METROTEST

Modelo de Viga : MA-74

Serie de Viga : NO INDICA

3. Lugar y fecha de Calibración
km 188 + 030 LUCMAPAMPA - YANAHUANCA - DANIEL ALCIDES CARRION - PASCO
03 - ABRIL - 2023

4. Método de Calibración
Por comparación usando bloque planoparalelo calibrado.

5. Trazabilidad

INSTRUMENTO	MARCA	CERTIFICADO	TRAZABILIDAD
BLOQUES PLANOPARALELOS	INSIZE	LLA-C-032-2022	INACAL - DM
REGLA	MITUTOYO	1AD-1577-2022	INACAL - DM

6. Condiciones Ambientales

	INICIAL	FINAL
Temperatura °C	29,8	29,8
Humedad %	34	34

7. Observaciones
Los resultados de las mediciones efectuadas se muestran en la página 02 del presente documento.
Con fines de identificación se colocó una etiqueta autoadhesiva de color verde con la indicación "CALIBRADO"
La relación de longitud de los brazos en la viga benkelman es de 4 a 1.





Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631



PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACION N° LL-1062-2023

Página : 2 de 2

Resultados

BRAZO 1

Desplazamiento vertical de brazo	Valor Leído en el Dial de precisión del brazo	Error
mm	mm	
0,00	0,00	0,00
1,00	0,27	0,02
2,00	0,53	0,03
3,00	0,79	0,04
4,00	1,02	0,02
5,00	1,28	0,03
10,00	2,52	0,02

Comparador 1
 INDICACIÓN : ANALÓGICO
 ALCANCE DE INDICACIÓN : 30 mm
 RESOLUCIÓN : 0,01 mm
 MARCA : INSIZE
 MODELO : 2310-30A
 SERIE : 8819239
 PROCEDENCIA : NO INDICA

Incertidumbre de la medición : ± 0,01 mm

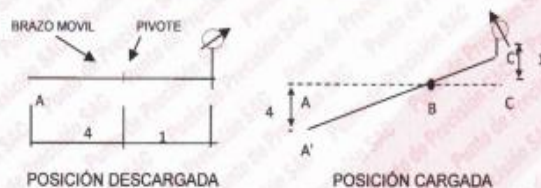
BRAZO 2

Desplazamiento vertical de brazo	Valor Leído en el Dial de precisión del brazo	Error
mm	mm	
0,00	0,00	0,00
1,00	0,22	-0,03
2,00	0,48	-0,02
3,00	0,77	0,02
4,00	0,97	-0,03
5,00	1,23	-0,02
10,00	2,47	-0,03

Comparador 2
 INDICACIÓN : ANALÓGICO
 ALCANCE DE INDICACIÓN : 30 mm
 RESOLUCIÓN : 0,01 mm
 MARCA : INSIZE
 MODELO : 2310-30A
 SERIE : 8819238
 PROCEDENCIA : NO INDICA

Incertidumbre de la medición : ± 0,01 mm

ESQUEMA DE LA VIGA BENKELMAN



FIN DEL DOCUMENTO



Jefe de Laboratorio
 Ing. Luis Loayza Capcha
 Reg. CIP N° 152631



Laboratorio PP

PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C. LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LL-1064-2023

Página : 1 de 2

Expediente : 085-2023
Fecha de emisión : 2023-04-08

1. Solicitante : CONSORCIO CARRETERO DEL PERU

Dirección : AV. FELIPE PARDO Y ALIAGA NRO. 695 URB. SANTA CRUZ - SAN ISIDRO - LIMA

El Equipo de medición con el modelo y número de serie abajo. Indicado ha sido calibrado probado y verificado usando patrones certificados con trazabilidad a la Dirección de Metrología del INACAL y otros.

2. Instrumento de Medición : COMPARADOR DE CUADRANTE

Tipo de Indicación : ANALÓGICO

Alcance de Indicación : 0 mm a 1 mm

División de Escala : 0,001 mm

Marca : SHAN

Modelo : NO INDICA

Serie : HV006504

Código de Identificación : 2

Los resultados son válidos en el momento y en las condiciones de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamentaciones vigentes.

Punto de Precisión S.A.C no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

3. Lugar y fecha de Calibración

km 188 + 030 LUCMAPAMPA - YANAHUANCA - DANIEL ALCIDES CARRION - PASCO
03 - ABRIL - 2023

4. Método de Calibración

La calibración se efectuó por comparación directa tomando como referencia el Procedimiento de calibración de Comparadores de cuadrante PC-014 (2da Edición 2001) del servicio nacional de metrología, del INACAL - DM.

5. Trazabilidad

INSTRUMENTO	MARCA	CERTIFICADO	TRAZABILIDAD
BLOQUES PLANOPARALELOS	INSIZE	LLA-C-032-2022	INACAL - DM

6. Condiciones Ambientales

	INICIAL	FINAL
Temperatura °C	28,9	28,9
Humedad %	34	35

7. Observaciones

Los resultados de las mediciones efectuadas se muestran en la página 02 del presente documento.
Con fines de identificación se colocó una etiqueta autoadhesiva de color verde con la indicación "CALIBRADO"



Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631



PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.
LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACION N° LL-1064-2023

Página : 2 de 2

Resultados

ALCANCE DEL ERROR DE INDICACIÓN (f_e)

VALOR PATRÓN	INDICACIÓN DEL COMPARADOR	ERROR DE INDICACIÓN
mm	mm	mm
0,000	0,000	0,000
1,000	1,001	0,001
1,000	1,002	0,002
1,000	1,001	0,001
1,000	1,002	0,002
1,000	1,002	0,002
1,000	1,001	0,001
1,000	1,002	0,002
1,000	1,001	0,001
1,000	1,002	0,002
1,000	1,001	0,001
1,000	1,001	0,001

Alcance de error de indicación (f_e) : 0,002 mm
Incertidumbre del error de indicación : $\pm 3 \mu\text{m}$

ERROR DE REPETIBILIDAD (f_w)

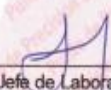
VALOR PATRÓN	INDICACIÓN DEL COMPARADOR	ERROR DE INDICACIÓN
mm	mm	mm
1,000	1,001	0,001
	1,002	0,002
	1,002	0,002
	1,001	0,001
	1,001	0,001

Error de Repetibilidad (f_w) : 0,002 mm
Incertidumbre de medición : $\pm 3 \mu\text{m}$

La incertidumbre expandida de la medición se ha obtenido multiplicando la incertidumbre estándar de la medición por el factor de cobertura $k = 2$ que, para una distribución normal corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente 95%.

FIN DEL DOCUMENTO




Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152831



Laboratorio PP

PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LL-1065-2023

Página : 1 de 2

Expediente : 085-2023
Fecha de emisión : 2023-04-08

1. Solicitante : CONSORCIO CARRETERO DEL PERU
Dirección : AV. FELIPE PARDO Y ALIAGA NRO. 695 URB. SANTA CRUZ - SAN ISIDRO - LIMA

2. Instrumento de Medición : COMPARADOR DE CUADRANTE
Tipo de Indicación : ANALÓGICO
Alcance de Indicación : 0 mm a 1 mm
División de Escala : 0,001 mm
Marca : SHAN
Modelo : NO INDICA
Serie : HT039430
Código de Identificación : 1

El Equipo de medición con el modelo y número de serie abajo Indicados ha sido calibrado probado y verificado usando patrones certificados con trazabilidad a la Dirección de Metrología del INACAL y otros.

Los resultados son válidos en el momento y en las condiciones de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamentaciones vigentes.

Punto de Precision S.A.C no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

3. Lugar y fecha de Calibración
km 188 + 030 LUCMAPAMPA - YANAHUANCA - DANIEL ALCIDES CARRION - PASCO
03 - ABRIL - 2023

4. Método de Calibración
La calibración se efectuó por comparación directa tomando como referencia el Procedimiento de calibración de Comparadores de cuadrante PC-014 (2da Edición 2001) del servicio nacional de metrología, del INACAL - DM.

5. Trazabilidad

INSTRUMENTO	MARCA	CERTIFICADO	TRAZABILIDAD
BLOQUES PLANOPARALELOS	INSIZE	LLA-C-032-2022	INACAL - DM

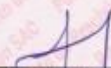
6. Condiciones Ambientales

	INICIAL	FINAL
Temperatura °C	24,5	24,5
Humedad %	37	37

7. Observaciones

Los resultados de las mediciones efectuadas se muestran en la página 02 del presente documento.
Con fines de identificación se colocó una etiqueta autoadhesiva de color verde con la indicación "CALIBRADO"




Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631



PUNTO DE PRECIÓN S.A.C.

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LL-1065-2023

Página : 2 de 2

Resultados

ALCANCE DEL ERROR DE INDICACIÓN (f_e)

VALOR PATRÓN	INDICACIÓN DEL COMPARADOR	ERROR DE INDICACIÓN
mm	mm	mm
0,000	0,000	0,000
1,000	1,001	0,001
1,000	1,001	0,001
1,000	1,001	0,001
1,000	1,002	0,002
1,000	1,001	0,001
1,000	1,002	0,002
1,000	1,001	0,001
1,000	1,002	0,002
1,000	1,001	0,001
1,000	1,002	0,002
1,000	1,002	0,002
1,000	1,001	0,001

Alcance de error de indicación (f_e) : 0,002 mm
Incertidumbre del error de indicación : $\pm 3 \mu\text{m}$

ERROR DE REPETIBILIDAD (f_w)


VALOR PATRÓN	INDICACIÓN DEL COMPARADOR	ERROR DE INDICACIÓN
mm	mm	mm
1,000	1,002	0,002
	1,001	0,001
	1,002	0,002
	1,001	0,001
	1,001	0,001

Error de Repetibilidad (f_w) : 0,002 mm
Incertidumbre de medición : $\pm 3 \mu\text{m}$

La incertidumbre expandida de la medición se ha obtenido multiplicando la incertidumbre estándar de la medición por el factor de cobertura $k = 2$ que, para una distribución normal corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente 95%.

FIN DEL DOCUMENTO




Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631



PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LL-1066-2023

Página : 1 de 2

Expediente : 085-2023
Fecha de emisión : 2023-04-08

1. Solicitante : CONSORCIO CARRETERO DEL PERU
Dirección : AV. FELIPE PARDO Y ALIAGA NRO. 695 URB. SANTA CRUZ - SAN ISIDRO - LIMA

El Equipo de medición con el modelo y número de serie abajo. Indicados ha sido calibrado probado y verificado usando patrones certificados con trazabilidad a la Dirección de Metrología del INACAL y otros.

2. Instrumento de Medición : COMPARADOR DE CUADRANTE
Tipo de Indicación : ANALÓGICO
Alcance de Indicación : 0 mm a 30 mm
División de Escala : 0,01 mm
Marca : INSIZE
Modelo : NO INDICA
Serie : 1209110

Los resultados son válidos en el momento y en las condiciones de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamentaciones vigentes.

Punto de Precisión S.A.C no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

3. Lugar y fecha de Calibración
km 188 + 030 LUCMAPAMPA - YANAHUANCA - DANIEL ALCIDES CARRION - PASCO
03 - ABRIL - 2023

4. Método de Calibración
La calibración se efectuó por comparación directa tomando como referencia el Procedimiento de calibración de Comparadores de cuadrante PC-014 (2da Edición 2001) del servicio nacional de metrología, del INACAL - DM.

5. Trazabilidad

INSTRUMENTO	MARCA	CERTIFICADO	TRAZABILIDAD
BLOQUES PLANOPARALELOS	INSIZE	LLA-C-032-2022	INACAL - DM

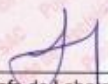
6. Condiciones Ambientales

	INICIAL	FINAL
Temperatura °C	24,4	24,4
Humedad %	38	38

7. Observaciones

Los resultados de las mediciones efectuadas se muestran en la página 02 del presente documento.
Con fines de identificación se colocó una etiqueta autoadhesiva de color verde con la indicación "CALIBRADO"




Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631



PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACION N° LL-1066-2023

Página : 2 de 2

Resultados

ALCANCE DEL ERROR DE INDICACIÓN (f_*)

VALOR PATRÓN	INDICACIÓN DEL COMPARADOR	ERROR DE INDICACIÓN
mm	mm	mm
0,00	0,00	0,00
1,00	0,99	-0,01
2,00	1,98	-0,02
3,00	2,98	-0,02
5,00	4,97	-0,03
8,00	7,98	-0,02
10,00	9,97	-0,03
15,00	14,97	-0,03
20,00	19,98	-0,04
25,00	24,97	-0,03
30,00	29,97	-0,03

Alcance de error de indicación (f_*) : -0,04 mm
Incertidumbre del error de indicación : $\pm 3 \mu\text{m}$

ERROR DE REPETIBILIDAD (f_w)


VALOR PATRÓN	INDICACIÓN DEL COMPARADOR	ERROR DE INDICACIÓN
mm	mm	mm
30,00	29,98	-0,02
	29,99	-0,01
	29,99	-0,01
	29,98	-0,02
	29,98	-0,02

Error de Repetibilidad (f_w) : -0,02 mm
Incertidumbre de medición : $\pm 3 \mu\text{m}$

La incertidumbre expandida de la medición se ha obtenido multiplicando la incertidumbre estándar de la medición por el factor de cobertura $k = 2$ que, para una distribución normal corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente 95%.

FIN DEL DOCUMENTO




Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631

ANEXO 13

RESOLUCIONES

UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO Facultad de Ingeniería

RESOLUCIÓN N° 985-2023-D-FI-UDH

Huánuco, 03 de mayo de 2023

Visto, el Oficio N° 684-2023-C-PAIC-FI-UDH, mediante el cual el Coordinador Académico de Ingeniería Civil, remite el dictamen de los jurados revisores, del Trabajo de Investigación (Tesis) intitulado: "ANÁLISIS ESTRUCTURAL MEDIANTE EL ENSAYO DE VIGA BENKELMAN APLICADA EN LA SUB BASE GRANULAR DE LA CARRETERA DV. CERRO DE PASCO - DV. CHACAYAN DEL KM 181+000 AL KM 230+000, PASCO-2023", presentado por el (la) Bach. Aracely Vanessa FIGUEROA MALPARTIDA.

CONSIDERANDO:

Que, mediante Resolución N° 006-2001-R-AU-UDH, de fecha 24 de julio de 2001, se crea la Facultad de Ingeniería, y;

Que, mediante Resolución de Consejo Directivo N° 076-2019-SUNEDU/CD, de fecha 05 de junio de 2019, otorga la Licencia a la Universidad de Huánuco para ofrecer el servicio educativo superior universitario, y;

Que, mediante Resolución N° 1840-2022-D-FI-UDH, de fecha 16 de setiembre de 2022, perteneciente a la Bach. Aracely Vanessa FIGUEROA MALPARTIDA se le designó como ASESOR(A) al Mg. William Paolo Taboada Trujillo, docente adscrito al Programa Académico de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería, y;

Que, según Oficio N° 684-2023-C-PAIC-FI-UDH, del Coordinador Académico quien informa que los JURADOS REVISORES del Trabajo de Investigación (Tesis) intitulado: "ANÁLISIS ESTRUCTURAL MEDIANTE EL ENSAYO DE VIGA BENKELMAN APLICADA EN LA SUB BASE GRANULAR DE LA CARRETERA DV. CERRO DE PASCO - DV. CHACAYAN DEL KM 181+000 AL KM 230+000, PASCO-2023", presentado por el (la) Bach. Aracely Vanessa FIGUEROA MALPARTIDA, integrado por los siguientes docentes: Mg. Johnny Prudencio Jacha Rojas (Presidente), Mg. Martin Cesar Valdivieso Echevarría (Secretario) y Mg. Reyder Alexander Lambruschini Espinoza (Vocal), quienes declaran APTO para ser ejecutado el Trabajo de Investigación (Tesis), y;

Estando a las atribuciones conferidas al Decano de la Facultad de Ingeniería y con cargo a dar cuenta en el próximo Consejo de Facultad.

SE RESUELVE:

Artículo Primero. - APROBAR, el Trabajo de Investigación (Tesis) y su ejecución intitulado: "ANÁLISIS ESTRUCTURAL MEDIANTE EL ENSAYO DE VIGA BENKELMAN APLICADA EN LA SUB BASE GRANULAR DE LA CARRETERA DV. CERRO DE PASCO - DV. CHACAYAN DEL KM 181+000 AL KM 230+000, PASCO-2023", presentado por el (la) Bach. Aracely Vanessa FIGUEROA MALPARTIDA para optar el Título Profesional de Ingeniero(a) Civil, del Programa Académico de Ingeniería Civil de la Universidad de Huánuco.

Artículo Segundo. - El Trabajo de Investigación (Tesis) deberá ejecutarse hasta un plazo máximo de 1 año de su Aprobación. En caso de incumplimiento podrá solicitar por única vez la ampliación del mismo (6 meses).

REGÍSTRESE, COMUNÍQUESE Y ARCHÍVESE



Distribución:

Fac. de Ingeniería - PAIC - Asesor - Esp. Graduando - Interesado - Archivo.
BCR/EJMI/tes.

UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

Facultad de Ingeniería

RESOLUCIÓN N° 1840-2022-D-FI-UDH

Huánuco, 16 de setiembre de 2022

Visto, el Oficio N° 1168-2022-C-PAIC-FI-UDH presentado por el Coordinador del Programa Académico de Ingeniería Civil y el Expediente N° 369286-0000006951 de la estudiante **ARACELY VANESSA FIGUEROA MALPARTIDA**, quien solicita Asesor de Tesis, para desarrollar el trabajo de investigación (Tesis).

CONSIDERANDO:

Que, de acuerdo a la Nueva Ley Universitaria 30220, Capítulo V, Art 45º inc. 45.2, es procedente su atención, y;

Que, según el Expediente N° 369286-0000006951, presentado por el (la) estudiante **ARACELY VANESSA FIGUEROA MALPARTIDA**, quien solicita Asesor de Tesis, para desarrollar su trabajo de investigación (Tesis), el mismo que propone al Mg. William Paolo Taboada Trujillo, como Asesor de Tesis, y;

Que, según lo dispuesto en el Capítulo II, Art. 27 y 28 del Reglamento General de Grados y Títulos de la Universidad de Huánuco vigente, es procedente atender lo solicitado, y;

Estando a Las atribuciones conferidas al Decano de la Facultad de Ingeniería y con cargo a dar cuenta en el próximo Consejo de Facultad.

SE RESUELVE:

Artículo Primero. - DESIGNAR, como Asesor de Tesis de la estudiante **ARACELY VANESSA FIGUEROA MALPARTIDA**, al Mg. William Paolo Taboada Trujillo, Docente del Programa Académico de Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería.

Artículo Segundo.- El interesado tendrá un plazo máximo de 6 meses para solicitar revisión del Trabajo de Investigación (Tesis). En todo caso deberá de solicitar nuevamente el trámite con el costo económico vigente.

REGÍSTRESE, COMUNÍQUESE Y ARCHÍVESE



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO
FACULTAD DE INGENIERÍA

Ing. Ethel Jherani Muñoz Lozano
SECRETARÍA DOCENTE



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

Mg. Bertha Campos Ríos
DECANATO

Distribución:

Fac. de Ingeniería - PAIC - Asesor - Mat. y Reg. Acad. - Internado - Archivo.
BLCREJMI.uta.