



UNIVERSIDAD ANDINA
NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**MEJORAMIENTO ESTRUCTURAL EN LA CONSTRUCCIÓN
DE OBRAS VIALES UTILIZANDO LA CAPACIDAD
PORTANTE ADMISIBLE DEL SUELO EN
EL DISTRITO DE SAN MIGUEL**

TESIS PRESENTADO POR:

Bach. CARLOS MARTIR PAYEHUANCA CHUQUIMALLCO

PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO CIVIL

JULIACA – PERÚ

2024



UNIVERSIDAD ANDINA
NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
MEJORAMIENTO ESTRUCTURAL EN LA CONSTRUCCIÓN
DE OBRAS VIALES UTILIZANDO LA CAPACIDAD
PORTANTE ADMISIBLE DEL SUELO EN
EL DISTRITO DE SAN MIGUEL

TESIS PRESENTADA POR:

Bach. CARLOS MARTIR PAYEHUANCA CHUQUIMALLCO

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO CIVIL

APROBADA POR EL JURADO REVISOR:

PRESIDENTE : 
Dr. MILTHON QUISPE HUANCA

PRIMER MIEMBRO : 
Dr. ARNALDO YANA TORRES

SEGUNDO MIEMBRO : 
Mgtr. FRITZ WILLY MAMANI APAZA

ASESOR DE TESIS : 
Dr. EFRAÍN PARILLO SOSA

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN : TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN - P17



RESOLUCIÓN DECANAL N° 1514-2024-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 15 de noviembre del 2024

VISTO: El expediente N° 2024- 013881 presentado por el (la) Bachiller: CARLOS MARTIR PAYEHUANCA CHUQUIMALLCO estudiante de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras quien solicita **NOMINACIÓN DE JURADOS Y PROGRAMACIÓN DE FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN.**

CONSIDERANDO:

Que, el (la) Bach. CARLOS MARTIR PAYEHUANCA CHUQUIMALLCO, quien solicita **NOMINACIÓN DE JURADOS Y PROGRAMACIÓN DE FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN** de la Tesis Titulado: **MEJORAMIENTO ESTRUCTURAL EN LA CONSTRUCCIÓN DE OBRAS VIALES UTILIZANDO LA CAPACIDAD PORTANTE ADMISIBLE DEL SUELO EN EL DISTRITO DE SAN MIGUEL**, la misma que pertenece a la línea de investigación **TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN** para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el reglamento interno de trabajos de investigación conducente a grados y títulos mediante Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y en concordancia con el dictamen de similitud.

De conformidad al Reglamento Interno de Trabajos de Investigación Conducente a Grados y Títulos aprobado con Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y en merito al Art. 24, Art. 28 del reglamento, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales, y en uso a las atribuciones, que le concede la ley Universitaria N° 30220, ley de creación de la UANCV N° 23738 y modificatoria N° 24661, y el Estatuto de la UANCV, el Decano y el Director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO.- APROBAR, la **NOMINACIÓN DE JURADOS** integrado por los siguientes docentes:

- * **Presidente** : Dr. MILTHON QUISPE HUANCA
- * **1er Miembro** : Dr. ARNALDO YANA TORRES
- * **2do Miembro** : Mgtr. FRITZ WILLY MAMANI APAZA

ARTICULO SEGUNDO. - RECONOCER como asesor de la propuesta de investigación (tesis) de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras al (a la) docente, Dr. **EFRAIN PARILLO SOSA.**

ARTICULO TERCERO. - APROBAR, la **FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS** de el (la) bachiller: CARLOS MARTIR PAYEHUANCA CHUQUIMALLCO; del informe final de la investigación (tesis) titulado: **MEJORAMIENTO ESTRUCTURAL EN LA CONSTRUCCIÓN DE OBRAS VIALES UTILIZANDO LA CAPACIDAD PORTANTE ADMISIBLE DEL SUELO EN EL DISTRITO DE SAN MIGUEL** para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil. de acuerdo al siguiente detalle:

- * **FECHA** : Jueves 21 de noviembre del 2024
- * **HORA** : 8:00 a.m.
- * **LUGAR** : Aula 406 - FICP

ARTÍCULO CUARTO.- DISPONER que, la Unidad de Investigación, Responsables del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y el Director de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil quedan encargados del cumplimiento de la presente Resolución.

Regístrese, Comuníquese, Archívese.



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

Dr. MILTHON QUISPE HUANCA
DECAÑO
CIP. 47790



VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

Dr. Efraín Parillo Sosa
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

cc.
Archivo
interesado (n)



"NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"

RESOLUCIÓN DECANAL N° 1187-2024-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 03 de octubre del 2024

VISTO: El expediente N° 2024-CU - 011622 por el señor (a): **CARLOS MARTIR PAYEHUANCA CHUQUIMALLCO** quien solicita **REVISIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (borrador de tesis)**, el PROVEIDO - N° 1052 - 2024-UI-FICP-UANCV/J, y la FICHA DE OPINIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACION (BORRADOR DE TESIS) formato N° 188 - 2024 del integrante del comité de investigación EPIC de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, según al reglamento interno de trabajos de investigación conducente a grados y títulos.

CONSIDERANDO:

Que, el señor (a): **CARLOS MARTIR PAYEHUANCA CHUQUIMALLCO**, ha presentado su informe final de la investigación (borrador de tesis) Titulado: **MEJORAMIENTO ESTRUCTURAL EN LA CONSTRUCCIÓN DE OBRAS VIALES UTILIZANDO LA CAPACIDAD PORTANTE ADMISIBLE DEL SUELO EN EL DISTRITO DE SAN MIGUEL**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales; el integrante del comité de investigación Mgtr. Arnaldo Yana Torres de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, emitió la ficha de opinión del informe final de la investigación (borrador de tesis) formato N° 188 - 2024 **aprobando** el informe final de la investigación (borrador de tesis) titulado: **MEJORAMIENTO ESTRUCTURAL EN LA CONSTRUCCIÓN DE OBRAS VIALES UTILIZANDO LA CAPACIDAD PORTANTE ADMISIBLE DEL SUELO EN EL DISTRITO DE SAN MIGUEL**, Correspondiente a la línea de investigación **TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN**.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el reglamento interno de trabajos de investigación conducentes a grados y títulos mediante Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y estando a la opinión favorable del comité de investigación respecto al informe final de la investigación (borrador de tesis).

Estando, con la opinión favorable del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y en concordancia al Reglamento Interno de Trabajos de Investigación Conducente a Grados y Títulos aprobado con Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y en merito al Art. 27 del reglamento, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales, y en uso a las atribuciones, que le concede la ley Universitaria N° 30220, ley de creación de la UANCV N° 23738 y modificatoria N° 24661, y el Estatuto de la UANCV, el Decano y el Director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO.- APROBAR, el **INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (BORRADOR DE TESIS)**, para la **REVISIÓN DE SIMILITUD TURNITIN**, presentado por el señor (a): **CARLOS MARTIR PAYEHUANCA CHUQUIMALLCO**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, con el Tema Titulado: **MEJORAMIENTO ESTRUCTURAL EN LA CONSTRUCCIÓN DE OBRAS VIALES UTILIZANDO LA CAPACIDAD PORTANTE ADMISIBLE DEL SUELO EN EL DISTRITO DE SAN MIGUEL** correspondiente a la línea de investigación **TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN**, en virtud a los considerandos expuestos.

ARTÍCULO SEGUNDO.- RATIFICAR como **ASESOR DE INVESTIGACIÓN** al (a) la), **Dr. EFRAIN PARILLO SOSA**.

ARTÍCULO TERCERO.- DISPONER que, la Unidad de Investigación, Responsables del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y el Director de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil quedan encargados del cumplimiento de la presente Resolución.

Regístrese, Comuníquese, Archívese.



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

Dr. MILTHON QUISPE HUANCA
DECANO
CIP. 47790



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

Dr. Efraín Parillo Sosa
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

cc.
Archivo
interesado (s)



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"

RESOLUCIÓN DECANAL N° 721-2024-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 01 de agosto del 2024

VISTO: El expediente N° 2024-CU-8313, presentado el señor (a) **CARLOS MARTIR PAYEHUANCA CHUQUIMALLCO** solicitando **APROBACIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN** el **PROVEIDO - N° 659 -2024-UI-FICP-UANCV/J**, y la **FICHA DE OPINIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN** formato N° 195 -2024 del integrante del comité de investigación EPIC de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, según al reglamento interno de trabajos de investigación conducente a grados y títulos.

CONSIDERANDO:

Que, el señor (a): **CARLOS MARTIR PAYEHUANCA CHUQUIMALLCO** ha presentado su propuesta de investigación Titulado: **MEJORAMIENTO ESTRUCTURAL EN LA CONSTRUCCIÓN DE OBRAS VIALES UTILIZANDO LA CAPACIDAD PORTANTE ADMISIBLE DEL SUELO EN EL DISTRITO DE SAN MIGUEL**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales; el integrante del comité de investigación Mgtr. Arnaldo Yana Torres de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, emitió la ficha de opinión de la propuesta de investigación formato N° 195 -2024- aprobando la propuesta de investigación titulado: **MEJORAMIENTO ESTRUCTURAL EN LA CONSTRUCCIÓN DE OBRAS VIALES UTILIZANDO LA CAPACIDAD PORTANTE ADMISIBLE DEL SUELO EN EL DISTRITO DE SAN MIGUEL**.

Que, es requisito indispensable contar con un asesor docente ordinario y/o contratado de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras con un mínimo de cinco años de docencia, grado de doctor o magister y experiencia en la línea a investigar, o deberá estar acreditado por Resolución 0989-2022-UANCV-CU-R, quien asumirá como asesor de la propuesta de investigación, según el área o grado.

Estando, con la opinión favorable de la propuesta de investigación del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y en concordancia al Reglamento Interno de Trabajos de Investigación Conducente a Grados y Títulos aprobado con Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y en merito al Art. 25 del reglamento, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales, y en uso a las atribuciones, que le concede la ley Universitaria N° 30220, ley de creación de la UANCV N° 23738 y modificatoria N° 24661, y el Estatuto de la UANCV, el Decano y el Director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO.- APROBAR, la **PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN**, presentado por el señor (a): **CARLOS MARTIR PAYEHUANCA CHUQUIMALLCO**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, con el Tema Titulado: **MEJORAMIENTO ESTRUCTURAL EN LA CONSTRUCCIÓN DE OBRAS VIALES UTILIZANDO LA CAPACIDAD PORTANTE ADMISIBLE DEL SUELO EN EL DISTRITO DE SAN MIGUEL** correspondiente a la línea de investigación **TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN**.

La misma que deberá proceder con la ejecución de la propuesta de Investigación aprobado de acuerdo a lo establecido en el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales.

ARTÍCULO SEGUNDO.- RECONOCER como **ASESOR DE INVESTIGACIÓN** de al (a la) docente **Dr. EFRAIN PARILLO SOSA**.

ARTÍCULO TERCERO.- DISPONER que, la Unidad de Investigación, Responsables del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y el Director de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil quedan encargados del cumplimiento de la presente Resolución.

Regístrese, Comuníquese, Archívese.



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

Dr. MILTON QUISPE HUANCA
DECANO
CIP. 47790



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
Dr. Efraín Parillo Sosa
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

cc.
Archivo 2024
Interesado (a)



MEJORAMIENTO ESTRUCTURAL EN LA CONSTRUCCIÓN DE OBRAS VIALES UTILIZANDO LA CAPACIDAD PORTANTE ADMISIBLE DEL SUELO EN EL DISTRITO DE SAN MIGUEL

INFORME DE ORIGINALIDAD

21 %

INDICE DE SIMILITUD

19%

FUENTES DE INTERNET

5%

PUBLICACIONES

12%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net Fuente de Internet	4%
2	Submitted to Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez Trabajo del estudiante	4%
3	repositorio.uancv.edu.pe Fuente de Internet	2%
4	repositorio.unap.edu.pe Fuente de Internet	1%
5	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	1%
6	repositorio.upao.edu.pe Fuente de Internet	1%
7	pdfcookie.com Fuente de Internet	1%
8	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	1%




Metadatos Complementarios



Título de la tesis	
MEJORAMIENTO ESTRUCTURAL EN LA CONSTRUCCIÓN DE OBRAS VIALES UTILIZANDO LA CAPACIDAD PORTANTE ADMISIBLE DEL SUELO EN EL DISTRITO DE SAN MIGUEL	
Datos de autor	
Nombres y apellidos	Carlos Martir Payehuanca Chuquimallco
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	47199613
URL de ORCID	https://orcid.org/0009-0004-1249-8739
Datos de asesor	
Nombres y apellidos	Efrain Parillo Sosa
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	02416058
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0001-7567-039X
Datos del jurado	
Presidente del jurado	
Nombres y apellidos	Milthon Quispe Huanca
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	02424528
Miembro del jurado 1	
Nombres y apellidos	Arnaldo Yana Torres
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	41414676
Miembro del jurado 2	
Nombres y apellidos	Fritz Willy Mamani Apaza
Tipo de documento	DNI



Número de documento de identidad	02306659
Datos de investigación	
Línea de investigación	Tecnología de la Construcción - P17
Grupo de investigación	No aplica.
Agencia de financiamiento	Sin financiamiento
Ubicación geográfica de la investigación	País: Perú Departamento: Puno Provincia: San Román Distrito: San Miguel Latitud: S 15° 28' 43" Longitud: O 70° 07' 37"  https://maps.app.goo.gl/sRv2M7R1wK3qJ4nL7
Año o rango de años en que se realizó la investigación	Agosto 2024 – Noviembre 2024
URL de disciplinas OCDE https://concytec-pe.github.io/Peru-CRIS/vocabularios/ocde_ford.html - Librería	Ingeniería Civil https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.00 Ingeniería de la construcción https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.03


Dr. Efraín Parillo Bose
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN



DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD Y RESPONSABILIDAD

Yo CARLOS MARTIR PAYEHUANCA CHUQUIMALLCO, identificado con DNI Nro. 47199613, en mi condición de egresado de:

- Escuela Profesional
- Programa de Segunda Especialidad,
- Programa de Maestría o Doctorado

INGENIERÍA CIVIL

informo que he elaborado el/la Tesis o Trabajo de Investigación, Trabajo Académico denominada:

MEJORAMIENTO ESTRUCTURAL EN LA CONSTRUCCIÓN DE OBRAS VIALES UTILIZANDO LA

CAPACIDAD PORTANTE ADMISIBLE DEL SUELO EN EL DISTRITO DE SAN MIGUEL

Asesorado por: Dr. EFRAIN PARILLO SOSA

Es un tema original.

Declaro que el presente trabajo de tesis es elaborado por mi persona y **no existe plagio/copia** de ninguna naturaleza, en especial de otro documento de investigación (tesis, revista, texto, congreso, o similar) presentado por persona natural o jurídica alguna ante instituciones académicas, profesionales, de investigación o similares, en el país o en el extranjero.

Dejo constancia que las citas de otros autores han sido debidamente identificadas en el trabajo de investigación, por lo que no asumiré como tuyas las opiniones vertidas por terceros, ya sea de fuentes encontradas en medios escritos, digitales o Internet.

Asimismo, ratifico que soy plenamente consciente de todo el contenido de la tesis y asumo la responsabilidad de cualquier error u omisión en el documento, así como de las connotaciones éticas y legales involucradas.

El incumplimiento de lo declarado da lugar a responsabilidad del declarante, en consecuencia; a través del presente documento asumo frente a terceros, la Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez y/o la Administración Pública toda responsabilidad que pueda derivarse por el trabajo final presentado. Lo señalado incluye responsabilidad pecuniaria incluido el pago de multas u otros por los daños y perjuicios que se ocasionen.

Juliaca 10 de diciembre del 2024

Firma del Asesor
(obligatoria)

Firma del Estudiante
(obligatoria)



Huella



DEDICATORIA

A Dios por lo que soy y he logrado y sobre todo porque está presente en todo momento y circunstancia.

A mi adorado padre Rene PAYEHUANCA MAMANI, por el primer maestro que supo entenderme, guiarme y conducirme a ser un profesional exitoso.

A mi Madre linda Neliana CHUQUIMALLCO CHAMBI. Con mucho respeto, amor y cariño, por ser la guía de mi vida, y su apoyo constante e incondicional.

Con todo cariño para mis hermanitas queridas Marleni y Paty Yudith por compartir su apoyo moral y su alegría en mis momentos más difíciles.

Con mucho respeto y cariño en memoria de mi querido primo Cesar PAYEHUANCA YUGRA por haberme enseñado afrontar en la vida y por haberme enseñado el camino correcto del profesionalismo.



AGRADECIMIENTO

A todas aquellas personas que de una u otra manera han contribuido para el logro de mis objetivos.

A nuestras familias por su motivación y enorme apoyo que nos brindaron moralmente en este proyecto.

A mis amigos; Jesualdo, Mark, Franz, Yoni Laurente, Nil Boni, Pongo Silva, por su apoyo moral incondicional de este informe de investigación, ya que sin su apoyo se hubiese producido muchas dificultades.



ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA..... I
AGRADECIMIENTO..... II
ÍNDICE DE CONTENIDOS..... III
ÍNDICE DE TABLAS..... VI
ÍNDICE DE FIGURAS..... VIII
RESUMEN..... XI
ABSTRACT..... XII
INTRODUCCIÓN..... XIII
CAPÍTULO I..... 1
EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN..... 1
1.1 Análisis de la situación problemática..... 1
1.2 Planteamiento del problema..... 2
1.2.1 Problema general2
1.2.2 Problemas específicos.....3
1.3 Objetivos de la investigación..... 3
1.3.1 Objetivo general.....3
1.3.2 Objetivos específicos.....3
1.4 Justificación de la investigación. 3
1.4.1 Justificación técnica.....3
1.4.2 Justificación económica.....4
1.4.3 Justificación social4
1.5 Hipótesis de la investigación 5
1.5.1 Hipótesis general5
1.5.2 Hipótesis específicas5
1.6 Variables e indicadores..... 5
1.6.1 Variable independiente5
1.6.2 Variable dependiente.....6
1.7 Operacionalización de variables 6
CAPITULO II..... 7
MARCO TEÓRICO..... 7
2.1 Antecedentes de la investigación..... 7
2.1.1 Antecedentes internacionales.....7
2.1.2 Antecedente nacional9
2.1.3 Antecedente local12
2.2 Bases teóricas 13
2.2.1 Pavimentos13



2.2.1.1	<i>Generalidades</i>	13
2.2.2	Tipos de pavimento	15
2.2.2.1	<i>Pavimento flexible</i>	15
2.2.2.2	<i>Pavimento rígido</i>	17
2.2.2.3	<i>Pavimento semirrígido</i>	20
2.2.2.4	<i>Pavimento articulado</i>	22
2.2.3	Funciones de la estructura del pavimento	24
2.2.4	Diseño de pavimentos	27
2.2.4.1	<i>Diseño de pavimento flexible</i>	27
2.2.4.2	<i>Guía de diseño de vías</i>	27
2.2.5	Factores a considerar el diseño de pavimentos	28
2.2.5.1	<i>Tipo de tráfico</i>	28
2.2.5.2	<i>Clima y condiciones ambientales</i>	29
2.2.5.3	<i>Suelo subyacente</i>	29
2.2.5.4	<i>Materiales del pavimento</i>	29
2.2.5.5	<i>Diseño estructural</i>	29
2.2.5.6	<i>Drenaje</i>	29
2.2.5.7	<i>Topografía y geometría de la carretera</i>	30
2.2.5.8	<i>Mantenimiento y vida útil</i>	30
2.2.6	Estudio de mecánica de suelos	30
2.2.6.1	<i>Ensayos de laboratorio</i>	31
2.3	Marco conceptual.....	33
2.3.1	Berma	33
2.3.2	Calzada o pista	33
2.3.3	Carril	33
2.3.4	Base.....	34
2.3.5	Periodo de diseño.....	34
2.3.6	CBR	34
2.3.7	Superficie de diseño	34
2.3.8	Pavimento.....	34
2.3.9	Subbase.....	34
2.3.10	Subrasante	35
2.3.11	Superficie de rodadura	35
CAPITULO III	36
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	36
3.1	Diseño de investigación	36
3.2	Método de investigación	36
3.3	Nivel de Investigación	37
3.4	Tipo de investigación	37
3.5	Ubicación, Población y muestra	38
3.5.1	Ubicación.....	38



3.5.2	Población	38
3.5.3	Muestra	39
3.5.4	Procedimiento	39
3.6	Validación y de instrumentos y confiabilidad	40
3.6.1	Validación de instrumentos	40
3.6.2	Confiabilidad de instrumentos	40
CAPITULO IV		41
ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS.....		41
4.1	Resultados.....	41
4.1.1	Propiedades físicas y mecánicas que presentan los suelos para el mejoramiento estructural de obras viales	41
4.1.2	Determinar los valores de la capacidad de soporte de los suelos para el mejoramiento estructural.....	56
4.1.3	Plan para mejoramiento en la construcción de obras viales	76
CONCLUSIONES		97
RECOMENDACIONES.....		98
REFERENCIAS		99
ANEXOS		104
ANEXO 1. MATRIZ DE CONSISTENCIA.....		105
ANEXO 2. PANEL FOTOGRÁFICO.....		106
ANEXO 3. CERTIFICADOS DE CONTROL DE CALICATAS DE LABORATORIO.....		113



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Operacionalización de variables	6
Tabla 2 Categorías de la subrasante	33
Tabla 3 Tamizado calicata 01	41
Tabla 4 humedad calicata 01	42
Tabla 5 Límites de consistencia calicata 1	43
Tabla 6 Características granulométricas calicata 1	44
Tabla 7 Tamizado – calicata 02	44
Tabla 8 Contenido de humedad calicata 02	45
Tabla 9 Límites de consistencia calicata 2	46
Tabla 10 Características granulométricas calicata 2	46
Tabla 11 Tamizado – calicata 03	47
Tabla 12 % de humedad calicata 03	48
Tabla 13 Límites de consistencia calicata 3	49
Tabla 14 Características granulométricas calicata 3	49
Tabla 15 Tamizado – calicata 04	50
Tabla 16 % humedad calicata 04	51
Tabla 17 Límites de consistencia calicata 4	52
Tabla 18 Características granulométricas calicata 4	52
Tabla 19 Análisis granulométrico – calicata 05	53
Tabla 20 % humedad calicata 05	54
Tabla 21 Límites de consistencia calicata 5	55
Tabla 22 Características granulométricas calicata 5	55
Tabla 23 DMS de calicata 1	56
Tabla 24 Corrección por penetración, relación humedad – densidad, calicata 1	57
Tabla 25 Resultados método de compactación – calicata 1	59
Tabla 26 DMS de calicata 2	60
Tabla 27 Corrección por penetración, relación humedad – densidad, calicata 2	61
Tabla 28 Resultados método de compactación – calicata 2	63
Tabla 29 Proctor modificado calicata 3	64
Tabla 30 Corrección por penetración, relación humedad – densidad, calicata 3	65



Tabla 31 Resultados método de compactación – calicata 3	67
Tabla 32 Proctor modificado calicata 4	68
Tabla 33 Corrección por penetración, relación humedad – densidad, calicata 4.....	69
Tabla 34 Resultados método de compactación – calicata 4	71
Tabla 35 Proctor modificado calicata 5.....	72
Tabla 36 Corrección por penetración, relación humedad – densidad, calicata 5.....	73
Tabla 37 Resultados método de compactación – calicata 5	75
Tabla 38 Proctor modificado + 10% de cal, calicata 1	76
Tabla 39 Corrección por penetración, relación humedad – densidad + 10% de cal, calicata 1	77
Tabla 40 Resultados método de compactación + 10% de cal, – calicata 1	79
Tabla 41 Proctor modificado + 10% de cal, calicata 2	80
Tabla 42 Corrección por penetración, relación humedad – densidad + 10% de cal, calicata 2	81
Tabla 43 Resultados método de compactación + 10% de cal, – calicata 2.....	83
Tabla 44 Proctor modificado + 10% de cal, calicata 3	84
Tabla 45 Corrección por penetración, relación humedad – densidad + 10% de cal, calicata 3	85
Tabla 46 Resultados método de compactación + 10% de cal, – calicata 3.....	87
Tabla 47 Proctor modificado + 10% de cal, calicata 4	88
Tabla 48 Corrección por penetración, relación humedad – densidad + 10% de cal, calicata 4	89
Tabla 49 Resultados método de compactación + 10% de cal, – calicata 4.....	91
Tabla 50 Proctor modificado + 10% de cal, calicata 5	92
Tabla 51 Corrección por penetración, relación humedad – densidad + 10% de cal, calicata 5	93
Tabla 52 Resultados método de compactación + 10% de cal, – calicata 5.....	95



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Estructura del pavimento.....	15
Figura 2 Pavimento flexible	17
Figura 3 Pavimento rígido	19
Figura 4 Pavimento articulado.....	24
Figura 5 Curva granulométrica – calicata 01	41
Figura 6 Representación del % humedad calicata 1.....	42
Figura 7 Curva granulométrica – calicata 02	44
Figura 8 Representación del % humedad calicata 2.....	45
Figura 9 Curva granulométrica – calicata 03	47
Figura 10 Representación % humedad calicata 3	48
Figura 11 Curva granulométrica – calicata 04	50
Figura 12 Representación % de humedad calicata 4	51
Figura 13 Curva granulométrica – calicata 05	53
Figura 14 Representación % humedad calicata 5	54
Figura 15 Relación humedad densidad calicata 1	56
Figura 16 Representación gráfica relación CBR - densidad seca, calicata 1	57
Figura 17 Relación esfuerzo – penetración, 12 golpes - calicata 1.....	58
Figura 18 Relación esfuerzo – penetración, 25 golpes - calicata 1.....	58
Figura 19 Relación esfuerzo – penetración, 56 golpes - calicata 1.....	59
Figura 20 Relación humedad densidad calicata 2.....	60
Figura 21 Representación gráfica relación CBR - densidad seca, calicata 2.....	61
Figura 22 Relación esfuerzo – penetración, 12 golpes - calicata 2.....	62
Figura 23 Relación esfuerzo – penetración, 25 golpes - calicata 2.....	62
Figura 24 Relación esfuerzo – penetración, 56 golpes - calicata 2.....	63
Figura 25 Relación humedad densidad calicata 3.....	64
Figura 26 Representación gráfica relación CBR - densidad seca, calicata 3.....	65
Figura 27 Relación esfuerzo – penetración, 12 golpes - calicata 3.....	66
Figura 28 Relación esfuerzo – penetración, 25 golpes - calicata 3.....	66
Figura 29 Relación esfuerzo – penetración, 56 golpes - calicata 3.....	67
Figura 30 Relación humedad densidad calicata 4	68



Figura 31 Representación gráfica relación CBR - densidad seca, calicata 4.....	69
Figura 32 Relación esfuerzo – penetración, 12 golpes - calicata 4.....	70
Figura 33 Relación esfuerzo – penetración, 25 golpes - calicata 4.....	70
Figura 34 Relación esfuerzo – penetración, 56 golpes - calicata 4.....	71
Figura 35 Relación humedad densidad calicata 5.....	72
Figura 36 Representación gráfica relación CBR - densidad seca, calicata 5.....	73
Figura 37 Relación esfuerzo – penetración, 12 golpes - calicata 5.....	74
Figura 38 Relación esfuerzo – penetración, 25 golpes - calicata 5.....	74
Figura 39 Relación esfuerzo – penetración, 56 golpes - calicata 5.....	75
Figura 40 Relación humedad densidad + 10% de cal, calicata 1.....	76
Figura 41 Representación gráfica relación CBR - densidad seca + 10% de cal, calicata 1	77
Figura 42 Relación esfuerzo – penetración + 10% de cal, 12 golpes - calicata 1	78
Figura 43 Relación esfuerzo – penetración + 10% de cal, 25 golpes - calicata 1	78
Figura 44 Relación esfuerzo – penetración + 10% de cal, 56 golpes - calicata 1	79
Figura 45 Relación humedad densidad + 10% de cal, calicata 2.....	80
Figura 46 Representación gráfica relación CBR - densidad seca + 10% de cal, calicata 2	81
Figura 47 Relación esfuerzo – penetración+ 10% de cal, 12 golpes - calicata 2	82
Figura 48 Relación esfuerzo – penetración+ 10% de cal, 25 golpes - calicata 2	82
Figura 49 Relación esfuerzo – penetración+ 10% de cal, 56 golpes - calicata 2	83
Figura 50 Relación humedad densidad + 10% de cal, calicata 3.....	84
Figura 51 Representación gráfica relación CBR - densidad seca + 10% de cal, calicata 3	85
Figura 52 Relación esfuerzo – penetración + 10% de cal, 12 golpes - calicata 3	86
Figura 53 Relación esfuerzo – penetración+ 10% de cal, 25 golpes - calicata 3	86
Figura 54 Relación esfuerzo – penetración+ 10% de cal, 56 golpes - calicata 3	87
Figura 55 Relación humedad densidad + 10% de cal, calicata 4.....	88
Figura 56 Representación gráfica relación CBR - densidad seca+ 10% de cal, calicata 4	89
Figura 57 Relación esfuerzo – penetración + 10% de cal, 12 golpes - calicata 4	90
Figura 58 Relación esfuerzo – penetración + 10% de cal, 25 golpes - calicata 4	90
Figura 59 Relación esfuerzo – penetración + 10% de cal, 56 golpes - calicata 4	91
Figura 60 Relación humedad densidad + 10% de cal, calicata 5.....	92



Figura 61 Representación gráfica relación CBR - densidad seca + 10% de cal, calicata 5	93
Figura 62 Relación esfuerzo – penetración + 10% de cal, 12 golpes - calicata 5	94
Figura 63 Relación esfuerzo – penetración + 10% de cal, 25 golpes - calicata 5	94
Figura 64 Relación esfuerzo – penetración + 10% de cal, 56 golpes - calicata 5	95



RESUMEN

El presente estudio denominado "Mejoramiento estructural en la construcción de obras viales utilizando la capacidad portante admisible del suelo en el distrito de San Miguel, tuvo la finalidad de desarrollar el mejoramiento estructural en la construcción de obras viales utilizando la capacidad portante admisible del suelo en el distrito de San Miguel. Utilizando los enfoques más avanzados en diseño y restauración de pavimentos, se identificaron las rutas prioritarias para pavimentación y se evaluaron las posibles estructuras que se podrían construir, con el fin de mejorar el flujo vehicular. Para el éxito de esta tarea, es crucial que el diseñador aplique un criterio sólido y tenga un amplio conocimiento de los métodos de construcción y los materiales disponibles. Durante la investigación, se tomaron en cuenta estos factores junto con la recopilación de información relevante sobre los antecedentes de la región, incluyendo aspectos demográficos, hidrográficos y socioeconómicos, además de las operaciones actuales en la zona. También se analizaron los datos topográficos necesarios para definir los perfiles longitudinales y las secciones transversales de las vías, considerando tanto la información altimétrica como planimétrica. El proyecto procederá con el diseño urbano de la vía, evaluando el tráfico y su relación con el diseño de las carreteras. Es esencial comprender el análisis de la mecánica del suelo, que abarca la selección de puntos de muestreo, la recolección de muestras, la realización de pruebas de laboratorio y la clasificación de los resultados obtenidos. Asimismo, se desarrollará el diseño estructural del pavimento rígido, destacando el factor clave para determinar el espesor de la losa de concreto, utilizando un enfoque simplificado para tal fin. El diseño de la vía también incluirá estructuras complementarias al pavimento, junto con los cálculos cuantitativos y los requisitos técnicos pertinentes a dichas estructuras.

Palabras Clave: Mejoramiento, obras viales, capacidad portante.



ABSTRACT

The present study, entitled "Structural improvement in the construction of road works using the admissible bearing capacity of the soil in the district of San Miguel", had the purpose of developing the structural improvement in the construction of road works using the admissible bearing capacity of the soil in the district of San Miguel. Using the most advanced approaches in pavement design and restoration, priority routes for paving were identified and possible structures that could be built were evaluated, in order to improve vehicular flow. For the success of this task, it is crucial that the designer apply sound judgment and have extensive knowledge of construction methods and available materials. During the investigation, these factors were taken into account along with the collection of relevant information on the background of the region, including demographic, hydrographic and socioeconomic aspects, in addition to current operations in the area. The topographic data necessary to define the longitudinal profiles and cross sections of the roads were also analyzed, considering both altimetric and planimetric information. The project will proceed with the urban design of the road, assessing traffic and its relationship to road design. Understanding soil mechanics analysis is essential, which includes the selection of sampling points, sample collection, laboratory testing and classification of the results obtained. The structural design of the rigid pavement will also be developed, highlighting the key factor in determining the thickness of the concrete slab, using a simplified approach for this purpose. The road design will also include complementary structures to the pavement, along with the quantitative calculations and technical requirements relevant to such structures.

Keywords: Improvements, road works, bearing capacity.



INTRODUCCIÓN

Para construir caminos eficientes y seguros, es esencial el reforzamiento estructural, teniendo en cuenta la capacidad de carga aceptable del suelo en la región de San Miguel. Al planificar y construir caminos, es crucial considerar la capacidad de carga del suelo, que se define como su capacidad de soportar pesos sin deformarse o colapsar sustancialmente. Debido a las características geotécnicas únicas de la zona y las condiciones de carga que afectan a los caminos en San Miguel, este factor asume una importancia adicional en este contexto.

Existe una gran heterogeneidad geotécnica en la región de San Miguel, lo que dificulta bastante la construcción y el mantenimiento de la red vial allí. La mala evaluación de la capacidad de carga del suelo durante las fases de diseño y construcción es una causa típica de problemas estructurales, incluidos hundimientos, fracturas y deformaciones en caminos y calles. Estas fallas no solo reducen la vida útil de la infraestructura y aumentan los costos de mantenimiento, sino que también ponen en peligro la seguridad y la comodidad de los usuarios.

El diseño de construcciones viales que puedan soportar las cargas previstas requiere una evaluación precisa y un uso eficaz de la capacidad de carga del suelo. Esto reduce el riesgo de fallas estructurales y aumenta la longevidad de las obras. Como parte de este procedimiento, se realizan investigaciones geotécnicas exhaustivas, que incluyen la recolección de muestras de suelo, la realización de pruebas de laboratorio y el análisis minucioso de los resultados para determinar la capacidad portante. El refuerzo del suelo, la estabilización de las cimentaciones y la instalación de sistemas de drenaje eficientes son opciones viables para mejorar la estructura con base en estos datos.

Además de mejorar la capacidad portante del suelo, la mejora estructural también implica la optimización de los diseños de las carreteras para que se adapten a las características únicas del terreno. Mejorar el rendimiento de las carreteras, reducir los



costos de mantenimiento y garantizar la seguridad de los usuarios son resultados de la implementación de soluciones adecuadas.

A la hora de abordar los problemas actuales y promover el crecimiento sostenible de la infraestructura vial, el proyecto de rehabilitación estructural en el área de San Miguel es crucial. Una red vial más resistente y eficiente, capaz de satisfacer las demandas de movilidad de la región y ofrecer una infraestructura segura y duradera para la comunidad, se puede lograr mediante la aplicación adecuada de los principios relacionados con la capacidad portante admisible del suelo, en conjunción con técnicas adecuadas de diseño estructural.



CAPÍTULO I

EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 Análisis de la situación problemática.

En el distrito de San Miguel, existe una problemática importante relacionada con la calidad y durabilidad de las obras viales, directamente vinculada a la capacidad portante admisible del suelo. Este concepto hace referencia a la habilidad del terreno para soportar las cargas impuestas por las infraestructuras viales sin experimentar deformaciones excesivas o fallos, siendo crucial para asegurar la estabilidad y seguridad de las mismas.

Actualmente, muchas de las vías en San Miguel presentan evidentes deficiencias estructurales, como deformaciones, grietas y hundimientos. Estas fallas suelen deberse a una evaluación insuficiente de la capacidad portante del suelo en las fases de diseño y construcción. La falta de estudios geotécnicos detallados y el uso de métodos de construcción inapropiados han resultado en infraestructuras que no soportan las cargas reales, lo que ha provocado un deterioro acelerado y una reducción significativa de su vida útil.

La insuficiente capacidad portante del suelo puede tener diversas causas, como la presencia de suelos inestables, una compactación incorrecta o la falta de tratamientos adecuados para mejorar sus propiedades. Estas dificultades se ven agravadas por las



condiciones climáticas y la variabilidad geotécnica de la región, lo que complica aún más la planificación y ejecución de proyectos viales efectivos.

Además, las deficiencias en las vías no solo generan problemas de infraestructura, sino que también afectan la seguridad y comodidad de los usuarios. Las carreteras en mal estado contribuyen a la congestión vehicular y aumentan el riesgo de accidentes, reduciendo la eficiencia del transporte. A su vez, los frecuentes y costosos trabajos de mantenimiento necesarios suponen una carga económica para la administración local, afectando la calidad de vida de los habitantes de la zona.

Para abordar estas deficiencias, es fundamental que los proyectos de mejoramiento estructural en San Miguel incluyan un análisis exhaustivo de la capacidad portante del suelo, basado en estudios geotécnicos precisos. Esto implica la recolección de muestras, la realización de pruebas de laboratorio y la evaluación detallada de los resultados obtenidos. Con esta información, se deben aplicar técnicas de mejora del suelo y de diseño estructural que permitan a las vías soportar las cargas esperadas, reducir el riesgo de fallos y extender su vida útil.

En conclusión, la problemática en San Miguel radica en la necesidad de una correcta evaluación y aplicación de la capacidad portante admisible del suelo para mejorar las obras viales. La solución no solo pasa por corregir las fallas estructurales actuales, sino también por implementar estrategias preventivas que eviten futuros deterioros y garanticen una infraestructura vial segura y eficiente para la comunidad.

1.2 Planteamiento del problema

1.2.1 Problema general

¿Cómo desarrollar el mejoramiento estructural en la construcción de obras viales utilizando la capacidad portante admisible del suelo en el distrito de San Miguel?



1.2.2 Problemas específicos

1. ¿Cuáles son las propiedades físicas y mecánicas que presentan los suelos para el mejoramiento estructural de obras viales en el distrito de San Miguel?
2. ¿Cuáles son los valores de la capacidad de soporte de los suelos para el mejoramiento estructural de obras viales en el distrito de San Miguel?
3. ¿Cómo realizar un plan para mejoramiento en la construcción de obras viales en el distrito de San Miguel?

1.3 Objetivos de la investigación

1.3.1 Objetivo general

Desarrollar el mejoramiento estructural en la construcción de obras viales utilizando la capacidad portante admisible del suelo en el distrito de San Miguel.

1.3.2 Objetivos específicos

1. Determinar las propiedades físicas y mecánicas que presentan los suelos para el mejoramiento estructural de obras viales en el distrito de San Miguel.
2. Determinar los valores de la capacidad de soporte de los suelos para el mejoramiento estructural de obras viales en el distrito de San Miguel.
3. Realizar un plan para mejoramiento en la construcción de obras viales en el distrito de San Miguel.

1.4 Justificación de la investigación.

1.4.1 Justificación técnica

Mejorar la integridad estructural de las infraestructuras viarias es crucial para mantener la eficacia y la seguridad del tráfico, al tiempo que se prolonga la vida útil de las instalaciones ya existentes, exposición constante a factores ambientales como el tráfico intenso, las inclemencias del tiempo y el proceso de envejecimiento que sufren los



materiales de forma natural, contribuyen al deterioro progresivo de los puentes y viaductos. Este deterioro puede manifestarse en forma de fisuras, corrosión, pérdida de capacidad portante y otros daños que comprometen la integridad estructural y la funcionalidad de estas obras. Por tanto, el mejoramiento estructural no solo es una medida preventiva para evitar accidentes y colapsos, sino también una inversión a largo plazo que optimiza la operatividad de la red vial, minimiza los costos de mantenimiento y promueve un transporte seguro y eficiente para la comunidad.

1.4.2 Justificación económica

Invertir en el mejoramiento estructural de las obras viales resulta económicamente ventajoso a largo plazo debido a varios factores. En primer lugar, la duradera de la vida útil de las estructuras existentes reduce la necesidad de reconstrucción completa, lo que implica costos significativamente más bajos en comparación con la construcción de nuevas obras. Además, al ayudar la resistencia y durabilidad de los puentes y viaductos, se reducen los gastos de mantenimiento recurrente, tales como reparaciones constantes y inspecciones periódicas. Esto conlleva a una disminución en los costos operativos a lo largo del ciclo de vida de la infraestructura vial. Asimismo, el mejoramiento estructural puede contribuir a la reducción de los costos asociados con posibles interrupciones en el tráfico, accidentes vehiculares y daños a la propiedad pública y privada, lo que a su vez genera ahorros tangibles para la comunidad y los usuarios de las vías.

1.4.3 Justificación social

El mejoramiento estructural de las estructuras viales no solo tiene beneficios técnicos y económicos, sino que también desencadena impactos sociales significativos. Las infraestructuras viales seguras y eficientes son esenciales para facilitar la movilidad de las personas y mercancías, promoviendo así la conectividad entre comunidades y el acceso a servicios básicos como educación, atención médica y empleo. Al garantizar la integridad estructural de puentes y viaductos, se fortalece la seguridad de quienes transitan



por estas vías, reduciendo el riesgo de accidentes viales y, en consecuencia, salvaguardando vidas humanas. Además, el mejoramiento de las infraestructuras viales puede fomentar el desarrollo económico y social al facilitar el acceso a áreas remotas, promover el turismo local y mejorar las calidades de vida en comunidades alrededor de estas obras. En última instancia, estas mejoras contribuyen a una sociedad más inclusiva, resiliente y próspera.

1.5 Hipótesis de la investigación

1.5.1 Hipótesis general

El mejoramiento estructural en la construcción de obras viales utilizando la capacidad portante admisible del suelo en el distrito de San Miguel, variara con relación a sus características.

1.5.2 Hipótesis específicas.

1. Las propiedades físicas y mecánicas que presentan los suelos para el mejoramiento estructural de obras viales en el distrito de San Miguel, cambiaran con respecto a su tipo de clasificación de suelo.
2. La capacidad de soporte de los suelos para el mejoramiento estructural de obras viales en el distrito de San Miguel, cambiarán en sus porcentajes de máxima densidad seca y optimo contenido de humedad.
3. El plan para mejoramiento en la construcción de obras viales en el distrito de San Miguel, variara con el tipo de material que se incorpore para el mejoramiento.

1.6 Variables e indicadores

1.6.1 Variable independiente

Propiedades físicas y mecánicas del suelo

Indicadores



- % humedad
- Granulometría
- Límites de consistencia
- Máxima densidad seca
- Capacidad de soporte

1.6.2 Variable dependiente

Mejoramiento

Indicadores

- Mejoramiento por compactación
- Mejoramiento por capacidad de soporte

1.7 Operacionalización de variables

Tabla 1

Operacionalización de variables

Variables	Definición conceptual	Dimensiones	Indicadores
Independiente			% humedad Granulometría Límites de consistencia Máxima densidad seca Capacidad de soporte
Propiedades de los suelos	El comportamiento de los suelos es esencial para el diseño y construcción de infraestructuras, ya que sus propiedades determinan su capacidad para soportar cargas y resistir esfuerzos bajo distintas condiciones.	Características físicas y mecánicas	
Dependiente			Mejoramiento por compactación Mejoramiento por capacidad de soporte
Mejoramiento	El mejoramiento implica acciones para fortalecer, reparar o modernizar una construcción, aumentando su resistencia, durabilidad, funcionalidad o estética incluir la aplicación de técnicas de ingeniería para reforzar	Mejoramiento	



CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de la investigación.

2.1.1 Antecedentes internacionales

Según Guo et al. (2023), en su investigación "Mejora del mantenimiento del pavimento: un modelo de aprendizaje profundo para la predicción precisa y la detección temprana de daños estructurales en el pavimento", sostiene que el deterioro del pavimento, que se ve exacerbado por daños estructurales, da como resultado una enorme intensidad de carbono para el mantenimiento de rutina y problemas de seguridad en el transporte. Un enfoque prometedor para resolver este problema es predecir el daño estructural antes de que ocurra. Sin embargo, la predicción de daños estructurales es un problema complejo con muchos factores influyentes que ningún índice por sí solo puede resolver con precisión para el pavimento en servicio. En este estudio, se adopta un nuevo método que combina todos los factores implícitos en un algoritmo de red neuronal de aprendizaje profundo (DNN) para lograr una alta precisión en la predicción del daño estructural del pavimento. Los procedimientos de entrenamiento y optimización del modelo DNN se introducen explícitamente para la repetibilidad y el desarrollo del modelo. Los resultados muestran que el modelo de última generación (SOTA) funcionó bien, con una tasa de precisión del



88,46%. La contribución de esta investigación facilita el desarrollo de sistemas de decisión de mantenimiento de pavimentos para proporcionar un método de predicción de estructuras de pavimentos en sitio. Al emplear este enfoque, los daños estructurales pueden identificarse tempranamente para evitar una mayor expansión, lo que reducirá los costos y salvará vidas y recursos naturales.

Según Primusz et al. (2024), en su investigación "Utilización del método CBR cíclico para determinar módulo de elasticidad del ligante hidráulico capas base de pavimento estabilizado", sostiene que el diseño mecanístico-empírico (E-M) de las estructuras de firmes requiere conocer el módulo elástico de las capas que componen la estructura. Los ensayos triaxiales cíclicos (dinámicos) necesarios son caros y engorrosos para las carreteras forestales y agrícolas de poco volumen. Opiyo (1995) desarrolló un método denominado CBR cíclico (CBR) para determinar el módulo resiliente (M_r) de los materiales granulares de construcción de carreteras utilizando equipos de ensayo CBR. El presente estudio ensayó el método CBR en arena fina limosa estabilizada con cal y una mezcla de cal-cemento. Para el ensayo, se prepararon 24 probetas añadiendo 3, 5 y 7% de cal pura y una mezcla 70-30 de cal-cemento con un contenido de agua objetivo de 8-23%. Se utilizaron tres métricas para expresar la capacidad portante de las probetas: (1) el valor CBR% comúnmente utilizado, (2) el valor M_r calculado en función de la fuerza de carga y la deformación elástica determinada como resultado del ensayo CBR, y (3) el módulo resiliente calculado a partir del valor CBR. Los resultados experimentales mostraron que el contenido inicial de agua tenía un mayor efecto sobre la capacidad portante que la dosificación de ligante. En el presente estudio se comprobó que el procedimiento CBR era factible. Los resultados de las pruebas se convirtieron en un valor de módulo resiliente utilizando la fórmula desarrollada por Opiyo y Molenaar, respectivamente. Los valores del módulo elástico calculados a partir del valor CBR mostraron una amplia variación. La fórmula de Uzan proporcionó resultados similares a los calculados mediante la fórmula de Molenaar. También se construyó un tramo experimental de carretera de 250 m de longitud



para verificar los datos de laboratorio. En base a los ensayos de laboratorio, se construyeron cinco capas de estabilización diferentes de 50 m de longitud. Los datos de capacidad portante medidos con los equipos portátiles BC-1 LFWD y KUAB-FWD verificaron la fórmula de Molenaar.

Según McCallum (2022), en su investigación "Mejorar la capacidad de carga y la transitabilidad de los suelos australianos en cualquier clima", sostiene que Queensland es un estado grande de Australia con un clima húmedo/seco que sustenta tipos de suelo conocidos como vertosoles, que son extremadamente activos. Se inició un programa de investigación entre la Universidad de Sunshine Coast y la industria (Quantum Ground Stabilization Pty Ltd (QGS) y Pavement Management Services Pty Ltd (PMS)) para evaluar la eficacia de los productos de estabilización de suelos para mejorar los vertosoles tradicionalmente problemáticos. Se demostró que los productos probados mejoran la capacidad de carga e inhiben el movimiento del agua dentro de los pavimentos tratados; Además, el análisis retrospectivo mostró un aumento en el módulo del pavimento con el tiempo. Los productos QGS parecen mejorar la transitabilidad de suelos vertosoles problemáticos en Queensland; Se recomienda una evaluación adicional para validar estos hallazgos.

2.1.2 Antecedente nacional

Según Palma y Zúñiga (2023), en su investigación "Diseño estructural del pavimento flexible para el mejoramiento de la transitabilidad en el asentamiento humano Alto Trujillo–Barrio 07–Distrito del Porvenir-Trujillo". El objetivo primordial del estudio era llevar a cabo la planificación estructural del pavimento flexible de acuerdo con los criterios dados por la método AASHTO 93. El enfoque AASHTO 93 se utilizó en la implementación del diseño de pavimento flexible con el fin de mejorar la capacidad de la región para gestionar el tráfico de vehículos de una manera más eficiente. Se realizaron los cálculos de todos los factores relacionados con este enfoque. Estos cálculos incluyeron el análisis



del tráfico mediante el cálculo de ejes equivalentes, así como la evaluación de la mecánica del suelo mediante la determinación del CBR. Además, se construyó un diseño preliminar y se realizó una estimación del presupuesto, que sirvió de base para la ejecución final del proyecto en el futuro. Para llevar a cabo el análisis del tráfico, se realizó un recuento de vehículos en una de las avenidas que se encuentran junto al Barrio 6. Se seleccionó para el recuento la avenida que presentaba un mayor flujo de vehículos. Para el conteo se seleccionó la avenida que presentaba el mayor flujo vehicular. Después de realizar este conteo, se encontró que el número total de ejes comparables era de 5'626,535.3. Además, se sometieron a prueba seis muestras distintas para analizar las cualidades mecánicas del suelo. Para determinar el índice de soporte CBR, se obtuvo un valor de 24,21%. A la hora de construir las capas de pavimento flexible, este valor servirá de referencia clave y desempeñará un papel crucial en la determinación del CBR más bajo que se logro las muestras de suelo. Se elaboró un presupuesto exhaustivo para el proyecto, teniendo en cuenta la cantidad de excavación necesaria. Además, se tomaron en consideración espesores de 7,5 centímetros para la capa asfáltica, 20 centímetros para la base y 20 centímetros para la subbase. Se previó que se incurriría en la suma de S/ 1'372236.99 por concepto de cargos directos.

Según Luna (2018), en su investigación "Diseño estructural del pavimento rígido para el mejoramiento de las obras viales Yauli–Oroya,2016", Para obtener una buena muestra representativa de la comunidad y asegurarse de que los porcentajes fueran significativos, se utilizó un muestreo por conveniencia. Se empleó el enfoque de encuesta, utilizando un cuestionario como herramienta de recolección de datos, para recopilar información sobre el diseño estructural del pavimento rígido y las mejoras en las obras viales. Se emplearon diversos enfoques estadísticos descriptivos para analizar los datos. Los datos adquiridos mostraron que los factores que relacionan el diseño estructural del pavimento rígido con las mejoras en las obras viales tenían un valor de correlación de $\rho = 0,991$. Existe una correlación considerable entre el éxito de las mejoras de la



infraestructura vial y el diseño estructural del pavimento rígido, como lo indica este alto coeficiente. La sensación de un vínculo directo entre las dos cualidades se ve reforzada por su naturaleza claramente interconectada. Lo mismo se aplica a la observación de que los pavimentos inflexibles con un diseño estructural insuficiente conducen a un progreso lento en la construcción de carreteras. Los hallazgos del estudio respaldan aún más la idea de que el diseño eficiente del pavimento rígido tuvo un impacto directo en la mejora de las obras viales en Yauli - Oroya en 2016.

Según Carrasco y Campos (2018), en su investigación "Diseño de mejoramiento de veredas y pavimentos para optimizar la transitabilidad en Santo Domingo de la Capilla, Cutervo, Cajamarca, 2018". El objetivo de aumentar la movilidad en la zona era elegir rutas prioritarias para pavimentar y construir las estructuras asociadas. Para lograr este objetivo se utilizaron las últimas innovaciones en reparación y diseño de pavimentos. El criterio profesional del diseñador es esencial, así como un conocimiento profundo de los diversos métodos y materiales de construcción. Un análisis profundo de la historia local, que incluye la demografía, la hidrografía, la socioeconomía y los sistemas actuales de agua, alcantarillado y drenaje pluvial, proporcionó la base para este estudio. Los perfiles longitudinales y las secciones transversales de la carretera se definieron mediante una recopilación exhaustiva de datos topográficos que incluía información altimétrica y planimétrica. El diseño de la carretera se optimizó aún más mediante la realización de un análisis del flujo de tráfico. Tener un buen conocimiento de los estudios de mecánica de suelos es crucial para el diseño estructural de pavimentos de hormigón. Estos estudios abarcan todo, desde la búsqueda de puntos de muestreo y la recolección de muestras hasta el análisis y la clasificación de los resultados en el laboratorio. También se examinó, utilizando un método más simple para dicho cálculo, el factor decisivo para el espesor de la losa de hormigón. En el plan se incluyeron no sólo las dimensiones y especificaciones técnicas del pavimento, sino también las aceras y cualquier otro edificio que lo complementaría. Se incluyen en la investigación planos geográficos de la zona y un



calendario para la finalización de las obras. El estudio concluye con la presentación de sus hallazgos, sugerencias y bibliografía examinada, seguida de los apéndices pertinentes.

2.1.3 Antecedente local

Según Inchuña (2023), en su investigación "Diseño de pavimento rígido para mejorar la transitabilidad vehicular y peatonal en centro poblado de C Copamaya Distrito de Acora, Puno-2023", Para el proyecto de investigación se utilizó una metodología científica aplicada, la cual fue de carácter descriptivo y cuantitativo. El diseño de investigación utilizado fue un diseño de investigación transversal y no se incluyeron experimentos. Los hallazgos que se descubrieron como consecuencia de los resultados recopilados son los siguientes: Debido a que se tomaron en cuenta tanto los vehículos ligeros como los pesados, el estudio de tráfico reveló que la tasa promedio diaria de vehículos fue de 188 y la tasa anual fue de 163.41 vehículos. Lo mismo sucedió con el Índice de Capacidad de Carga de California (CBR), que se registró en un 27.72% en promedio. Los espesores de la base o subbase y la losa, ambos identificados como de 15 centímetros, se determinaron utilizando la información que se recopiló de cuatro experimentos de laboratorio diferentes. Además, se determinó que las losas debían ser cuadradas, con un largo y ancho de 3.30 metros, y debían ajustarse al ancho del carril sobre el que se colocarían. Debido a las condiciones de altitud de la región, que superan los 3.000 metros sobre el nivel del mar, se sugirió utilizar tapones de acero con un diámetro de media pulgada. Además, se sugirió mantener una distancia de treinta centímetros entre cada tapón de unión y una distancia de veintidós milímetros entre cada losa. Teniendo en cuenta los requisitos de la norma AASHTO 93, así como las recomendaciones del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC), esta recomendación es la medida adecuada.

Según Chura (2014), en su investigación "Mejoramiento de la infraestructura vial a nivel de pavimento flexible de la avenida Simón Bolívar de la ciudad de Arapa-provincia de Azángaro-Puno", Debido a la necesidad de realizar investigaciones que tengan



implicaciones prácticas, este proyecto ha sido concebido con la intención de mejorar la infraestructura vial tanto para las personas que viven en la región como para las personas que transitan por ella. Fue la necesidad urgente de pavimentar la Avenida Simón Bolívar, que es una de las principales vías de entrada y salida de la ciudad de Arapa y es frecuentada por un alto número de automóviles y personas, lo que sirvió como impulso original para el proyecto. La elaboración de un expediente técnico completo que contenga todas las mejoras esenciales en la infraestructura vial es el propósito principal del proyecto. Esto se hace con la intención de optimizar las conexiones viales y satisfacer adecuadamente las expectativas de la población en términos de infraestructura vial.

2.2 Bases teóricas

2.2.1 Pavimentos

2.2.1.1 Generalidades

Las estructuras de pavimentos se componen de varias capas, dispuestas de manera que no se superpongan entre sí, colocadas horizontalmente y alineadas con un diseño técnico riguroso. Cada capa está diseñada y construida con materiales adecuados que han sido seleccionados según las propiedades requeridas, tales como resistencia, durabilidad y permeabilidad. Además, estas capas se compactan cuidadosamente para garantizar su estabilidad y capacidad de soportar las cargas. Este proceso es clave para asegurar que el pavimento pueda resistir las tensiones generadas por el tráfico continuo y pesado a lo largo del tiempo de vida útil proyectado para la infraestructura. Estas formaciones estratificadas se apoyan sobre la subrasante, que es la capa de suelo natural obtenida mediante un proceso de excavación, ajustada y preparada adecuadamente para recibir el firme. La adecuada preparación de la subrasante es fundamental, ya que cualquier debilidad en esta capa puede afectar negativamente la estabilidad y funcionalidad de las capas superiores. (Montejo Fonseca, 2002, pág. 1).



En la construcción de infraestructuras viales, el terreno natural debe ser alterado de manera controlada para poder construir las capas y elementos necesarios que permitan una superficie uniforme y adecuada sobre la que se instalará el pavimento. Esto implica no solo la construcción del firme, sino también de los elementos complementarios, como los sistemas de drenaje, que son esenciales para controlar el flujo de agua y evitar la acumulación en la superficie del pavimento o en las capas inferiores. El drenaje adecuado es un factor crucial para la durabilidad de la estructura, ya que la presencia de agua no controlada puede debilitar los materiales de la subrasante y otras capas del pavimento, provocando fallas prematuras. Las estructuras de drenaje aseguran la evacuación del agua de lluvia y previenen la erosión del terreno circundante, contribuyendo a la estabilidad general de la carretera.

Asimismo, se incluyen diversas técnicas de manejo y transformación del terreno natural, como los desmontes y los terraplenes. Los desmontes consisten en la excavación del terreno para alcanzar la cota deseada, removiendo materiales hasta lograr una superficie estable y nivelada. Por otro lado, los terraplenes son estructuras formadas por la acumulación de material que eleva el nivel del terreno natural cuando es necesario superar diferencias de altura o crear una base sobre la cual se pueda construir el pavimento. Ambos procedimientos requieren de un control técnico exhaustivo para garantizar que el terreno preparado sea suficientemente estable para soportar el pavimento y el tráfico proyectado a lo largo del tiempo. Estos trabajos de manipulación del terreno son fundamentales para lograr una plataforma de carretera que funcione de manera eficiente y segura, preservando la integridad estructural de la infraestructura en el largo plazo (Tapia García, Miguel Ángel, 2015, pág. 5).

Figura 1

Estructura del pavimento



2.2.2 Tipos de pavimento

2.2.2.1 Pavimento flexible

El término "capa de rodadura" se refiere a la capa superficial de un pavimento, que generalmente está compuesta por hormigón de cemento asfáltico. Esta capa tiene una función crucial dentro de la estructura del pavimento, ya que es la primera en entrar en contacto con las cargas aplicadas por el tráfico vehicular. Su diseño y construcción están orientados no solo a proporcionar una superficie segura y cómoda para la circulación, sino también a resistir los efectos del desgaste diario causado por la fricción de los neumáticos, las variaciones climáticas y los efectos de la carga dinámica. La capa de rodadura debe ser capaz de soportar tanto las altas presiones generadas por los vehículos pesados como las tensiones debidas a la expansión y contracción térmica, así como el impacto del agua y otros agentes externos.

Una de las características distintivas del pavimento flexible es que las cargas aplicadas en la superficie no son absorbidas completamente por la capa de rodadura. En lugar de ello, el asfalto actúa como un medio para transferir las cargas hacia las capas inferiores, lo que permite que las tensiones se distribuyan gradualmente a través de las diferentes capas del pavimento. Esto es fundamental para evitar concentraciones



excesivas de tensiones en la subrasante, que podrían causar deformaciones o fallas estructurales. El asfalto, por tanto, desempeña un papel de "conductor" de las cargas, distribuyéndolas hacia las capas subyacentes de manera controlada y eficiente.

Dado que la capa de rodadura no absorbe toda la carga por sí sola, los pavimentos flexibles requieren de varias capas intermedias entre la superficie de rodadura y la subrasante. Estas capas intermedias, que generalmente incluyen una base y una subbase, desempeñan un papel fundamental en la distribución de las cargas. Cada capa tiene un espesor y un material específico, diseñado para reducir progresivamente las tensiones que finalmente llegan a la subrasante. Este sistema de múltiples capas permite que las cargas pesadas se distribuyan de manera más uniforme, reduciendo el riesgo de fallas prematuras en la estructura del pavimento.

Además, las capas intermedias también contribuyen a la durabilidad del pavimento, ya que ayudan a mitigar los efectos de las fluctuaciones de temperatura y humedad que pueden afectar la estabilidad de la subrasante. Las variaciones climáticas, como las heladas o el calor extremo, pueden generar expansiones y contracciones en el material, lo que podría comprometer la integridad del pavimento. Al contar con varias capas, el pavimento flexible es capaz de responder mejor a estas tensiones ambientales, prolongando su vida útil y manteniendo un buen desempeño a lo largo del tiempo.

En resumen, la capa de rodadura es fundamental en los pavimentos flexibles no solo por su función superficial, sino también por su capacidad de transferir las cargas hacia las capas subyacentes, que trabajan en conjunto para distribuir de manera efectiva las tensiones hacia la subrasante. La adecuada combinación de materiales y espesores en estas capas es clave para garantizar la durabilidad y resistencia de la estructura del pavimento (Becerra, 2012).

Figura 2*Pavimento flexible*

2.2.2.2 Pavimento rígido

Los pavimentos rígidos se caracterizan por su capa de rodadura hecha de hormigón de cemento hidráulico, lo que les proporciona una alta resistencia y durabilidad frente a las cargas pesadas generadas por el tráfico vehicular. Esta capa es capaz de soportar grandes esfuerzos debido a la rigidez inherente del hormigón, que distribuye las fuerzas de manera uniforme sobre una mayor área, minimizando las deformaciones en la estructura. A diferencia de los pavimentos flexibles, que dependen de múltiples capas para distribuir las cargas, los pavimentos rígidos absorben la mayor parte de las fuerzas en la propia capa de rodadura, lo que permite una mayor durabilidad y una menor necesidad de mantenimiento a lo largo del tiempo (Becerra, 2012).

Una de las razones principales por las que los pavimentos rígidos son altamente eficientes para soportar el tráfico vehicular es la capacidad del hormigón de resistir tanto las cargas estáticas como las dinámicas. Esta resistencia se deriva de las propiedades físicas y mecánicas del material, que incluyen una alta capacidad de compresión y una baja deformabilidad. El hormigón actúa como una placa rígida que distribuye las cargas



hacia la subrasante de manera más uniforme, reduciendo el esfuerzo sobre las capas inferiores y proporcionando una base sólida para el tráfico pesado. Esto los hace ideales para aplicaciones donde se espera un volumen elevado de tránsito, como autopistas, aeropuertos y vías urbanas de alto flujo.

Existen varios tipos de pavimentos rígidos, clasificados según su diseño y la inclusión o no de refuerzos adicionales. Estos tipos de pavimentos se seleccionan en función de las necesidades del proyecto, la carga esperada y las condiciones del terreno:

Pavimento de concreto simple con juntas: Este tipo de pavimento se construye utilizando hormigón de cemento hidráulico y se caracteriza por la incorporación de juntas transversales y longitudinales que permiten controlar la fisuración causada por las contracciones térmicas y los esfuerzos internos del material. Las juntas actúan como puntos de alivio para evitar grietas descontroladas, lo que prolonga la vida útil del pavimento. Sin embargo, debido a la falta de refuerzos adicionales, este tipo de pavimento puede ser más susceptible a la degradación si no se realiza un mantenimiento adecuado de las juntas.

Pavimento de concreto con juntas reforzadas: En este tipo de pavimento, además de las juntas tradicionales, se incorporan refuerzos adicionales como barras de acero, fibras o mallas, que mejoran la capacidad del pavimento para resistir las tensiones internas y prolongan su durabilidad. El uso de refuerzos permite una mayor estabilidad estructural y una mejor distribución de las cargas, lo que reduce la necesidad de juntas en comparación con el pavimento simple. Esto también contribuye a minimizar el mantenimiento necesario, ya que las fisuras tienden a controlarse mejor con la presencia de refuerzos.

Pavimento reforzado continuo: Este tipo de pavimento se caracteriza por la ausencia de juntas transversales en su diseño, ya que utiliza un refuerzo continuo, generalmente barras de acero distribuidas a lo largo de toda la estructura. El refuerzo continuo permite que el pavimento maneje mejor las tensiones de contracción y expansión sin la necesidad de interrumpir la superficie con juntas, lo que proporciona una mayor

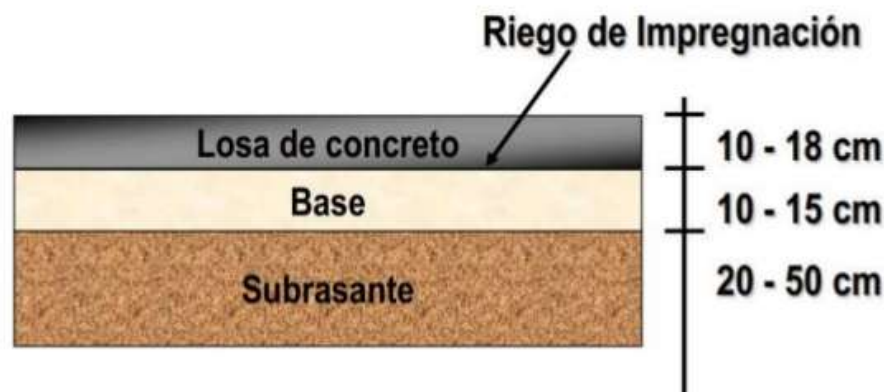
resistencia a la fisuración. Esta configuración es ideal para carreteras y pistas de aeropuertos donde se requiere una superficie continua y sin interrupciones, ya que ofrece una mayor durabilidad y una conducción más suave para los vehículos.

Cada uno de estos tipos de pavimentos rígidos tiene aplicaciones específicas dependiendo de las características del terreno, el tipo de tráfico y las condiciones climáticas de la región. Por ejemplo, en zonas donde el clima es más extremo, los pavimentos reforzados pueden ser más adecuados debido a su capacidad para manejar las expansiones y contracciones térmicas, mientras que en áreas con tráfico ligero o moderado, los pavimentos de concreto simple con juntas pueden ser suficientes. La elección del tipo de pavimento adecuado es crucial para asegurar un rendimiento óptimo y una larga vida útil, minimizando el mantenimiento y los costos a lo largo del tiempo.

En resumen, los pavimentos rígidos son una opción ideal para infraestructuras donde se requiere una gran capacidad de carga y una alta durabilidad. La selección entre concreto simple con juntas, pavimento con juntas reforzadas o pavimento reforzado continuo depende de las características específicas del proyecto y las condiciones del entorno (Becerra, 2012).

Figura 3

Pavimento rígido





2.2.2.3 Pavimento semirrígido

Este tipo de pavimento, clasificado como semirrígido, se distingue por estar compuesto de varias capas de materiales bituminosos, con un espesor total de asfalto que puede variar dependiendo de los requerimientos estructurales y del volumen de tráfico al que esté sometido. La configuración más común incluye una capa superficial de mezcla asfáltica en caliente, que se coloca sobre una base tratada previamente con asfalto, lo que le proporciona una combinación de flexibilidad y resistencia, característica fundamental de los pavimentos semirrígidos. Este diseño permite que el pavimento pueda absorber de manera eficiente las cargas generadas por el tráfico, distribuyéndolas hacia las capas inferiores y garantizando un desempeño óptimo y una mayor durabilidad a lo largo del tiempo.

Una de las particularidades de este tipo de pavimentos es la versatilidad de los materiales utilizados en las capas subyacentes. En algunos casos, en lugar de usar una base tratada exclusivamente con asfalto, se puede optar por una base tratada con cemento o cal, lo que aumenta la rigidez y mejora la capacidad del pavimento para soportar cargas pesadas. Este enfoque híbrido combina la flexibilidad del asfalto con la rigidez del cemento o la cal, proporcionando una mayor resistencia estructural y reduciendo la deformación del pavimento bajo cargas repetidas. Esta configuración es especialmente útil en zonas donde el tráfico pesado es constante, como en carreteras principales o autopistas.

La adición de una capa de ligante asfáltico, colocada sobre una base tratada con cemento o cal, es otra característica clave de los pavimentos semirrígidos. Esta capa de ligante actúa como un adhesivo que une de manera efectiva las capas superiores con la base subyacente, mejorando la cohesión entre las distintas capas del pavimento y proporcionando una mayor resistencia a las tensiones. Esta combinación de materiales permite que el pavimento resista tanto las fuerzas horizontales como verticales inducidos por el tráfico, reduciendo el riesgo de fisuras y deformaciones, lo que se traduce en una vida útil prolongada y una menor necesidad de mantenimiento a lo largo del tiempo.



Además de estas configuraciones, los pavimentos semirrígidos también incluyen otras variantes, como los pavimentos de adoquines. De acuerdo con la sección "Suelos, geología, geotecnia y pavimentos" del Manual de Carreteras (2014, p. 22), los adoquines forman parte de la clasificación de pavimentos semirrígidos debido a su capacidad para distribuir las cargas de tráfico de manera eficaz. Los pavimentos de adoquines consisten en bloques individuales de material, generalmente de hormigón o piedra, colocados sobre una base que puede estar tratada con materiales estabilizadores como cemento o cal. Este tipo de pavimento es altamente resistente y ofrece una gran durabilidad, además de ser una opción sostenible, ya que permite la reutilización de materiales en caso de reparación o renovación.

La inclusión de los pavimentos de adoquines dentro de la categoría de pavimentos semirrígidos destaca la diversidad de configuraciones que esta clasificación abarca. Dependiendo de las necesidades del proyecto y las condiciones del terreno, los pavimentos semirrígidos pueden adoptar diferentes estructuras y utilizar diversos materiales para optimizar el rendimiento del pavimento. En áreas urbanas, por ejemplo, los adoquines no solo son valorados por su durabilidad y capacidad de carga, sino también por su estética y facilidad de mantenimiento. En zonas con tráfico pesado, los pavimentos con bases tratadas con cemento o cal ofrecen una mayor resistencia y estabilidad estructural, lo que los hace ideales para carreteras con altos volúmenes de tráfico o zonas industriales.

En resumen, los pavimentos semirrígidos se caracterizan por la utilización de capas de asfalto y bases tratadas con materiales estabilizadores como cemento o cal, que proporcionan una combinación de flexibilidad y rigidez. Este tipo de pavimento es altamente versátil y puede adaptarse a diferentes aplicaciones y condiciones del terreno, incluyendo variantes como los pavimentos de adoquines, que amplían aún más su uso y funcionalidad en diversos contextos (Manual de Carreteras, 2014, p. 22).



2.2.2.4 Pavimento articulado

Los adoquines son bloques prefabricados de hormigón que se destacan por su uniformidad en cuanto a grosor y dimensiones, lo que permite una instalación precisa y eficiente. Estos bloques están diseñados para formar pavimentos articulados, un tipo de pavimentación que se caracteriza por la colocación de los adoquines de manera interconectada, lo que crea una superficie sólida y resistente que distribuye las cargas de manera eficaz. Los pavimentos articulados, formados por estos bloques de hormigón, son ampliamente utilizados en una variedad de aplicaciones, desde calles y aceras hasta plazas y áreas de tráfico pesado, debido a su durabilidad, resistencia y capacidad para soportar las tensiones generadas por el paso constante de vehículos.

La flexibilidad del sistema de pavimento con adoquines es una de sus mayores ventajas. A diferencia de otros tipos de pavimentos más rígidos, los adoquines permiten una ligera movilidad entre los bloques, lo que les otorga la capacidad de adaptarse a pequeños movimientos del terreno sin agrietarse o deteriorarse de manera significativa. Esto es particularmente útil en áreas donde el suelo puede sufrir asentamientos o movimientos debido a las condiciones climáticas o geológicas. Además, en caso de necesitar reparaciones, los adoquines individuales pueden ser removidos y reemplazados sin afectar el resto del pavimento, lo que facilita el mantenimiento y reduce los costos a largo plazo.

El método de instalación de los pavimentos de adoquines depende en gran medida de las condiciones de la subrasante y del tipo de tráfico que se espera en la zona. En situaciones donde la subrasante es de buena calidad y el tráfico vehicular no es extremadamente intenso, los adoquines pueden colocarse directamente sobre la subrasante. Sin embargo, en la mayoría de los casos, se utiliza una configuración más robusta que incluye una fina capa de arena sobre la cual se asientan los adoquines. Esta capa de arena actúa como un colchón que absorbe las pequeñas irregularidades del terreno y permite un ajuste preciso de los bloques, asegurando una superficie estable y nivelada.



En situaciones donde se espera un tráfico más intenso o cargas más pesadas, como en calles principales o áreas industriales, se recomienda colocar los adoquines sobre una base granular bien compactada. Esta base granular, que puede estar compuesta por grava, piedra triturada u otros materiales de alta resistencia, proporciona una capa intermedia que mejora la distribución de las cargas y refuerza la estabilidad del pavimento. En estas configuraciones, la combinación de la capa de arena y la base granular asegura que las cargas generadas por el tráfico no se concentren en un solo punto, evitando la formación de grietas o deformaciones en la superficie del pavimento. Además, la base granular contribuye a la durabilidad del sistema, ayudando a prevenir los efectos del agua y la humedad, que pueden erosionar el suelo y debilitar el pavimento con el tiempo.

Otro aspecto relevante de los pavimentos articulados con adoquines es su capacidad de drenaje. Al estar compuestos por bloques individuales interconectados, estos pavimentos permiten que el agua de lluvia se filtre a través de las pequeñas juntas entre los adoquines, reduciendo la acumulación de agua en la superficie y ayudando a prevenir problemas de inundaciones o charcos. En áreas donde el drenaje es una preocupación importante, se puede optar por adoquines permeables, que están diseñados específicamente para facilitar la filtración del agua, contribuyendo a una gestión más eficiente de las aguas pluviales.

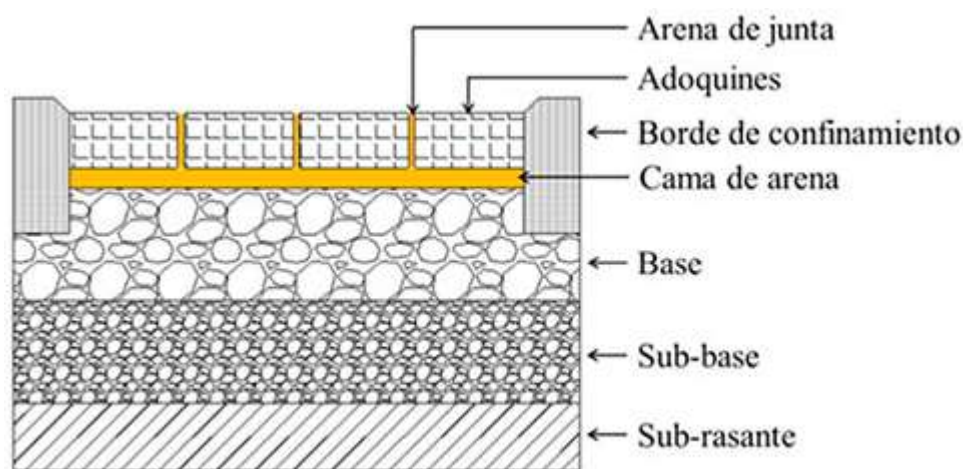
En términos estéticos, los adoquines también ofrecen una gran versatilidad, ya que están disponibles en una amplia variedad de formas, colores y patrones. Esto permite a los diseñadores y arquitectos crear pavimentos no solo funcionales, sino también visualmente atractivos, lo que los convierte en una opción popular para proyectos urbanos y paisajísticos. Además, la resistencia del hormigón utilizado en los adoquines garantiza que mantendrán su apariencia y funcionalidad durante muchos años, incluso en condiciones de uso intensivo.

En resumen, los pavimentos articulados con adoquines prefabricados de hormigón ofrecen una solución flexible, duradera y estéticamente versátil para una amplia gama de aplicaciones. Dependiendo de la calidad de la subrasante y la carga de tráfico prevista, los

adoquines pueden instalarse directamente sobre el terreno o sobre una capa de arena y una base granular, lo que garantiza una distribución uniforme de las cargas y una mayor durabilidad del pavimento. Su facilidad de mantenimiento, capacidad de drenaje y opciones estéticas los convierten en una opción ideal tanto para áreas urbanas como para proyectos de infraestructura de alto tráfico (Montejo Fonseca, 2002, pág. 7).

Figura 4

Pavimento articulado



Nota. Reglamento nacional de edificaciones CE – 010

2.2.3 Funciones de la estructura del pavimento

Según Menéndez (2009), las funciones esenciales del pavimento no se limitan simplemente a ofrecer una vía de tránsito, sino que implican un conjunto integral de objetivos que garantizan la seguridad, comodidad y eficiencia del flujo vehicular. Para lograr estos objetivos, es esencial que el pavimento esté diseñado y construido con materiales y técnicas que proporcionen una superficie estable, duradera y resistente a las condiciones variables del tráfico y el clima. Además de facilitar el movimiento fluido de los vehículos, el pavimento debe contribuir a minimizar los riesgos de accidentes al proporcionar una superficie uniforme y con adecuada adherencia, evitando deformaciones o irregularidades que puedan poner en peligro a los usuarios.



Uno de los aspectos más importantes de un pavimento eficaz es su capacidad para ofrecer acceso a los vehículos en cualquier condición climática. Esto implica que la estructura del pavimento debe ser capaz de soportar variaciones extremas de temperatura, desde el calor abrasador hasta el frío extremo, sin deteriorarse. Además, debe contar con un sistema de drenaje adecuado para evitar la acumulación de agua en la superficie durante las lluvias intensas, lo que podría generar charcos, aquaplaning o la degradación prematura del material. Los pavimentos bien diseñados también deben ser capaces de soportar el peso de vehículos pesados sin deformarse, proporcionando acceso ininterrumpido durante todo el año, incluso en condiciones de mal tiempo.

Otra función crítica del pavimento es distribuir y reducir la carga del tráfico para evitar daños en la subrasante, la capa de suelo natural sobre la que se construye la carretera. Si bien la subrasante soporta gran parte del peso del tráfico, un pavimento bien diseñado actúa como una barrera protectora, distribuyendo de manera uniforme las tensiones generadas por los vehículos y evitando que se concentren en puntos específicos que podrían debilitar o dañar la estructura subyacente. Las capas del pavimento, especialmente en los sistemas de pavimentos flexibles o semirrígidos, están diseñadas para absorber y redistribuir estas cargas, protegiendo así la subrasante y prolongando la vida útil del pavimento. Al evitar daños en la subrasante, se previenen problemas como el hundimiento de la vía, fisuras o deformaciones que podrían requerir costosas reparaciones y generar interrupciones en el tránsito.

Además de sus funciones estructurales, el pavimento debe cumplir con los estándares medioambientales y criterios estéticos, lo que es cada vez más importante en la planificación urbana moderna. En cuanto al aspecto ambiental, el diseño del pavimento debe incorporar materiales y técnicas que minimicen el impacto negativo en el entorno, como el uso de materiales reciclados o tecnologías que reducen la huella de carbono durante la fabricación y colocación del pavimento. Los pavimentos permeables, por ejemplo, permiten la infiltración de agua de lluvia, reduciendo el riesgo de inundaciones y promoviendo la recarga de acuíferos. Asimismo, el pavimento debe integrarse



armónicamente con su entorno, especialmente en áreas urbanas o zonas de interés paisajístico, donde se busca mantener o mejorar la estética del entorno mediante el uso de colores, texturas o diseños que se adapten al contexto.

Otra consideración clave en el diseño de pavimentos es la necesidad de minimizar tanto la contaminación acústica como la del aire. El tráfico vehicular, especialmente en zonas urbanas densamente pobladas, genera altos niveles de ruido que pueden afectar negativamente la calidad de vida de los habitantes cercanos. El diseño del pavimento puede incluir características que ayuden a reducir el ruido generado por el paso de vehículos, como la incorporación de superficies que absorben o dispersan el sonido en lugar de amplificarlo. Por otro lado, en términos de contaminación del aire, un pavimento bien mantenido puede mejorar la eficiencia del combustible de los vehículos, ya que una superficie lisa y bien nivelada reduce la fricción y el desgaste de los neumáticos, lo que a su vez reduce las emisiones de gases contaminantes. Además, al evitar embotellamientos y demoras innecesarias, se disminuye la cantidad de tiempo que los vehículos pasan en ralentí, reduciendo aún más la emisión de contaminantes.

Finalmente, el pavimento también juega un papel importante en la optimización de la experiencia de desplazamiento para los usuarios. Un pavimento de buena calidad no solo facilita un tránsito fluido, sino que también contribuye a mejorar el confort de los conductores y pasajeros. Las superficies irregulares o en mal estado pueden generar vibraciones incómodas, mientras que un pavimento bien diseñado y mantenido proporciona una conducción más suave, lo que mejora la satisfacción general del usuario y reduce el desgaste de los vehículos. En este sentido, los pavimentos también deben ser seguros, proporcionando un nivel adecuado de fricción para evitar deslizamientos, especialmente en condiciones de lluvia o nieve.

En resumen, las funciones esenciales del pavimento incluyen no solo garantizar una circulación segura y eficiente, sino también asegurar que el acceso vehicular sea posible bajo cualquier condición climática, proteger la subrasante mediante la distribución adecuada de las cargas, cumplir con los estándares medioambientales y estéticos, y



contribuir a la reducción de la contaminación acústica y del aire. Estas funciones son clave para el buen funcionamiento de la infraestructura vial y para mejorar la calidad de vida de los usuarios y las comunidades cercanas (Menéndez, 2009).

2.2.4 Diseño de pavimentos

2.2.4.1 Diseño de pavimento flexible

Es el proceso que se utiliza para determinar los elementos estructurales de un segmento de carretera, que incluyen el ligante, la losa, la base, la subbase y la subrasante. Este proceso tiene en cuenta diversos factores, como las características del subsuelo, las condiciones ambientales, el volumen y tipo de tráfico y los requisitos de mantenimiento (Menéndez, 2009, p9).

2.2.4.2 Guía de diseño de vías

Con base en los datos recopilados y procesados, el objetivo del modelo es calcular el Número Estructural (SN) empleando la ecuación de diseño de AASHTO 93, la cual se presenta en la Ecuación 1. Este enfoque permite definir los espesores de las capas de la estructura del pavimento, asegurando que se coloquen sobre la subrasante para soportar adecuadamente las cargas de tráfico durante el periodo de diseño del proyecto. Esto garantizará un nivel de servicio óptimo durante la vida útil de la infraestructura (Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos, 2014, p. 130).

La ecuación es la siguiente:

$$\text{Log}_{10}(W18) = Z_R S_0 + 9.36 \text{Log}_{10}(SN + 1) - 0.2 + \text{Log}_{10} \left(\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5} \right) + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}} + 2.32 \text{Log}_{10}(MR) - 8.07$$

Donde:

- W18: Número proyectado de ejes simples equivalentes de 18,000 libras.
- ZR: Desviación estándar normal.
- S0: Desviación estándar combinada que incorpora la previsión de tráfico y comportamiento esperado.



- ΔPSI: Cambio en el índice de servicio (diferencia entre el índice inicial, P0P_0P0, y el índice final, PtP_tPt).
- MR: Módulo resiliente.
- SN: Número estructural, que evalúa la capacidad estructural del pavimento.

Una vez calculado el Número Estructural (SN), que representa el espesor total del pavimento, este se desglosa en las capas que lo componen: la capa de rodadura, la base y la subbase. La fórmula 2 del Manual de Carreteras (2014, p. 140) se utiliza para este desglose, aplicando los coeficientes estructurales correspondientes a cada capa. Este proceso garantiza que cada capa tenga un espesor adecuado para soportar el volumen de tráfico proyectado durante el periodo de diseño.

$$SN = a_1d_1 + a_2d_2m_2 + a_3d_3m_3$$

Donde:

- a1, a2, a3: Coeficientes estructurales de cada capa.
- d1, d2, d3: Espesores de las capas (en cm).
- m2, m3: Coeficientes de permeabilidad de las capas inferiores.

Este método asegura que el pavimento tendrá la capacidad estructural necesaria para cumplir con las condiciones de tráfico esperadas y la vida útil estimada del proyecto.

2.2.5 Factores a considerar el diseño de pavimentos

2.2.5.1 Tipo de tráfico

Es de suma importancia tener en cuenta el volumen y la composición del tráfico que circulará por la ruta. Esto comprende n° de vehículos, el tipo de vehículos, como turismos, camiones de mercancías o vehículos pesados, así como la frecuencia de estos vehículos a lo largo del día y la dispersión de los mismos.



2.2.5.2 Clima y condiciones ambientales

El comportamiento de los firmes se ve influido significativamente por una serie de condiciones ambientales regionales, como la t° , la humedad, las precipitaciones, la presencia de nieve y la exposición solar. La selección de materiales y diseños adecuados para resistir estas condiciones climáticas locales, que incluyen la temperatura, la humedad y otros elementos ambientales, es de suma importancia.

2.2.5.3 Suelo subyacente

Es importante señalar que la estabilidad y la vida útil del pavimento dependen en gran medida de las características del suelo subyacente. Estas características incluyen la resistencia, compresibilidad y capacidad de drenaje del suelo. Para construir una base resistente y adecuada, es necesario hacer un análisis del suelo para decidir el tipo de pavimento más adecuado.

2.2.5.4 Materiales del pavimento

Es importante tener en cuenta factores como la resistencia al desgaste, la durabilidad, la disponibilidad en la zona y la viabilidad económica a la hora de seleccionar los materiales de pavimentación. Estos factores deben tenerse en cuenta a la hora de elegir asfalto, hormigón, adoquines o cualquier otro material.

2.2.5.5 Diseño estructural

Hay una serie de variables que se incluyen en el diseño estructural del pavimento. Entre ellas se incluyen la definición del grosor y la disposición de las distintas capas de material, la capacidad para resistir la carga, el grado de drenaje que proporciona y la capacidad para soportar el suelo que hay debajo. Para poder soportar las cargas previstas, el diseño debe ser adecuado. Además, debe garantizar una superficie de rodadura segura y cómoda.

2.2.5.6 Drenaje

Para evitar la acumulación de agua, que puede socavar la estructura del pavimento y producir problemas como la corrosión de los materiales o la formación de baches, es esencial contar con un sistema de drenaje eficaz.



2.2.5.7 Topografía y geometría de la carretera

Al construir el pavimento, es vital tener en cuenta la topografía del terreno, así como la disposición geométrica de la carretera, que incluye curvas, pendientes y cambios de elevación. Esto se hace para garantizar la seguridad y comodidad de los usuarios de la carretera.

2.2.5.8 Mantenimiento y vida útil

En la fase inicial de diseño, es muy importante tener en cuenta la viabilidad y el coste del mantenimiento necesario para prolongar la durabilidad del pavimento. Para garantizar el máximo nivel posible de rendimiento durante todo el periodo de servicio, es esencial que el diseño permita la ejecución de un mantenimiento adecuado y oportuno. Es factible construir un pavimento que satisfaga los criterios de la carretera concreta en cuanto a su durabilidad, seguridad y funcionalidad si se tienen en cuenta estas características, junto con otros elementos específicos del entorno y las demandas de la comunidad local.

2.2.6 Estudio de mecánica de suelos

El diseño de un pavimento basado en los resultados de una investigación sobre mecánica de suelos requiere una evaluación profunda del terreno para comprender su comportamiento ante las cargas por el tránsito vehicular. Esta investigación suele involucrar tanto trabajos campo como pruebas en laboratorio, con el fin de obtener una caracterización precisa del suelo. Posteriormente, los datos recopilados son analizados en detalle en la oficina para desarrollar un diseño estructural adecuado. La metodología para llevar a cabo estas investigaciones y análisis está detallada en la sección E.050 del Reglamento Nacional de Edificación de 2018, la cual proporciona una guía completa sobre los procedimientos a seguir para asegurar un diseño eficiente y seguro del pavimento.



2.2.6.1 Ensayos de laboratorio

a) Humedad

La humedad se puede determinar al calcular la relación entre la cantidad de agua presente en una muestra de suelo y la masa de la muestra seca, la cual se obtiene al secarla en un horno. Este valor se expresa en forma de porcentaje.

b) Análisis granulométrico

Este análisis de laboratorio se emplea para clasificar el suelo según el tamaño de sus partículas, siguiendo los lineamientos establecidos en la NTP 339.128. Para lograr la clasificación, se utilizan tamices y se complementa con un proceso de sedimentación, permitiendo dividir el suelo en tres categorías principales.

c) Gravedad específica de sólidos

El procedimiento para determinar la gravedad específica de los sólidos en una muestra de suelo se lleva a cabo de acuerdo con la NTP 339.151. La gravedad específica se define como la relación entre la masa de las partículas sólidas del suelo y la densidad del agua destilada.

d) Límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad

Los límites de consistencia del suelo permiten evaluar cómo cambia el comportamiento de un suelo en función de su contenido de humedad. Estos límites ayudan a determinar el estado del suelo, que puede ser líquido, plástico o sólido, dependiendo de la cantidad de agua presente. Los límites de Atterberg incluyen el límite líquido (LL), el límite plástico (LP) y el índice de plasticidad (IP), utilizados para determinar la cohesividad del suelo.

Límite líquido (LL): Corresponde al contenido máximo de agua en el cual el suelo aún mantiene su plasticidad antes de convertirse en una masa viscosa (Menéndez, 2009, p. 15).

Límite plástico (LP): Representa el contenido mínimo de agua en el cual el suelo aún se comporta como plástico; al perder más humedad, se vuelve quebradizo (Menéndez, 2009, p. 15).



Índice de plasticidad (IP): Se calcula como la diferencia entre el límite líquido y el límite plástico ($IP = LL - LP$). Un valor alto de IP indica una mayor proporción de arcilla en el suelo, mientras que un valor bajo sugiere menor contenido arcilloso (Manual de Carreteras, 2014, p. 31).

e) Ensayo de compactación

La compactación consiste en aumentar la densidad del suelo por unidad de volumen mediante medios mecánicos. Es una técnica clave en la preparación de terrenos para carreteras, pistas de aeropuertos y terraplenes. La cantidad de energía necesaria para compactar un suelo está directamente relacionada con el nivel de humedad óptimo, que es el punto en el cual la densidad seca del suelo alcanza su valor máximo (Menéndez, 2009, p. 16).

f) Ensayo de Proctor modificado

Este ensayo, que sigue las pautas de la NTP 339.141, busca determinar el contenido óptimo de humedad de una muestra de suelo y su densidad seca máxima. Se realiza mediante la elaboración de una curva de compactación que relaciona el contenido de agua con el peso unitario seco de las muestras, lo cual es esencial para el diseño de estructuras compactadas (Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales – INDECOPI, 1999).

g) Ensayo de CBR

El ensayo de CBR se emplea para medir la capacidad de carga de suelos en la subrasante, subbase y base de los pavimentos. Tras clasificar los suelos mediante los sistemas AASHTO y SUCS, se crean perfiles estratigráficos que permiten identificar zonas homogéneas. El CBR, que refleja la capacidad portante del suelo, se determina utilizando el 95% de la densidad máxima seca (DMS) y una penetración de 2.54 mm bajo carga (Menéndez, 2009, p. 16).



Tabla 2

Categorías de la subrasante

Categorías de Subrasante	CBR
So Subrasante inadecuada	CBR < 3%
S1 Subrasante pobre	De CBR >= 3% a CBR <6%
S2 Subrasante regular	De CBR >= 6% a CBR <10%
S3 Subrasante buena	De CBR >= 10% a CBR <20%
S4 Subrasante muy buena	De CBR >= 20% a CBR <30%
S5 Subrasante excelente	CBR <30%

Nota. Manual de carreteras

2.3 Marco conceptual

2.3.1 Berma

La berma corresponde a las secciones del pavimento situadas al costado de la superficie de rodadura. Su función principal es proporcionar un área amplia para que los vehículos puedan detenerse en caso de emergencia

2.3.2 Calzada o pista

La calzada es la parte del pavimento destinada al tránsito vehicular y tiene una anchura suficiente para albergar varios carriles de circulación. No incluye los bordes laterales o bermas de la calzada (Coronado Iturbide, 2002, pág. 17).

2.3.3 Carril

El carril es la sección de la calzada asignada específicamente para que los vehículos circulen en fila. Se define conforme a la normativa nacional de edificación.



2.3.4 Base

La base es la capa situada entre la subrasante y la capa de rodadura. Su función es proporcionar al pavimento el espesor necesario y aumentar su resistencia estructural. Puede estar compuesta por una o varias capas de materiales seleccionados de acuerdo con especificaciones técnicas (Montejo Fonseca, 2002, pág. 7).

2.3.5 Periodo de diseño

El periodo de diseño se refiere al tiempo, normalmente expresado en años, que transcurre desde la construcción inicial del pavimento (año cero) hasta el momento en que se requiere su reparación o rehabilitación.

2.3.6 CBR

Se trata de una evaluación de la capacidad del suelo para resistir presiones de cizallamiento bajo determinados parámetros de densidad y contenido de humedad.

2.3.7 Superficie de diseño

La superficie de diseño se refiere al tiempo, generalmente en años, que transcurre desde la construcción inicial del pavimento hasta su rehabilitación, considerando su rendimiento esperado durante este periodo.

2.3.8 Pavimento

El pavimento es una estructura de capas horizontales, diseñadas y compactadas con materiales adecuados para soportar el tráfico.

2.3.9 Subbase

La subbase es una capa del pavimento ubicada debajo de la base, cuya función es brindar soporte adicional a la estructura superior.



2.3.10 Subrasante

La subrasante es la capa de suelo que se encuentra en la parte inferior de la estructura del pavimento, proporcionando soporte fundamental para la misma. Se extiende a una profundidad suficiente para evitar ser afectada por las cargas del tráfico (Coronado, 2002, pág. 19).

2.3.11 Superficie de rodadura

La superficie de rodadura es la capa superior del pavimento, diseñada para crear una barrera impermeable que proteja las capas inferiores de la estructura vial. Su principal función es evitar la penetración de agua que pueda saturar y dañar el pavimento, además de protegerlo del desgaste ocasionado por el tránsito vehicular (Coronado, 2002, pág. 12).



CAPITULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 Diseño de investigación

Es fundamental ejecutar una serie de acciones en el orden correcto para asegurar que la investigación desarrollada tenga un impacto significativo. El término "diseño" se refiere al esquema o planificación creada para recolectar los datos clave necesarios para enfrentar el problema planteado. Para esta investigación, se empleó una metodología denominada cuasiexperimental. Este enfoque no requiere la asignación aleatoria de los participantes, sino que estos ya están identificados o definidos previamente. Esta característica particular es lo que distingue a la investigación cuasiexperimental de otros enfoques de estudio.

3.2 Método de investigación

Esta investigación emplea simultáneamente una técnica descriptiva y cuantitativa, con el propósito de representar de manera precisa y exacta una realidad particular. Para lograr una representación fiel del objeto de estudio, esta metodología se centra en la aplicación de métodos rigurosos y fiables. Generalmente, este tipo de estudio sigue un enfoque cuantitativo, priorizando la exactitud y la amplitud del análisis sobre la profundidad



del mismo. En resumen, los objetivos principales de esta investigación son alcanzar el máximo grado de precisión y una amplia cobertura en la representación de los fenómenos investigados.

3.3 Nivel de Investigación

En el nivel descriptivo, se procederá a generar descripciones detalladas de fenómenos, situaciones, contextos y eventos, poniendo especial atención en su naturaleza y manifestaciones. El propósito de estas investigaciones es ofrecer un relato integral de las características, cualidades y perfiles de los individuos, comunidades, organizaciones, procesos u objetos bajo análisis. Este enfoque resulta particularmente valioso en escenarios donde se formulan hipótesis basadas en datos empíricos moderados. Su función es describir, caracterizar y cuantificar las realidades, fenómenos, hechos o variables de interés que se desean medir. Esta explicación permite concluir que la investigación se puede clasificar como descriptiva.

3.4 Tipo de investigación

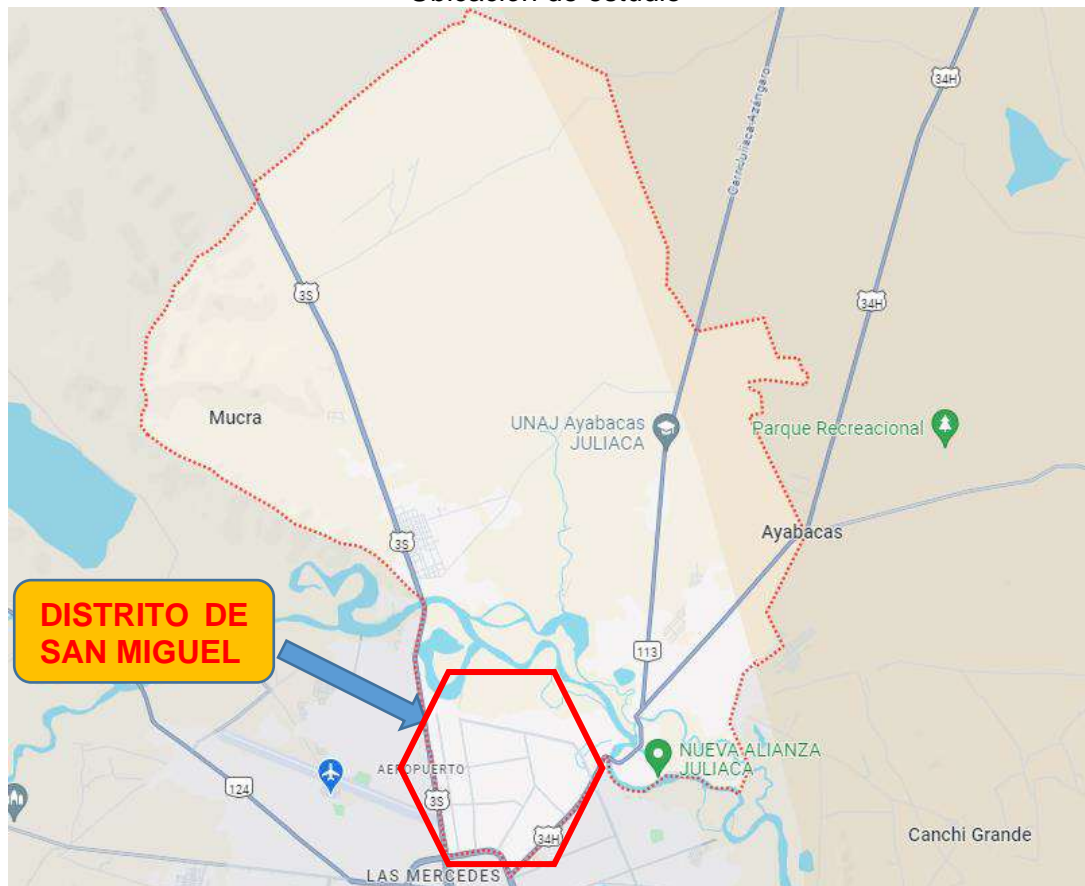
La investigación aplicada se define como un estudio orientado a describir o validar procedimientos, herramientas o materiales con el propósito de optimizar los procesos. Este tipo de investigación se caracteriza por abordar cuestiones prácticas o de producción. En ella, las hipótesis son evaluadas para determinar si pueden ser verificadas o refutadas. El objetivo central de esta metodología es encontrar soluciones a problemas del mundo real mediante la aplicación directa de los resultados obtenidos. Por lo tanto, bajo esta perspectiva, la investigación se entiende como algo destinado a su aplicación práctica.

3.5 Ubicación, Población y muestra

3.5.1 Ubicación

El lugar de investigación es en el Distrito de San Miguel, Provincia de San Roman, Departamento de Puno, a una altitud de 3823 msnm latitud sur 15° 28' 43" longitud Oeste 70° 07'37" alrededor de San Miguel, la precipitación promedio anual es menor a 700mm, temperatura variable con oscilaciones entre una temperatura promedio máxima de 22°C y una mínima de 8°C. El lugar presenta presencia de fracturaciones, fallas y asentamientos en los lugares de pavimentación.

Figura 5
Ubicación de estudio



Fuente. <https://www.google.com.pe/maps>

3.5.2 Población

El enfoque técnico se orienta a estos grupos, con énfasis en la relevancia de la capacidad portante del suelo para asegurar la durabilidad y seguridad de las obras viales en el distrito de San Miguel



3.5.3 Muestra

La muestra debe ser representativa de las condiciones del suelo en todo el distrito de San Miguel y de las diversas situaciones que afecten la infraestructura vial, para que los resultados del estudio sean aplicables de manera general en las futuras obras.

3.5.4 Procedimiento

El análisis de datos técnicos comienza con la recopilación de información clave, un proceso que implica reunir todos los datos necesarios para realizar un estudio completo. Seguidamente, es fundamental evaluar la fiabilidad de estos datos, verificando su consistencia y exactitud para garantizar que los resultados sean precisos y confiables. Una vez asegurada la calidad de los datos, se identifican los parámetros clave a analizar, los cuales dependen de las variables específicas que se examinan en el estudio.

A continuación, se procede a identificar áreas o elementos con características similares, lo que permite agruparlos de acuerdo a sus rasgos comunes, facilitando un análisis más organizado y coherente. Posteriormente, se realiza una evaluación de las discrepancias y la uniformidad en los datos, verificando si existen diferencias significativas o si los datos son homogéneos. Este paso es crucial para validar la información recopilada y asegurar la coherencia del análisis.

Con esta base sólida, se seleccionan los modelos y métodos de prueba más adecuados para ajustar los datos a los comportamientos observados, eligiendo el enfoque analítico más pertinente. Una vez aplicados los modelos, se identifican y calculan los valores extremos, es decir, los puntos máximos y mínimos de las variables estudiadas, lo que permite establecer los límites para la toma de decisiones informadas.

Finalmente, se generan representaciones gráficas claras y precisas que permiten visualizar los resultados de manera efectiva, facilitando su interpretación y comunicación. Este enfoque técnico garantiza un análisis exhaustivo y detallado de los datos, proporcionando una base robusta para la toma de decisiones basada en evidencia.



3.6 Validación y de instrumentos y confiabilidad

3.6.1 Validación de instrumentos

Para validar los instrumentos, realizamos una serie de pruebas de suelo tanto in situ como en el laboratorio para comprobar su precisión y fiabilidad. El comportamiento del suelo en entornos naturales puede evaluarse mediante estudios in situ, pero las características físicas y mecánicas del suelo pueden controlarse con mayor precisión en pruebas de laboratorio. La precisión de los instrumentos y la representación y fiabilidad de los datos para su posterior análisis quedaron garantizadas gracias a esta sinergia de enfoques.

3.6.2 Confiabilidad de instrumentos

Todos los responsables se aseguraron de que los resultados fueran confiables haciendo lo que mejor sabían hacer, ya fuera en el campo o en otro lugar. Los datos y los métodos fueron verificados por cada profesional del área, que utilizó su experiencia técnica para asegurarse de que la información estuviera a la altura de los requisitos del proyecto. Para asegurarse de que los datos fueran precisos y consistentes durante todo el estudio, estos especialistas tuvieron que verificarlos en el campo.

CAPITULO IV

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

4.1 Resultados.

4.1.1 Propiedades físicas y mecánicas que presentan los suelos para el mejoramiento estructural de obras viales

Calicata 01

Tabla 3

Tamizado calicata 01

Malla	Peso	%retenido	%retenido	% que
Astm	Retenido	Parcial	Acumulado	Pasa
1/2"	0.00	0.00	0.00	100.00
3/8"	50.00	6.25	6.25	93.75
1/4"	45.00	5.63	11.88	88.13
No4	26.00	3.25	15.13	84.88
No10	60.00	7.50	22.63	77.38
No16				
No20	50.00	6.25	28.88	71.13
No30				
No40	80.00	10.00	38.88	61.13
No100	10.00	1.25	40.13	59.88
No200	200.00	25.00	65.13	34.88
Base	279.00	34.88	100.00	0.00
Total	800.00	100.00		
% perdida	34.88			

Figura 5

Curva granulométrica – calicata 01

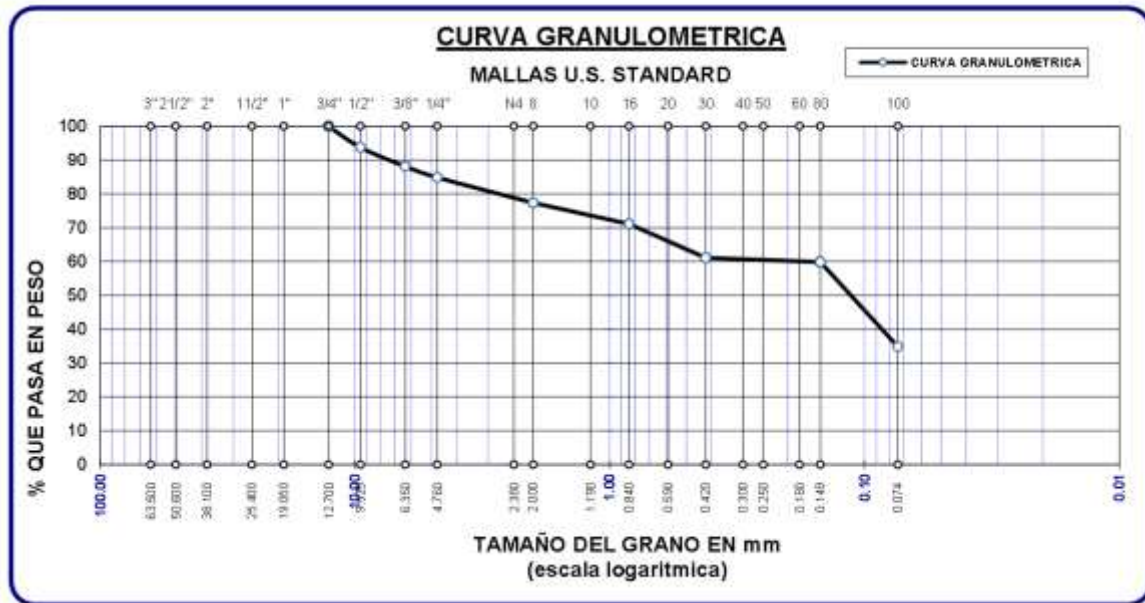


Tabla 4

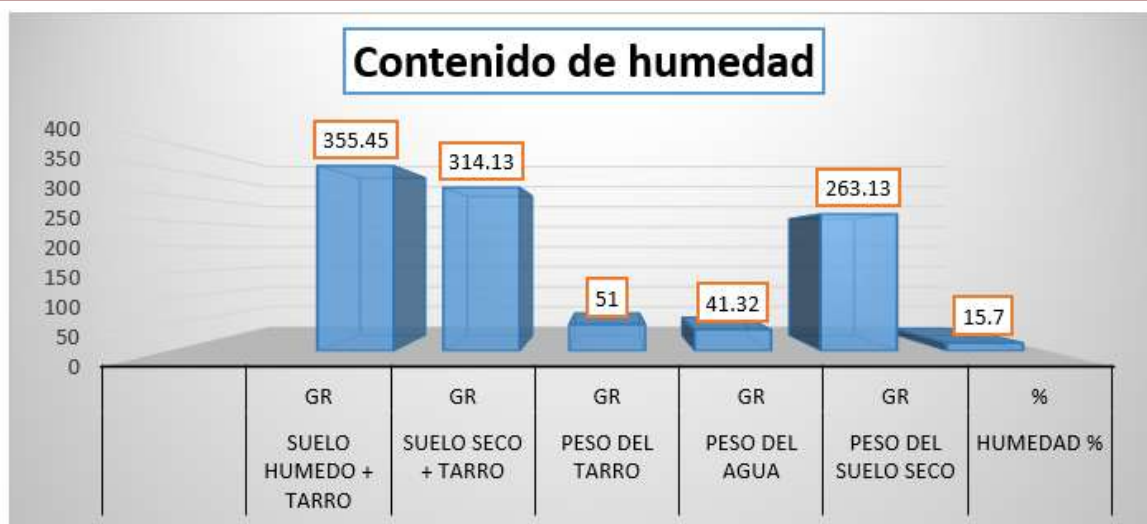
humedad calicata 01

humedad c-1			
Húmedo + Tarro	Gr		326.23
Seco + Tarro	Gr		313.25
Tarro	Gr		50.00
Agua	Gr		12.98
Suelo Seco	Gr		263.25
Humedad %	%		4.93

Se muestra el análisis de % humedad de suelo (c-1), donde se determinó que el peso del agua es 12.98 gramos y el peso del suelo seco es 263.25 gramos. El contenido de humedad calculado es 4.93%. Estos datos son esenciales para análisis las cualidades del suelo en ingeniería.

Figura 6

Representación del % humedad calicata 1



Se muestra una representación gráfica del % de humedad de la calicata 1. Los valores reflejan el suelo húmedo más el tarro (355.45 gramos), suelo seco más el tarro (314.13 gramos), peso del tarro (51 gramos), peso del agua (41.32 gramos), peso del suelo seco (263.13 gramos) y el porcentaje de humedad, que es 15.7%. Estos datos visualizan las diferencias entre las distintas mediciones.

Tabla 5

Límites de consistencia calicata 1

Tarro n°	Limite liquido			Limite plástico	
	1	2	3	A	B
húmedo + tarro	25.56	29.21	30.12	8.54	9.25
seco + tarro	24.56	26.52	27.25	8.12	8.25
tarro	21.00	21.00	21.00	4.12	4.12
agua	1.00	2.69	2.87	0.42	1.00
suelo seco	3.56	5.52	6.25	4.00	4.13
Humedad %	28.09	48.73	45.92	10.50	24.21
N° de golpes	29	19	11		
LL:	39.11	LP:		17.36	
	IP:	21.75			

Se presenta los límites de consistencia para la calicata 1, donde se detallan los resultados de los límites líquido y plástico. Se muestran los pesos del suelo húmedo, seco, el agua contenida, y el N° de golpes necesarios en cada prueba. El LL es 39.11 y el límite plástico es 17.36, resultando en un índice plástico de 21.75, datos esenciales para clasificar el comportamiento del suelo.

Tabla 6

Características granulométricas calicata 1

Características granulométricas		
CALICATA 1	D10	-
	D30	-
	D60	0.18
	Cu	-
	Cc	-
	I.G.	1
	SUCS	SC
	ASSTHO	A-2-6

Se muestra las características granulométricas de la calicata 1. Se observa que el valor D60 es 0.18, mientras que los valores de D10, D30, Cu y Cc no están disponibles.

Calicata 02

Tabla 7

Tamizado – calicata 02

MALLA	Peso Retenido	%retenido Parcial	%retenido Acumulado	% que Pasa
Astm 3"				
1/2"	0.00	0.00	0.00	100.00
3/8"	60.00	7.50	7.50	92.50
1/4"	45.00	5.63	13.13	86.88
No4	23.00	2.88	16.00	84.00
No8				
No10	50.00	6.25	22.25	77.75
No20	65.00	8.13	30.38	69.63
No30				
No40	75.00	9.38	39.75	60.25
No100	56.00	7.00	46.75	53.25
No200	210.00	26.25	73.00	27.00
Base	216.00	27.00	100.00	0.00
Total	800.00	100.00		
% perdida	27.00			

Figura 7

Curva granulométrica – calicata 02

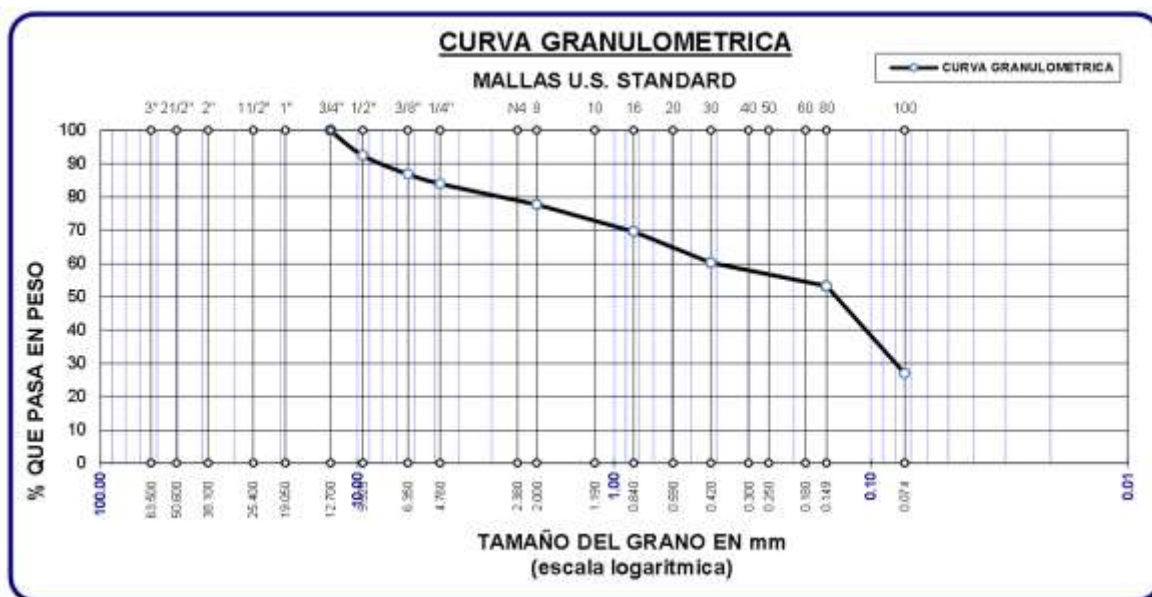


Tabla 8

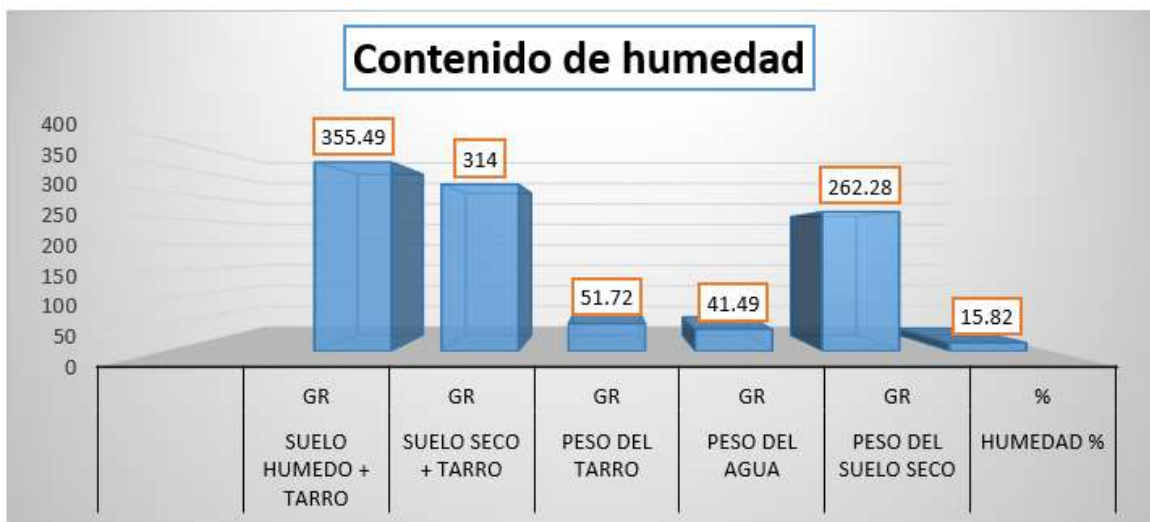
Contenido de humedad calicata 02

Contenido de humedad c-2		
Húmedo + Tarro	Gr	355.49
Seco + Tarro	Gr	314.00
Tarro	Gr	51.72
Agua	Gr	41.49
Suelo Seco	Gr	262.28
Humedad %	%	15.82

La Tabla 8 presenta el % humedad de la calicata 02. El peso del suelo húmedo más el tarro es de 355.49 gramos, mientras que el suelo seco más el tarro pesa 314.00 gramos. El contenido de humedad calculado es del 15.82%, basado en el peso del agua de 41.49 gramos y del suelo seco de 262.28 gramos.

Figura 8

Representación del % humedad calicata 2



La gráfica ilustra % de humedad de la calicata 2, destacando que el suelo húmedo más el tarro pesa 355.49 gramos y el suelo seco más el tarro 314 gramos. El contenido de humedad es del 15.82%, con un peso del agua de 41.49 gramos.

Tabla 9

Límites de consistencia calicata 2

Tarro n°	Limite liquido			Limite plástico	
	4	5	6	C	D
húmedo + tarro	48.52	49.30	49.25	12.84	12.00
Seco + tarro	43.23	43.79	43.79	11.65	11.79
tarro	30.00	30.00	30.00	6.35	6.35
agua	5.29	5.51	5.46	1.19	0.21
suelo seco	13.23	13.79	13.79	5.30	5.44
Humedad %	39.98	39.96	39.59	22.45	3.86
N° de golpes	27	20	14		
LL	38.72		LP:	13.16	
	ÍP:		25.56		

Se presenta los límites de consistencia de la C-2, mostrando los resultados del límite líquido y plástico. Los valores del límite líquido son 38.72, mientras que el límite plástico es 13.16, resultando en un índice plástico de 25.56. Se detallan también el peso del agua, peso del suelo seco, y el número de golpes necesarios para cada tarro.

Tabla 10

Características granulométricas calicata 2

Características granulométricas



CALICATA 2	D10	-
	D30	0.083
	D60	0.41
	Cu	-
	Cc	-
	I.G.	0
	SUCS	SC-SM
	ASSTHO	A-2-4

Se presenta los límites de consistencia de la C-2, mostrando los resultados del límite L y P. Los valores del límite líquido son 38.72, mientras que el límite plástico es 13.16, resultando en un índice plástico de 25.56.

Calicata 03

Tabla 11

Tamizado – calicata 03

MALLA	Peso	%retenido	%retenido	% que
Astm	Retenido	Parcial	Acumulado	Pasa
3"				
1/2"	0.00	0.00	0.00	100.00
3/8"	56.00	7.00	7.00	93.00
1/4"	32.00	4.00	11.00	89.00
No4	15.00	1.88	12.88	87.13
No8				
No10	95.00	11.88	24.75	75.25
No16				
No20	45.00	5.63	30.38	69.63
No30				
No40	55.00	6.88	37.25	62.75
No100	100.00	12.50	49.75	50.25
No200	210.00	26.25	76.00	24.00
Base	192.00	24.00	100.00	0.00
Total	800.00	100.00		
% perdida	24.00			

Figura 9

Curva granulométrica – calicata 03

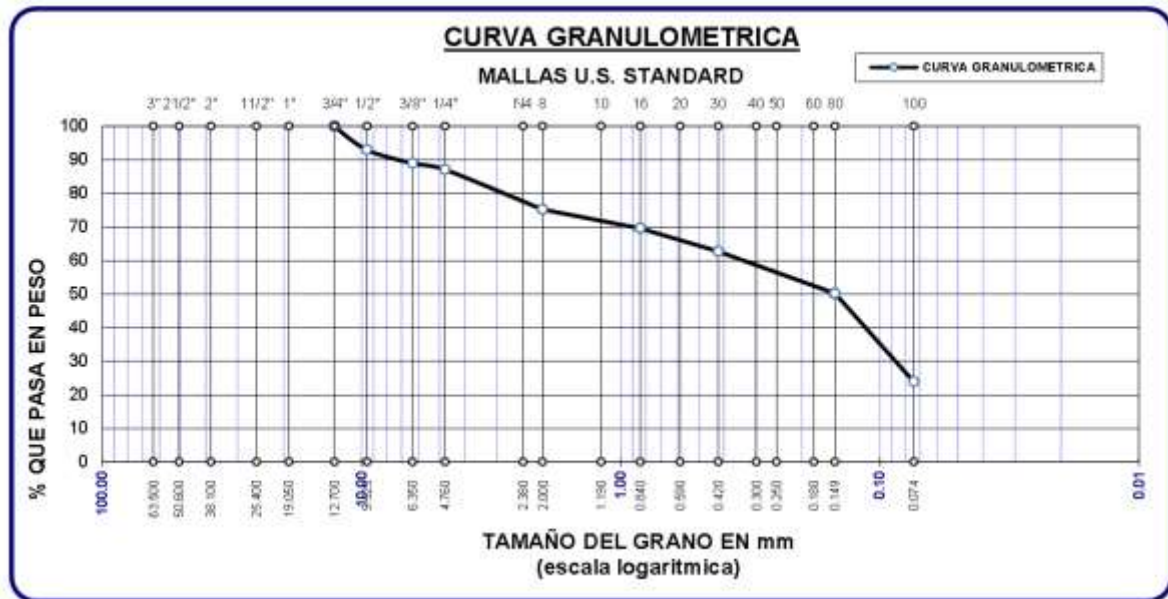


Tabla 12

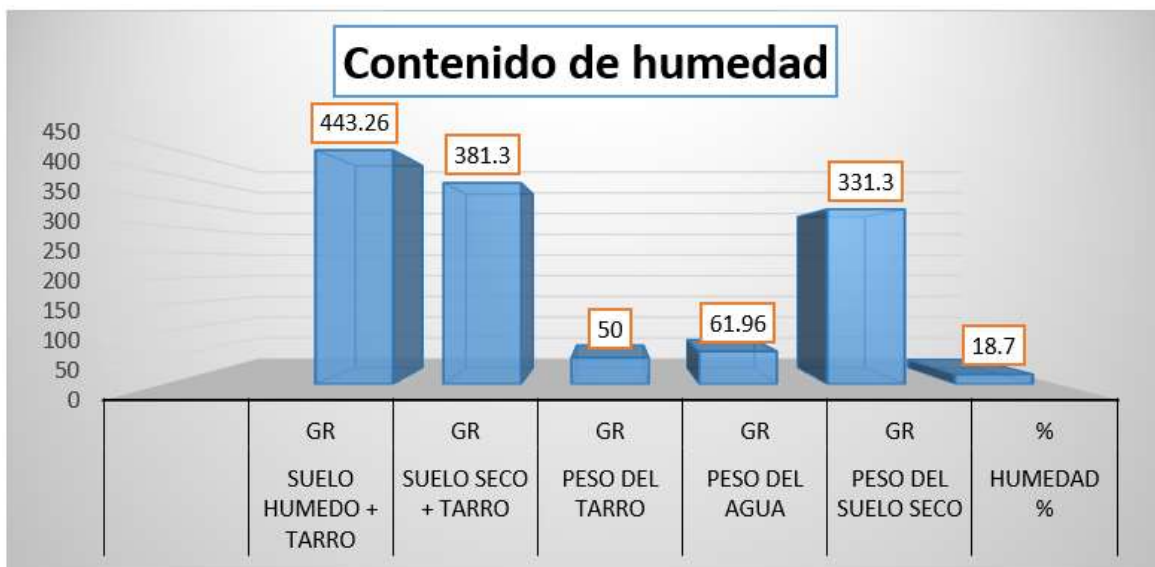
% de humedad calicata 03

Contenido de humedad c-3		
húmedo + tarro	Gr	443.26
seco + tarro	Gr	381.30
tarro	Gr	50.00
agua	Gr	61.96
suelo seco	Gr	331.30
Humedad %	%	18.70

Se muestra el % humedad de la calicata 03. El peso del suelo húmedo más el tarro es de 443.26 gramos, mientras que el suelo seco más el tarro pesa 381.30 gramos. El peso del agua es de 61.96 gramos y el peso del suelo seco es 331.30 gramos, resultando en un porcentaje de humedad del 18.70%.

Figura 10

Representación % humedad calicata 3



Se muestra una representación gráfica del % humedad de la calicata 3, donde el suelo húmedo más el tarro pesa 443.26 gramos y el suelo seco más el tarro pesa 381.3 gramos. El contenido de humedad es del 18.7%, con un peso del agua de 61.96 gramos.

Tabla 13

Límites de consistencia calicata 3

DESCRIP.	Limite liquido			Limite plástico	
	7	8	9	E	F
Húmedo + Tarro	69.66	82.51	69.61	10.21	10.25
Seco + Tarro	62.12	73.23	62.23	9.21	9.22
Tarro	44.00	44.00	44.00	4.00	4.00
Agua	7.54	9.28	7.38	1.00	1.03
Suelo Seco	18.12	29.23	18.23	5.21	5.22
Humedad	41.61	31.75	40.48	19.19	19.73
N° De Golpes	35	28	15		
LL	37.86		LP	19.46	
	ÍP:		18.40		

Se presenta los límites de la calicata 3. Los resultados muestran que el l.l es de 37.86 y el LP es de 19.46, resultando en un índice plástico de 18.40. Se detallan también los pesos del suelo húmedo, seco y del agua, junto con el número de golpes necesarios para cada prueba.

Tabla 14

Características granulométricas calicata 3

Características granulométricas

CALICATA 3	D10	-
	D30	0.091
	D60	0.36
	Cu	-
	Cc	-
	I.G.	0
	SUCS	SC
	ASSTHO	A-2-4

Se muestra las características granulométricas de la calicata 3, donde los valores de D30 y D60 son 0.091 y 0.36, respectivamente, mientras que los valores de D10, Cu y Cc no están disponibles. Según SUCS es SC, y de acuerdo con AASHTO, es A-2-4, con un índice de grupo (I.G.) de 0.

Calicata 04**Tabla 15***Tamizado – calicata 04*

Tamices	Peso	%retenido	%retenido	% que
Astm	Retenido	Parcial	Acumulado	Pasa
3"				
1/2"	0.00	0.00	0.00	100.00
3/8"	51.26	6.41	6.41	93.59
1/4"	41.00	5.13	11.53	88.47
No4	32.20	4.03	15.56	84.44
No8				
No10	56.00	7.00	22.56	77.44
No16				
No20	94.00	11.75	34.31	65.69
No30				
No40	65.00	8.13	42.43	57.57
No100	56.00	7.00	49.43	50.57
No200	121.00	15.13	64.56	35.44
Base	283.54	35.44	100.00	0.00
Total	800.00	100.00		
% perdida	35.44			

Figura 11*Curva granulométrica – calicata 04*

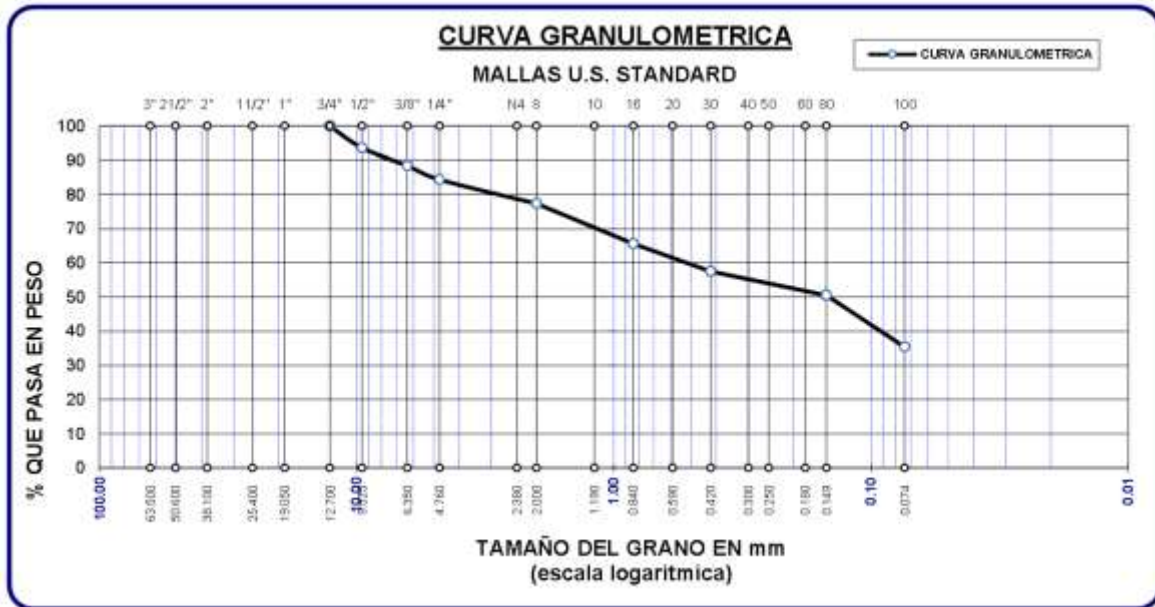


Tabla 16

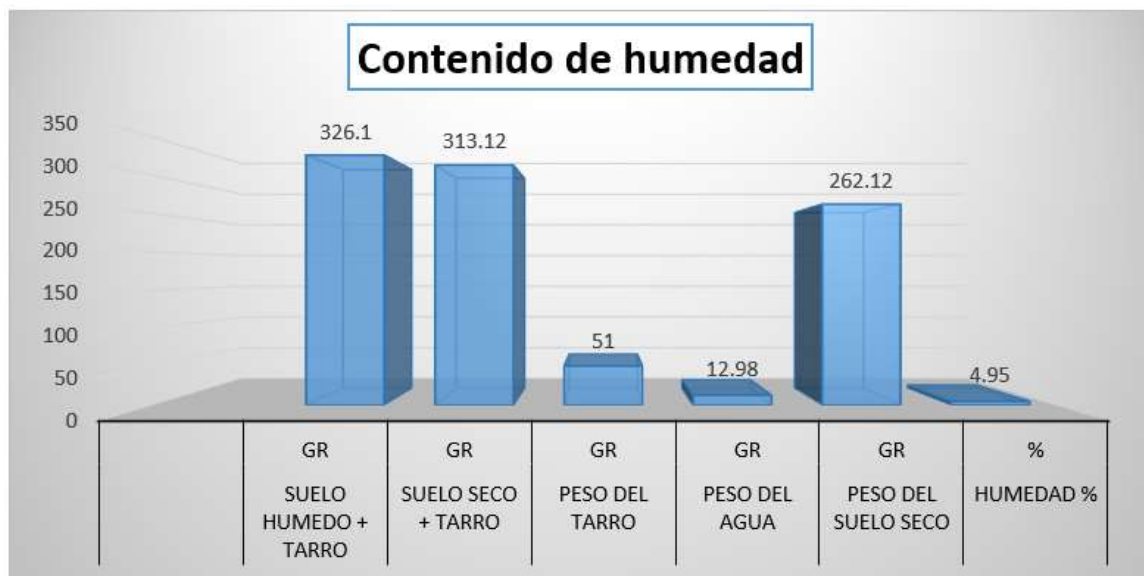
% humedad calicata 04

% humedad c-4		
húmedo + tarro	Gr	326.10
seco + tarro	Gr	313.12
Tarro	Gr	51.00
Agua	Gr	12.98
suelo seco	Gr	262.12
Humedad %	%	4.95

Se muestra el % humedad de la calicata 04. El peso del suelo húmedo más el tarro es de 326.10 gramos, mientras que el suelo seco más el tarro pesa 313.12 gramos. El peso del agua es 12.98 gramos y el peso del suelo seco es 262.12 gramos, resultando en un porcentaje de humedad del 4.95%.

Figura 12

Representación % de humedad calicata 4



La Figura representa gráficamente el % humedad de la calicata 4. Los valores muestran un suelo húmedo más el tarro de 326.1 gramos y del suelo seco más el tarro de 313.12 gramos, con % humedad de 4.95%.

Tabla 17

Límites de consistencia calicata 4

DESCRIP.	Limite liquido			Limite plástico	
	1	2	3	A	B
Húmedo + Tarro	25.45	29.20	30.03	8.45	9.15
Seco + Tarro	24.53	26.45	27.19	8.10	8.36
Tarro	21.20	21.20	21.20	4.11	4.11
Agua	0.92	2.75	2.84	0.35	0.79
Suelo Seco	3.33	5.25	5.99	3.99	4.25
Humedad	27.63	52.38	47.41	8.77	18.59
N° Golpes	30	20	15		
LL	41.27		LP	:	13.68
	ÍP:		27.59		

Se muestra los límites de consistencia de la C-4, con un LL de 41.27 y un LP de 13.68, resultando en un IP de 27.59. Se presentan también los pesos de las muestras húmedas y secas, junto con el número de golpes necesarios en cada prueba.

Tabla 18

Características granulométricas calicata 4



Características granulométricas		
CALICATA 4	D10	-
	D30	-
	D60	0.55
	Cu	-
	Cc	-
	I.G.	0
	SUCS	SC
	ASSTHO	A-2-4

Se presenta las características granulométricas de la calicata 4. El valor D60 es 0.55, mientras que los valores de D10, D30, Cu y Cc no están disponibles.

Calicata 05

Tabla 19

Análisis granulométrico – calicata 05

Tamices	Peso Retenido	%retenido Parcial	%retenido Acumulado	% que Pasa
3"				
1/2"	0.00	0.00	0.00	100.00
3/8"	41.36	5.17	5.17	94.83
1/4"	32.26	4.03	9.20	90.80
No4	59.54	7.44	16.65	83.36
No8				
No10	59.26	7.41	24.05	75.95
No16				
No20	68.52	8.57	32.62	67.38
No30				
No40	74.26	9.28	41.90	58.10
No100	56.25	7.03	48.93	51.07
No200	230.00	28.75	77.68	22.32
Base	178.55	22.32	100.00	0.00
Total	800.00	100.00		
% perdida	22.32			

Figura 13

Curva granulométrica – calicata 05

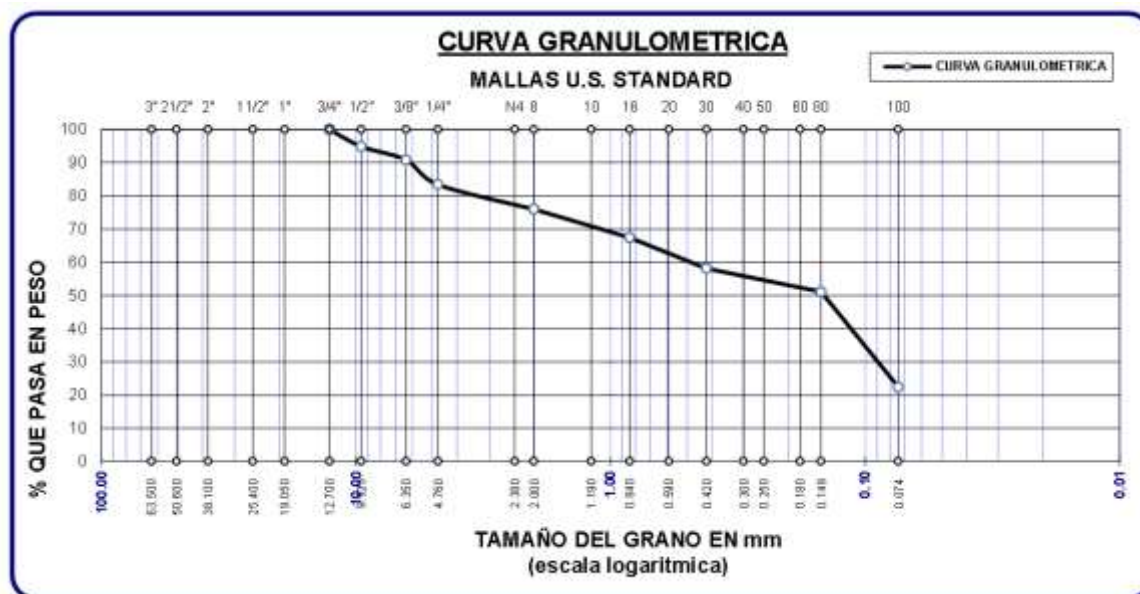


Tabla 20

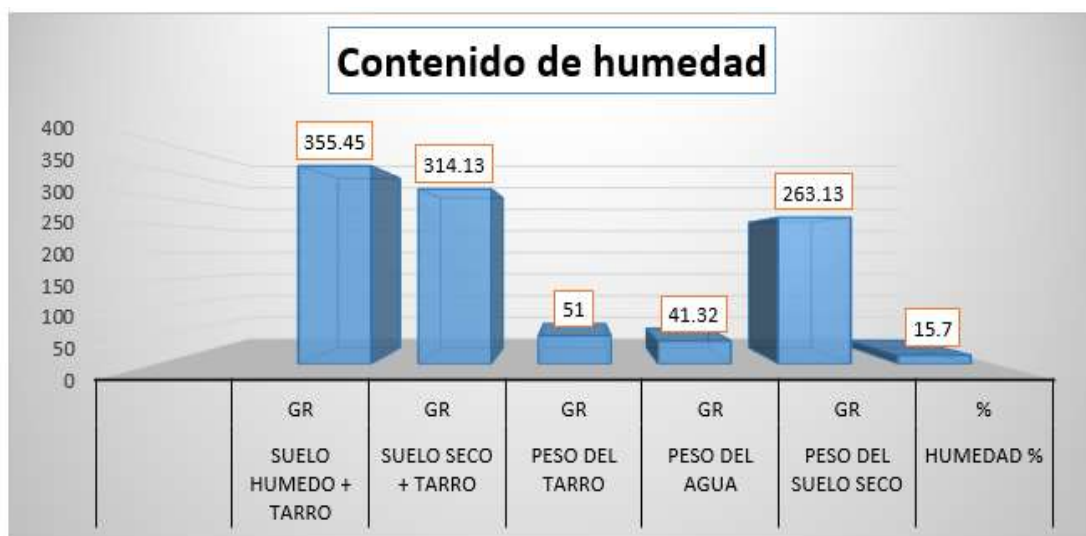
% humedad calicata 05

% humedad c-5		
Húmedo + Tarro	Gr	355.45
Seco + Tarro	Gr	314.13
Tarro	Gr	51.00
Agua	Gr	41.32
Suelo Seco	Gr	263.13
Humedad %	%	15.70

Se muestra el % humedad de la calicata 05. El peso húmedo más el tarro es de 355.45 gramos, mientras que el suelo seco más el tarro pesa 314.13 gramos. El peso del agua es 41.32 gramos, y el peso del suelo seco es 263.13 gramos, resultando en un porcentaje de humedad del 15.70%.

Figura 14

Representación % humedad calicata 5



La representación gráfica del % humedad de la calicata 5. Los datos reflejan un peso del suelo húmedo más el tarro de 355.45 gramos y del suelo seco más el tarro de 314.13 gramos. El contenido de humedad es del 15.7%, con un peso del agua de 41.32 gramos y un peso del suelo seco de 263.13 gramos.

Tabla 21

Límites de consistencia calicata 5

Tarro n°	Limite liquido			Limite plástico	
	4	5	6	C	D
Húmedo + Tarro	48.32	49.35	49.30	12.91	12.26
Seco + Tarro	43.22	43.81	43.80	11.55	11.36
Tarro	30.13	30.13	30.13	6.30	6.48
Agua	5.10	5.54	5.50	1.36	0.90
Suelo Seco	13.09	13.68	13.67	5.25	4.88
Humedad %	38.96	40.50	40.23	25.90	18.44
N° De Golpes	27	20	14		
LL	38.75			LP	22.17
	IP:			16.58	

Se presenta los límites de consistencia de C-5. Los resultados indican que el LL es de 38.75 y el LP es de 22.17, lo que da un índice plástico de 16.58. Además, se muestran los pesos del suelo húmedo, seco, agua y N° golpes necesarios para cada prueba en los distintos tarros.

Tabla 22

Características granulométricas calicata 5

Características granulométricas		
CALICATA 5	D10	-
	D30	0.094
	D60	0.51
	Cu	-
	Cc	-
	I.G.	0
	SUCS	SC
	ASSTHO	A-2-4

Se muestra las características granulométricas de la calicata 5. El valor D30 es 0.094 y D60 es 0.51, mientras que los valores de D10, Cu y Cc no están disponibles.

4.1.2 Determinar los valores de la capacidad de soporte de los suelos para el mejoramiento estructural

CALICATA 1

Tabla 23

DMS de calicata 1

Datos de Proctor modificado C-1									
Suelo Humedo + Molde	gr.	10448		10429		10408		10519	
Molde	gr.	6015		6015		6015		6015	
Suelo Húmedo	gr/cm3.	4433		4414		4393		4504	
Densidad Suelo Humedo	gr/cm3.	2.085		2.076		2.066		2.119	
Cap. Suelo Húmedo + Capsula	No	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
	gr.	323.00	339.55	291.24	301.13	334.24	270.25	334.35	290.35
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	306.58	321.36	270.06	281.54	307.11	248.80	321.24	270.25
Peso del Agua	gr.	16.42	18.19	21.18	19.59	27.13	21.45	13.11	20.10
Peso de la Capsula	gr.	34.00	34.00	34.00	34.00	34.00	34.00	34.00	34.00
Peso del Suelo Seco	gr.	272.58	287.36	236.06	247.54	273.11	214.80	287.24	236.25
% de Humedad	%	6.02%	6.33%	8.97%	7.91%	9.93%	9.99%	4.56%	8.51%
Promedio de Humedad	%	6.18%		8.44%		9.96%		6.54%	
Densidad del Suelo Seco	%	1.964		1.915		1.879		1.989	
				MDS	:			1.996	gr/cm3
				OH	:			6.88%	

Figura 15

Relación humedad densidad calicata 1

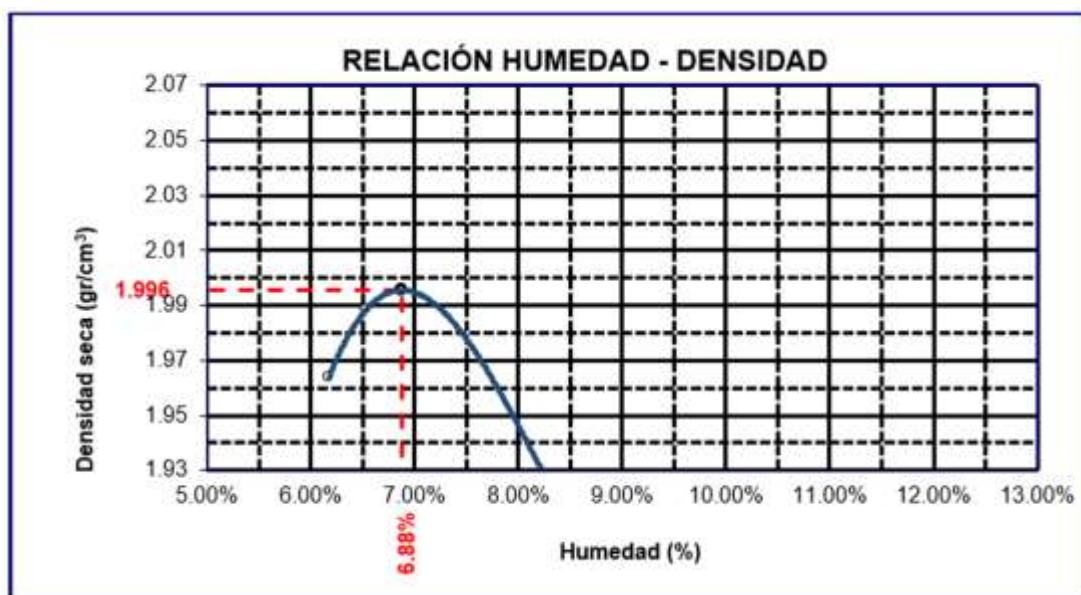


Tabla 24

Corrección por penetración, relación humedad – densidad, calicata 1

Penetración C-1														
Penetración mm	Tiempo	Carga Est.	MOLDE				MOLDE No II				MOLDE No I			
			Dial	Kg	Kg/cm2	Correc.	Dial	Kg	Kg/cm2	Correc.	Dial	Kg	Kg/cm2	Correc.
0.00	0.00		0	0.00	0.00		0.0	0.00	0.00		0.0	0.00	0.00	
0.63	00:30		3	37.9	1.9		15	89	4.5		25	131	6.6	
1.27	01:00		9	63.3	3.2		25	131	6.6		45	216	10.9	
1.91	01:30		15	88.8	4.5		38	186	9.4		75	343	17.4	
2.54	02:00	70.31	21	114.3	5.8		49	240	12.1		85	390	19.7	
3.81	03:00		26	135.5	6.8		70	322	16.3		120	534	27.0	
5.09	04:00	105.00	45	216.1	10.9		89	420	21.2		155	695	35.1	
6.35	05:00		50	237.4	12.0		110	492	24.9		185	810	41.0	
7.62	06:00		53	250.1	12.6		135	598	30.2		225	980	49.5	
8.84	07:00													
10.16	08:00													

Figura 16

Representación gráfica relación CBR - densidad seca, calicata 1

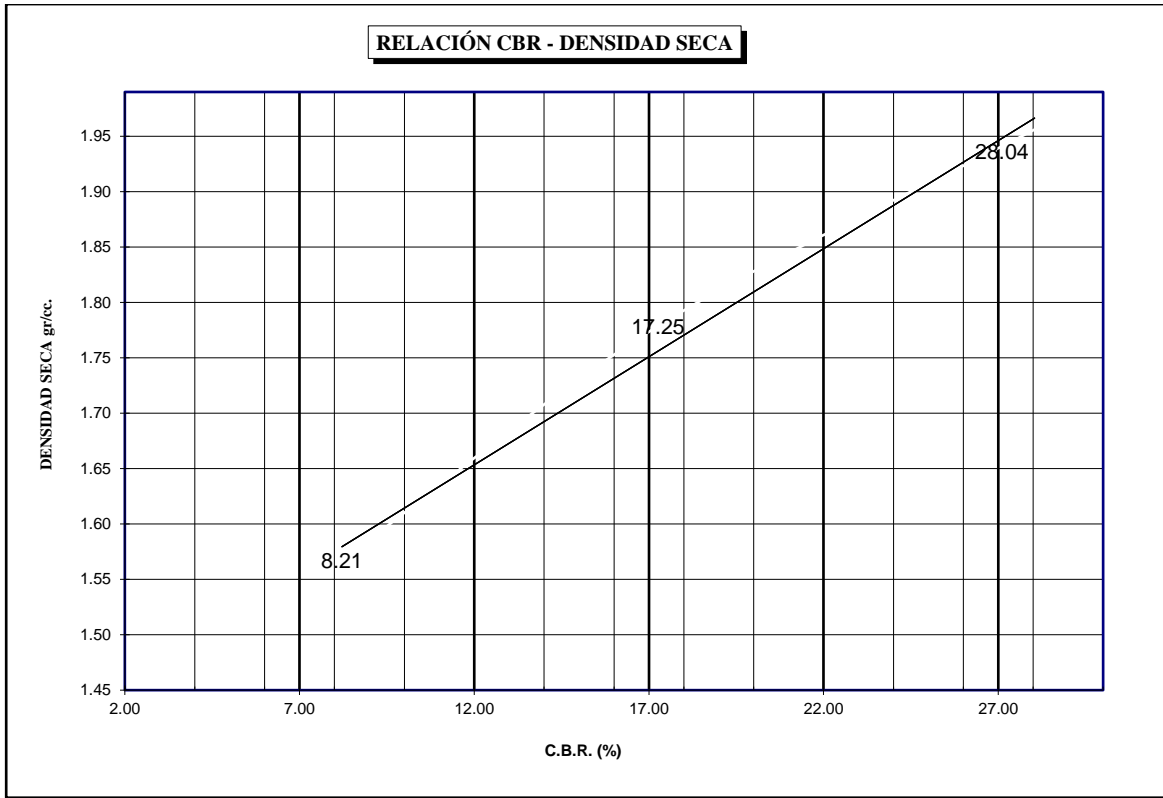


Figura 17

Relación esfuerzo – penetración, 12 golpes - calicata 1

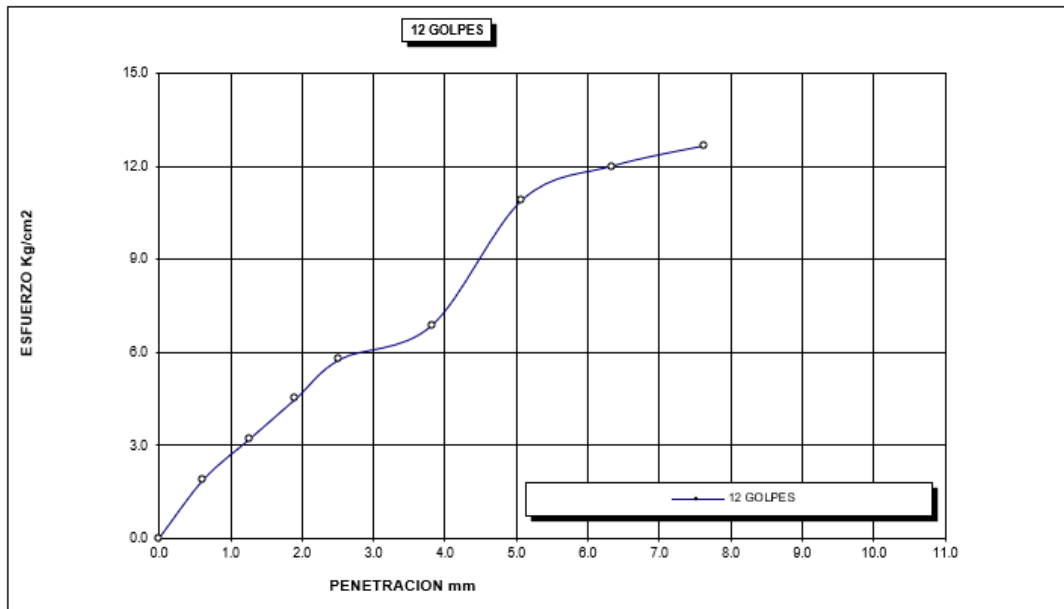


Figura 18

Relación esfuerzo – penetración, 25 golpes - calicata 1

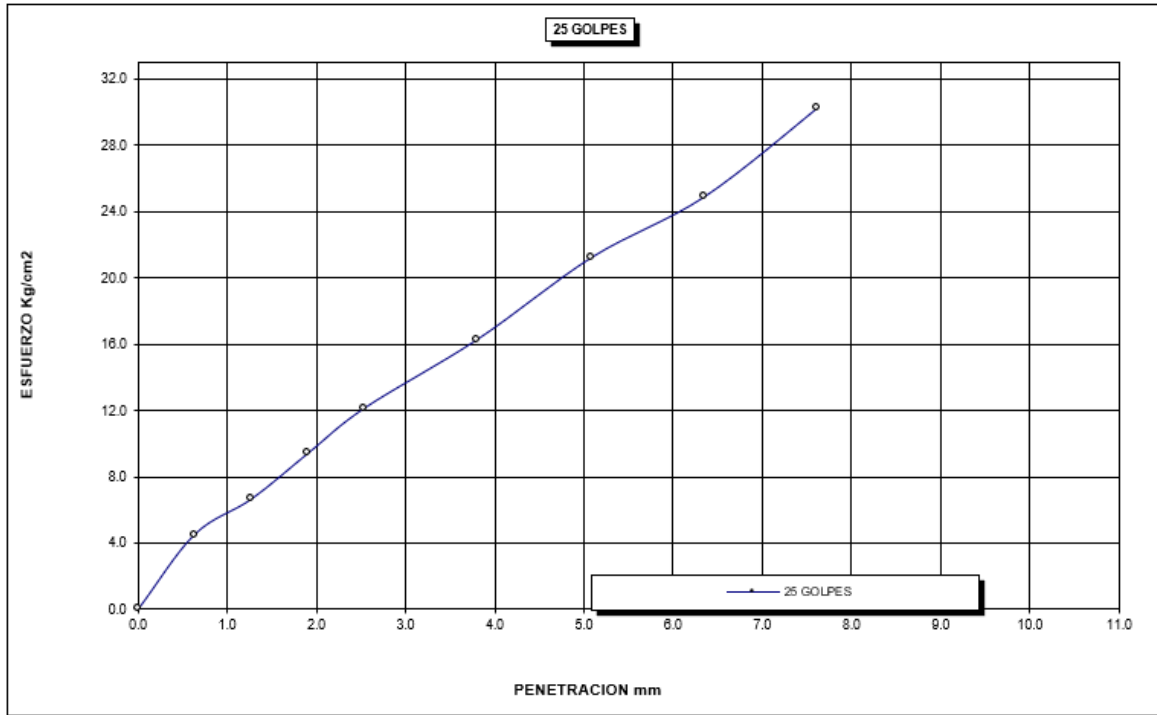


Figura 19

Relación esfuerzo – penetración, 56 golpes - calicata 1

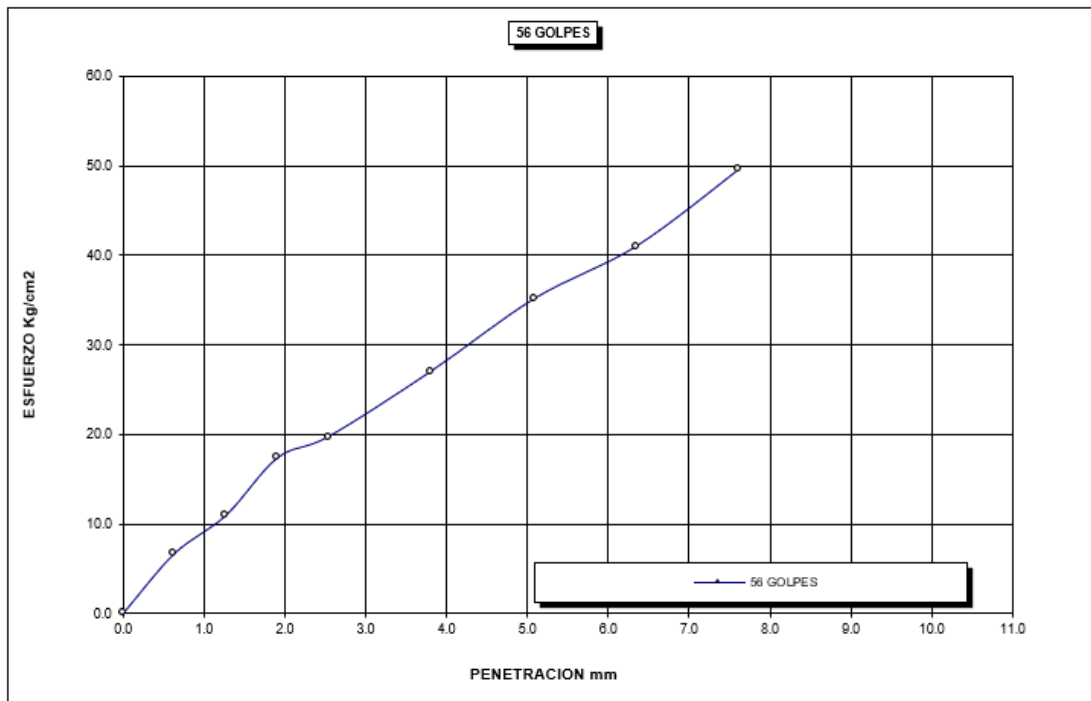


Tabla 25

Resultados método de compactación – calicata 1

N° CALICATA	COMPACTACIÓN	
CALICATA 1	MDS (gr/cm ³)	1.996
	HUMEDAD OPTIMA (%)	6.88
	CBR AL 100% DE MDS (%)	28
	CBR AL 95% DE MDS (%)	17

Se muestra los resultados del método de compactación para la calicata 1. Los datos incluyen una máxima densidad seca de 1.996 gr/cm³, una humedad óptima del 6.88%, un CBR al 100% de la (MDS) del 28%, y un CBR al 95% de la MDS del 17%. Estos valores son fundamentales para evaluar la calidad del suelo y su capacidad de soporte.

CALICATA 2

Tabla 26

DMS de calicata 2

Datos de Proctor modificado C -2									
Peso Suelo Húmedo + Molde	gr.	10500	10510	10520	10523				
Peso del Molde	gr.	6015	6015	6015	6015				
Peso del Suelo Húmedo	gr/cm ³ .	4485	4495	4505	4508				
Densidad del Suelo Húmedo	gr/cm ³ .	2.110	2.114	2.119	2.120				
Capsula No Suelo Húmedo + Capsula	No	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	323.12	339.60	291.29	301.15	334.30	270.30	334.40	290.40
Peso del Agua	gr.	16.82	18.24	21.19	19.56	27.15	21.40	13.10	20.10
Peso de la Capsula	gr.	34.00	34.00	34.00	34.00	34.00	34.00	34.00	34.00
Peso del Suelo Seco	gr.	272.30	287.36	236.10	247.59	273.15	214.90	287.30	236.30
% de Humedad	%	6.18%	6.35%	8.98%	7.90%	9.94%	9.96%	4.56%	8.51%
Promedio de Humedad	%	6.26%		8.44%		9.95%		6.53%	
Densidad del Suelo Seco	%	1.985		1.950		1.927		1.990	
				MDS:		1.992	gr/cm³		
				OH:		6.75%			

Figura 20

Relación humedad densidad calicata 2

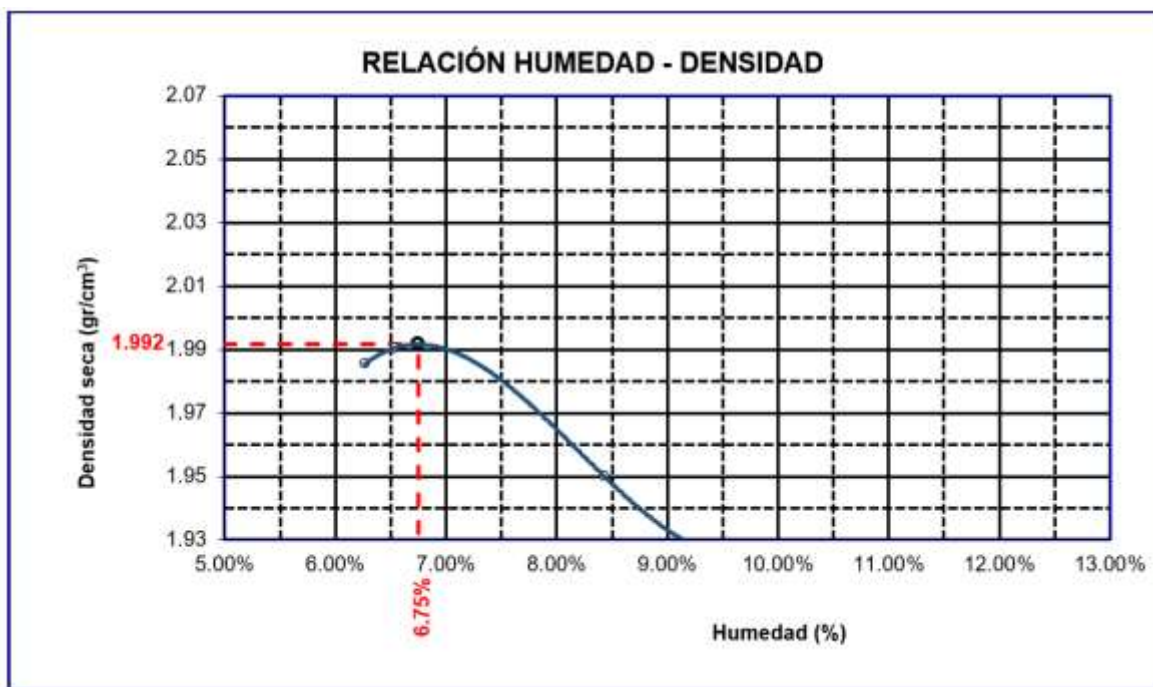


Tabla 27

Corrección por penetración, relación humedad – densidad, calicata 2

Penetración C-2													
Penetración mm	Tiempo	Carga Est.	MOLDE No III			MOLDE No II			MOLDE No I				
			Dial	Kg	Kg/cm2	Correc.	Dial	Kg	Kg/cm2	Correc.	Dial	Kg	Kg/cm2
0.00	0.00		0	0.00	0.00		0.0	0.00	0.00		0.0	0.00	0.00
0.63	00:30		8	59.1	3.0		18	102	5.1		29	148	7.5
1.27	01:00		15	88.8	4.5		29	148	7.5		45	216	10.9
1.91	01:30		25	131.2	6.6		41	199	10.1		63	293	14.8
2.54	02:00	70.31	38	186.4	9.4		60	285	14.4		89	430	21.7
3.81	03:00		45	216.1	10.9		70	322	16.3		125	556	28.1
5.09	04:00	105.00	59	275.6	13.9		95	450	22.7		159	750	37.9
6.35	05:00		75	343.5	17.4		115	513	25.9		195	853	43.1
7.62	06:00		95	428.4	21.7		129	573	28.9		225	980	49.5
8.84	07:00												
10.16	08:00												

Figura 21

Representación gráfica relación CBR - densidad seca, calicata 2

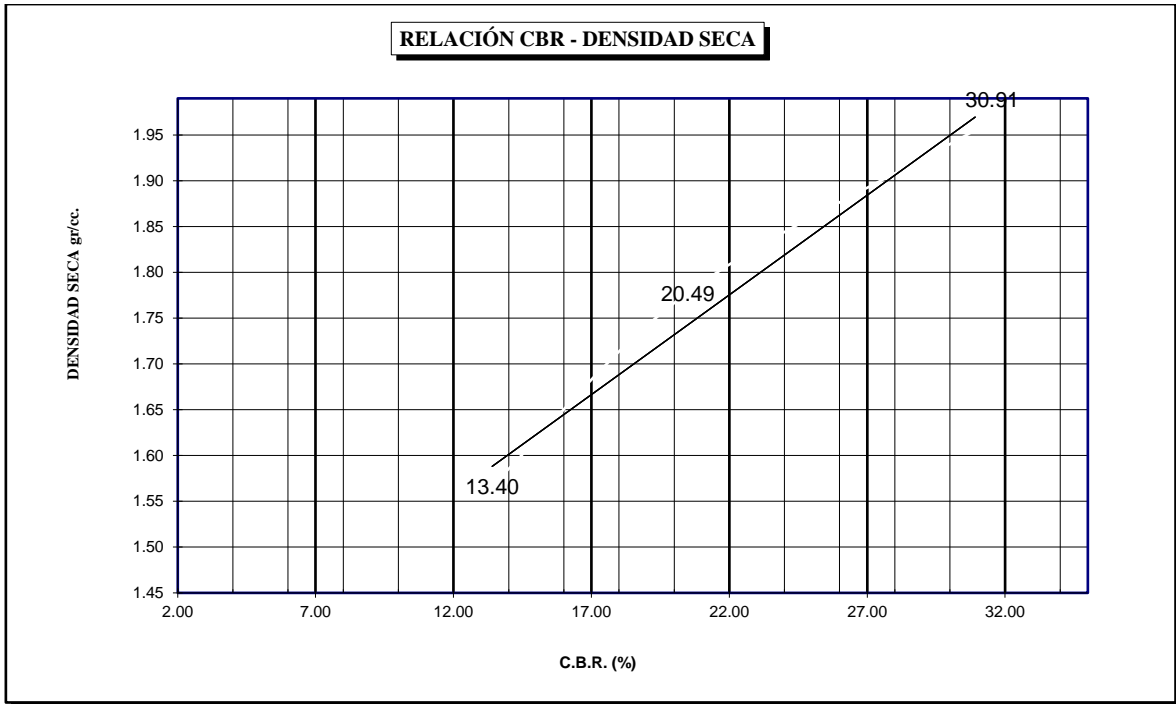


Figura 22

Relación esfuerzo – penetración, 12 golpes - calicata 2

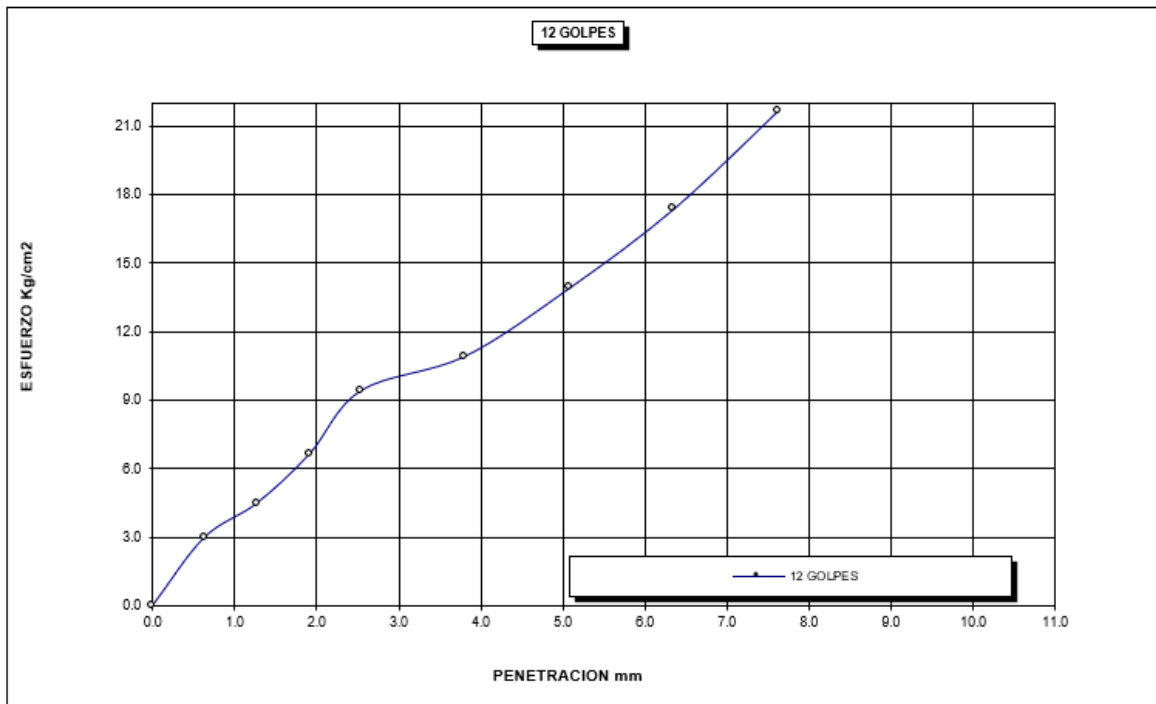


Figura 23

Relación esfuerzo – penetración, 25 golpes - calicata 2

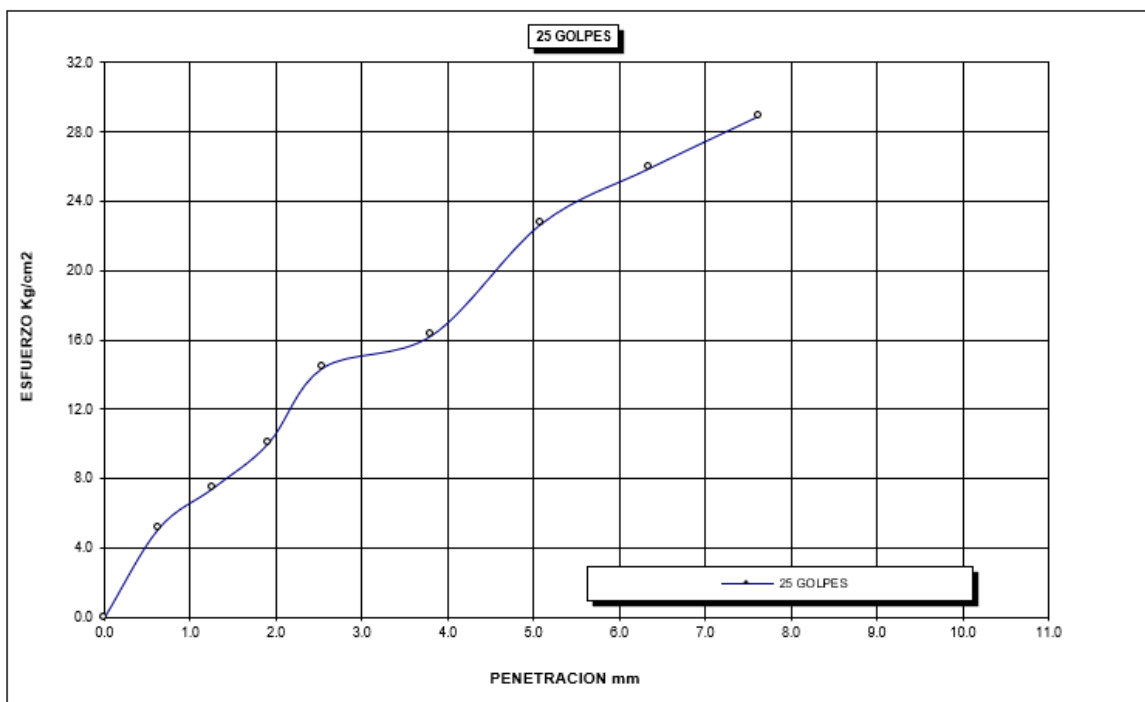


Figura 24

Relación esfuerzo – penetración, 56 golpes - calicata 2

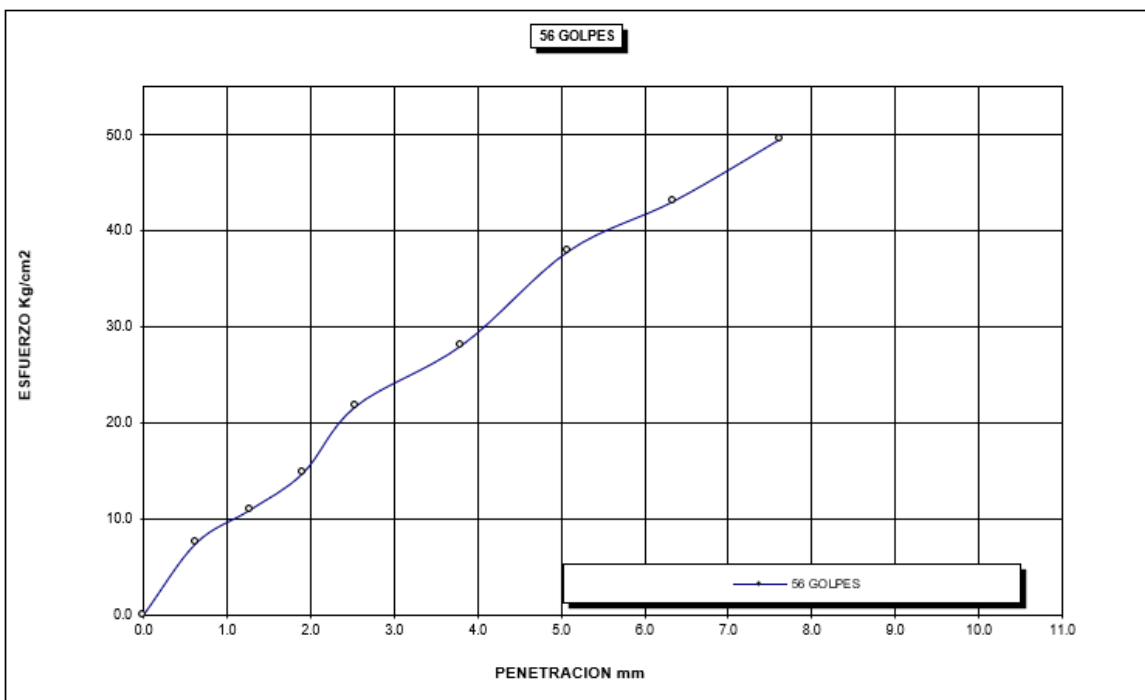


Tabla 28

Resultados método de compactación – calicata 2



N° CALICATA	COMPACTACIÓN	
CALICATA 2	MDS (gr/cm ³)	1.992
	OH (%)	6.75
	CBR AL 100% DE MDS (%)	31
	CBR AL 95% DE MDS (%)	20

Los resultados del método de compactación para la C-2. Los datos incluyen una máxima densidad seca de 1.992 gr/cm³, una humedad óptima del 6.75%, un CBR al 100% de (MDS) del 31% y un CBR al 95% de la MDS del 20%. Estos resultados son cruciales para evaluar la capacidad de soporte del suelo y su comportamiento bajo cargas.

CALICATA 3

Tabla 29

Proctor modificado calicata 3

Datos de Proctor modificado C-3										
Peso Suelo Humedo + Molde	gr.	10550	10450	10450	10450	10600				
Peso del Molde	gr.	6015	6015	6015	6015	6015				
Peso del Suelo Húmedo	gr/cm ³ .	4535	4435	4435	4435	4585				
Densidad del Suelo Humedo	gr/cm ³ .	2.003	1.959	1.959	1.959	2.025				
Capsula No Suelo Humedo + Capsula	No	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	
	gr.	323.01	339.56	291.25	301.14	334.25	270.26	334.36	290.36	
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	306.59	321.37	270.07	281.55	307.12	248.81	321.25	270.26	
Peso del Agua	gr.	16.42	18.19	21.18	19.59	27.13	21.45	13.11	20.10	
Peso de la Capsula	gr.	34.00	34.00	34.00	34.00	34.00	34.00	34.00	34.00	
Peso del Suelo Seco	gr.	272.59	287.37	236.07	247.55	273.12	214.81	287.25	236.26	
% de Humedad	%	6.02%	6.33%	8.97%	7.91%	9.93%	9.99%	4.56%	8.51%	
Promedio de Humedad	%	6.18%		8.44%		9.96%		6.54%		
Densidad del Suelo Seco	%	1.886		1.806		1.781		1.901		
				MDS	:			1.902	gr/cm³	
				OH	:			6.69%		

Figura 25

Relación humedad densidad calicata 3

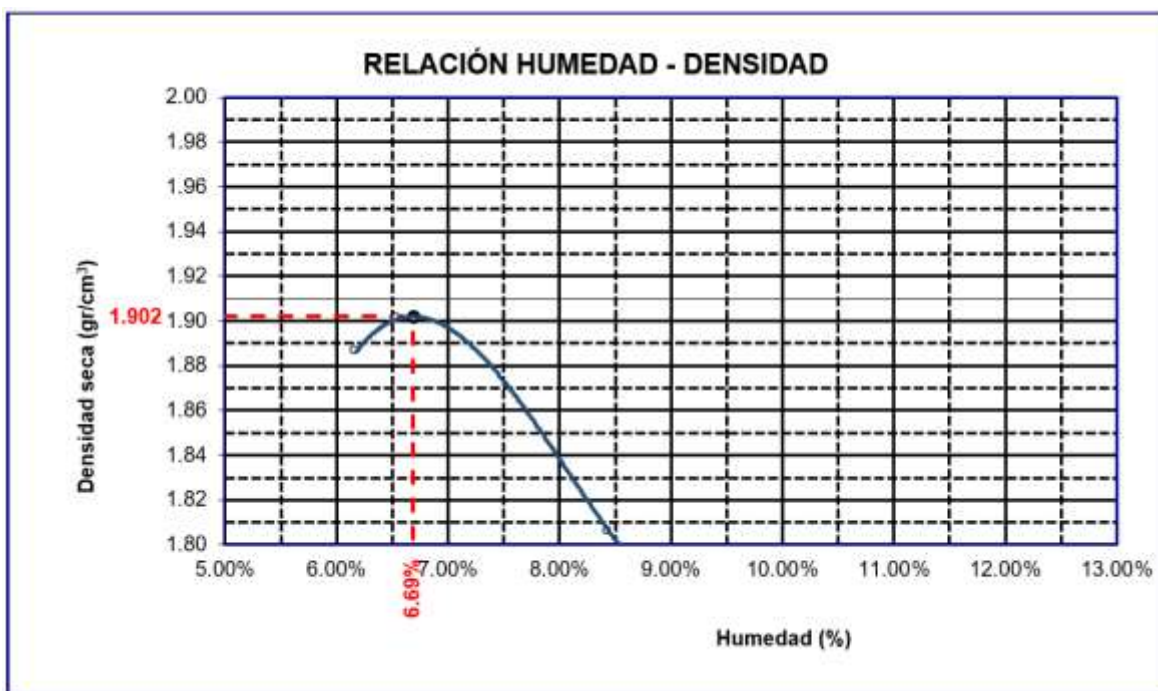


Tabla 30

Corrección por penetración, relación humedad – densidad, calicata 3

Penetración C-3														
Penetración mm	Tiempo	Carga Est.	MOLDE No III				MOLDE No II				MOLDE No I			
			Dial	Kg	Kg/cm2	Correc.	Dial	Kg	Kg/cm2	Correc.	Dial	Kg	Kg/cm2	Correc.
0.00	0.00		0	0.00	0.00		0.0	0.00	0.00		0.0	0.00	0.00	
0.63	00:30		2	33.6	1.7		13	80	4.1		22	119	6.0	
1.27	01:00		7	54.8	2.8		20	110	5.6		39	191	9.6	
1.91	01:30		10	67.6	3.4		35	174	8.8		58	271	13.7	
2.54	02:00	70.31	13	80.3	4.1		45	225	11.4		80	375	19.0	
3.81	03:00		18	101.5	5.1		68	314	15.9		112	501	25.3	
5.09	04:00	105.00	23	122.8	6.2		86	450	22.7		140	650	32.9	
6.35	05:00		28	144.0	7.3		106	475	24.0		174	764	38.6	
7.62	06:00		31	156.7	7.9		120	534	27.0		201	878	44.4	
8.84	07:00													
10.16	08:00													

Figura 26

Representación gráfica relación CBR - densidad seca, calicata 3

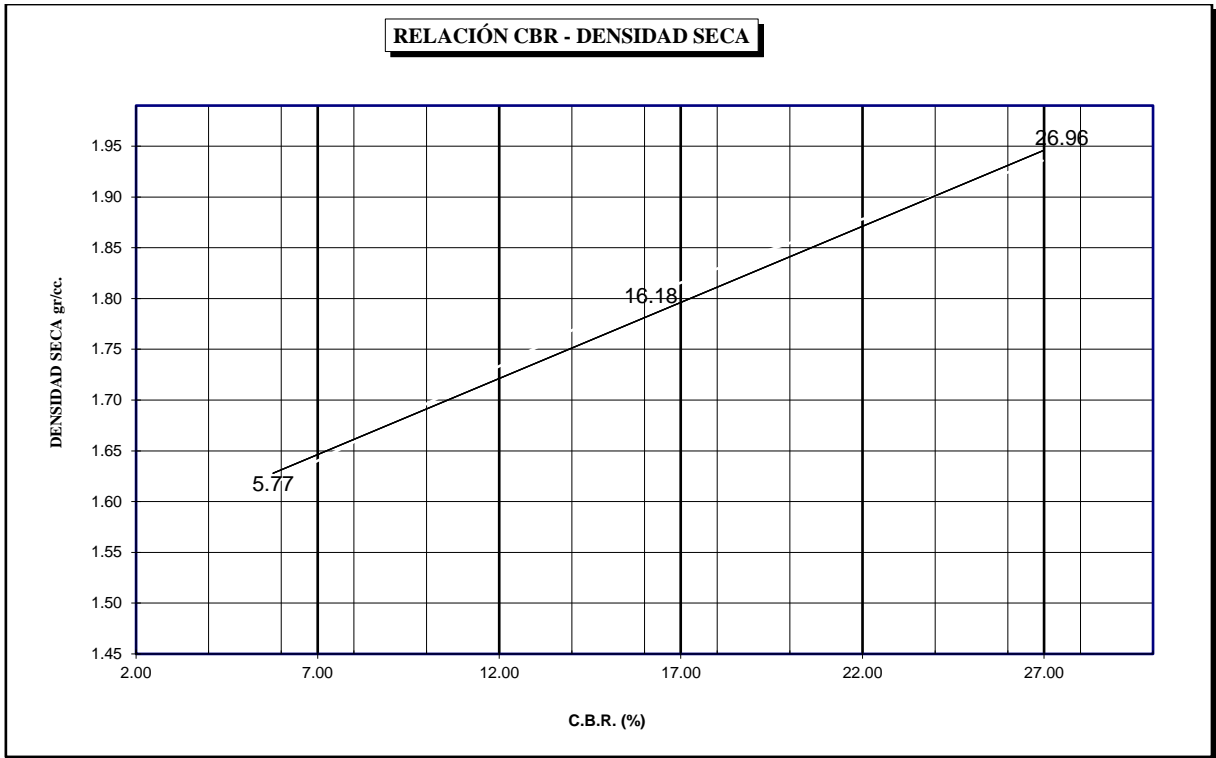


Figura 27

Relación esfuerzo – penetración, 12 golpes - calicata 3

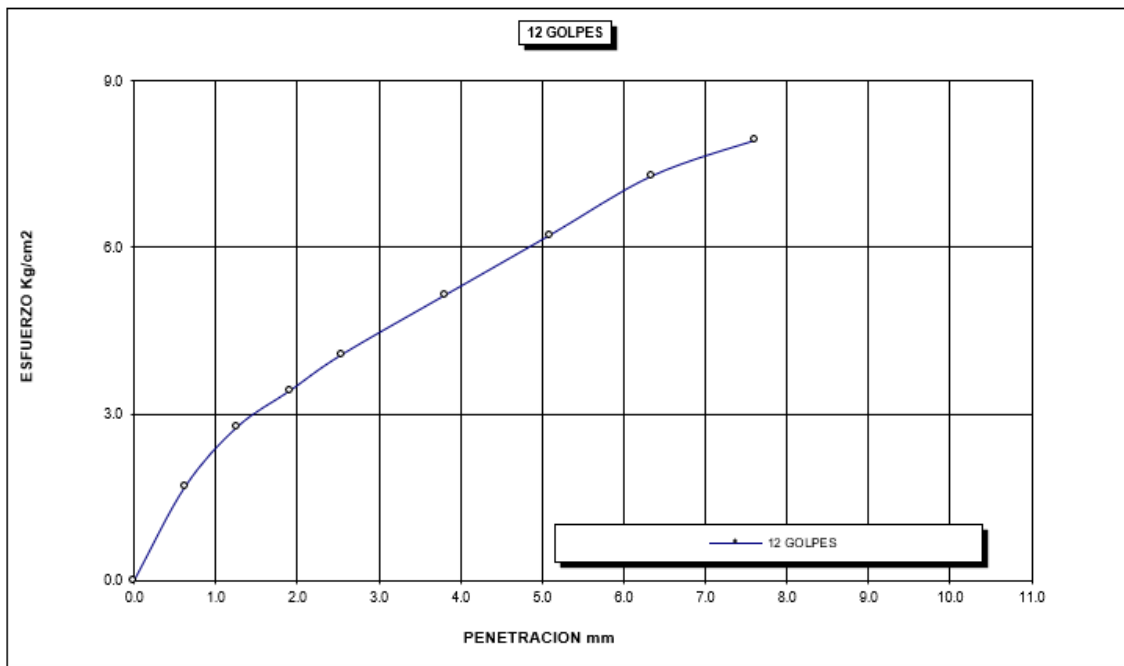


Figura 28

Relación esfuerzo – penetración, 25 golpes - calicata 3

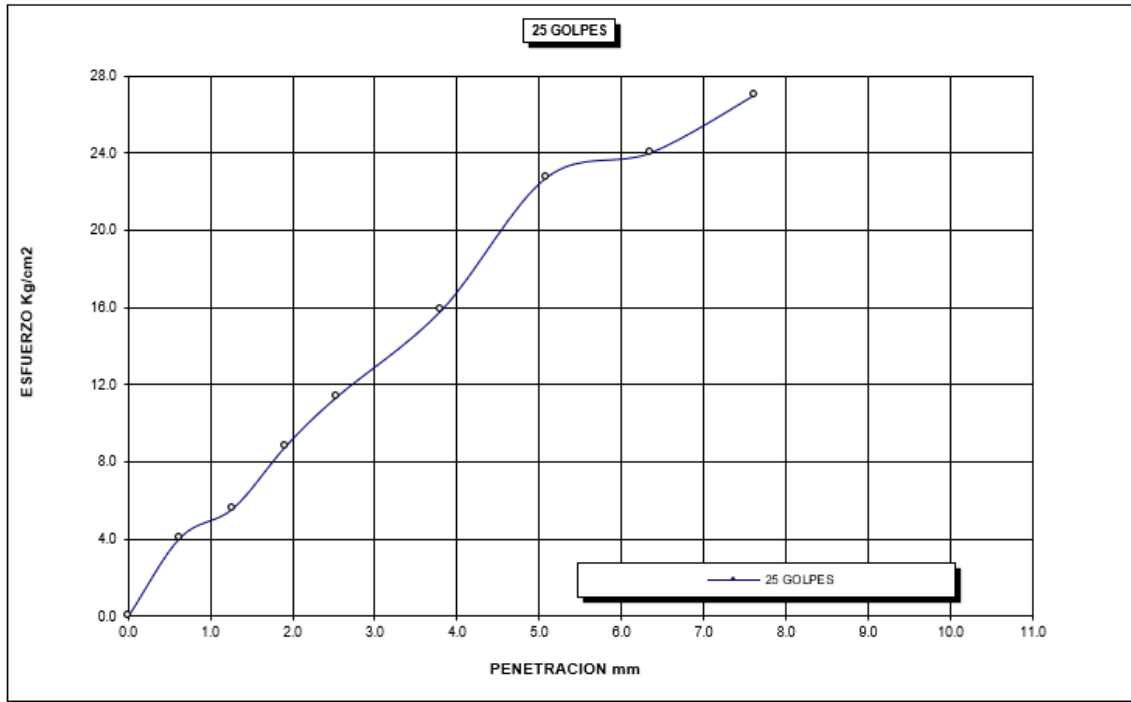


Figura 29

Relación esfuerzo – penetración, 56 golpes - calicata 3

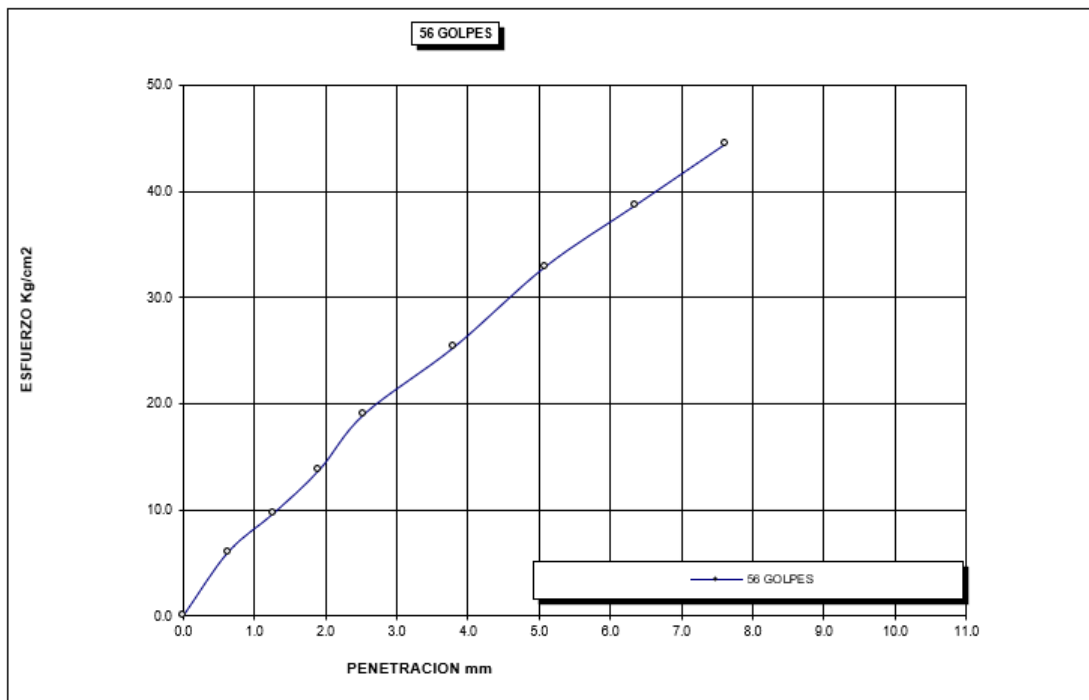


Tabla 31

Resultados método de compactación – calicata 3



N° CALICATA	COMPACTACIÓN	
CALICATA 3	MDS (gr/cm3)	1.902
	OHC (%)	6.69
	CBR AL 100% DE MDS (%)	27
	CBR AL 95% DE MDS (%)	16

La Tabla muestra los resultados del método de compactación para la C-3. Los datos incluyen una MDS de 1.902 gr/cm³, una humedad óptima de 6.69%, un CBR al 100% de (MDS) del 27%, y un CBR al 95% de la MDS del 16%. Estos valores son importantes para determinar la CBR y las condiciones de compactación del suelo.

CALICATA 4

Tabla 32

Proctor modificado calicata 4

Datos de Proctor modificado C-4										
Peso Suelo Húmedo + Molde	gr.	10505	10555	10525	10546					
Peso del Molde	gr.	6030	6030	6030	6030					
Peso del Suelo Húmedo	gr/cm3.	4475	4525	4495	4516					
Densidad del Suelo Húmedo	gr/cm3.	2.105	2.128	2.114	2.124					
Capsula No Suelo Húmedo + Capsula	No	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	
	gr.	323.52	342.00	294.00	304.00	337.00	273.00	337.00	293.00	
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	305.00	322.23	271.25	283.69	308.25	248.81	322.25	270.26	
Peso del Agua	gr.	18.52	19.77	22.75	20.31	28.75	24.19	14.75	22.74	
Peso de la Capsula	gr.	34.00	34.00	34.00	34.00	34.00	34.00	34.00	34.00	
Peso del Suelo Seco	gr.	271.00	288.23	237.25	249.69	274.25	214.81	288.25	236.26	
% de Humedad	%	6.83%	6.86%	9.59%	8.13%	10.48%	11.26%	5.12%	9.62%	
Promedio de Humedad	%	6.85%		8.86%		10.87%		7.37%		
Densidad del Suelo Seco	%	1.970		1.955		1.907		1.978		
				MDS	:			1.979	gr/cm3	
				OHC	:			7.51%		

Figura 30

Relación humedad densidad calicata 4

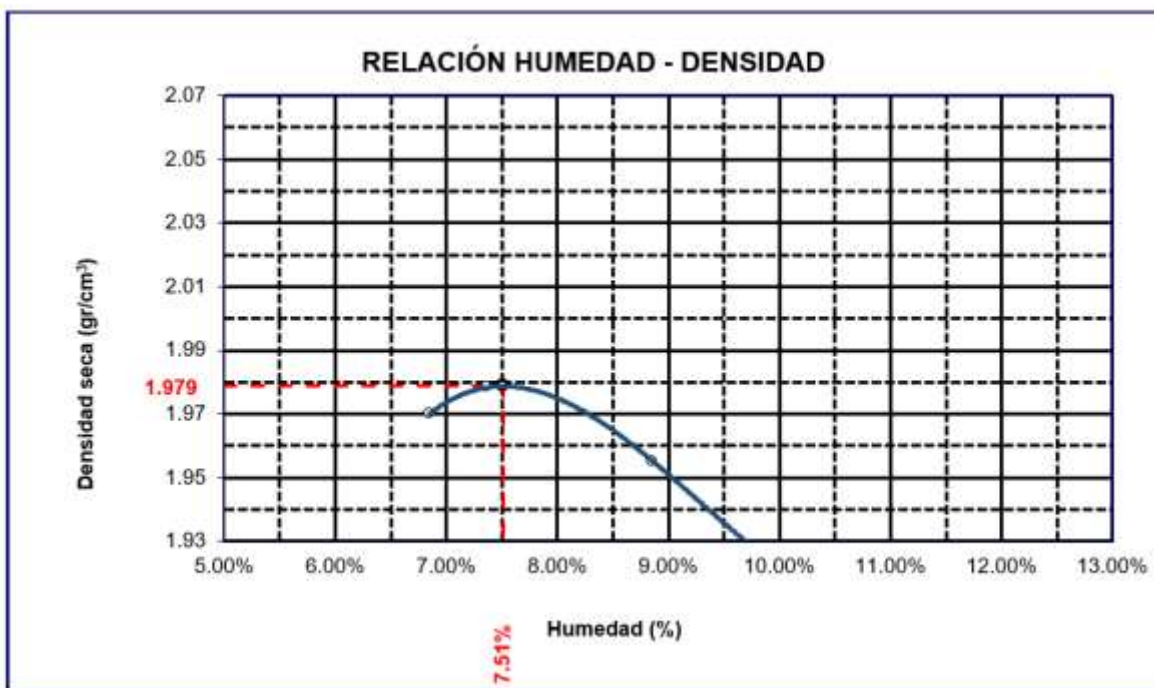


Tabla 33

Corrección por penetración, relación humedad – densidad, calicata 4

Penetración C-4													
Penetración mm	Tiempo	Carga Est.	MOLDE No III			MOLDE No II			MOLDE No I				
			Dial	Kg	Kg/cm ²	Correc.	Dial	Kg	Kg/cm ²	Correc.	Dial	Kg	Kg/cm ²
0.00	0.00		0	0.00	0.00		0.0	0.00	0.00		0.0	0.00	0.00
0.63	00:30		3	37.9	1.9		14	85	4.3		23	123	6.2
1.27	01:00		8	59.1	3.0		21	114	5.8		40	195	9.9
1.91	01:30		11	71.8	3.6		36	178	9.0		59	276	13.9
2.54	02:00	70.31	14	84.6	4.3		46	250	12.6		81	380	19.2
3.81	03:00		19	105.8	5.3		69	318	16.1		113	505	25.5
5.09	04:00	105.00	24	127.0	6.4		87	430	21.7		141	665	33.6
6.35	05:00		29	148.2	7.5		107	479	24.2		175	768	38.8
7.62	06:00		32	161.0	8.1		121	539	27.2		202	883	44.6
8.84	07:00												
10.16	08:00												

Figura 31

Representación gráfica relación CBR - densidad seca, calicata 4

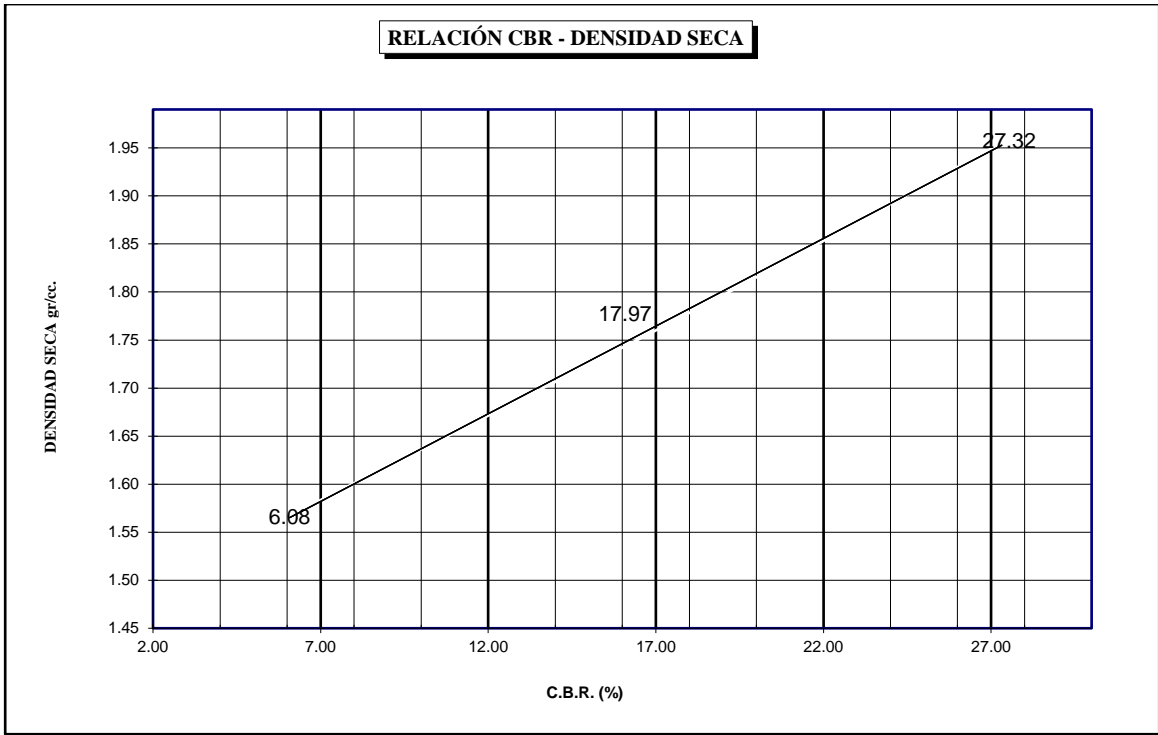


Figura 32

Relación esfuerzo – penetración, 12 golpes - calicata 4

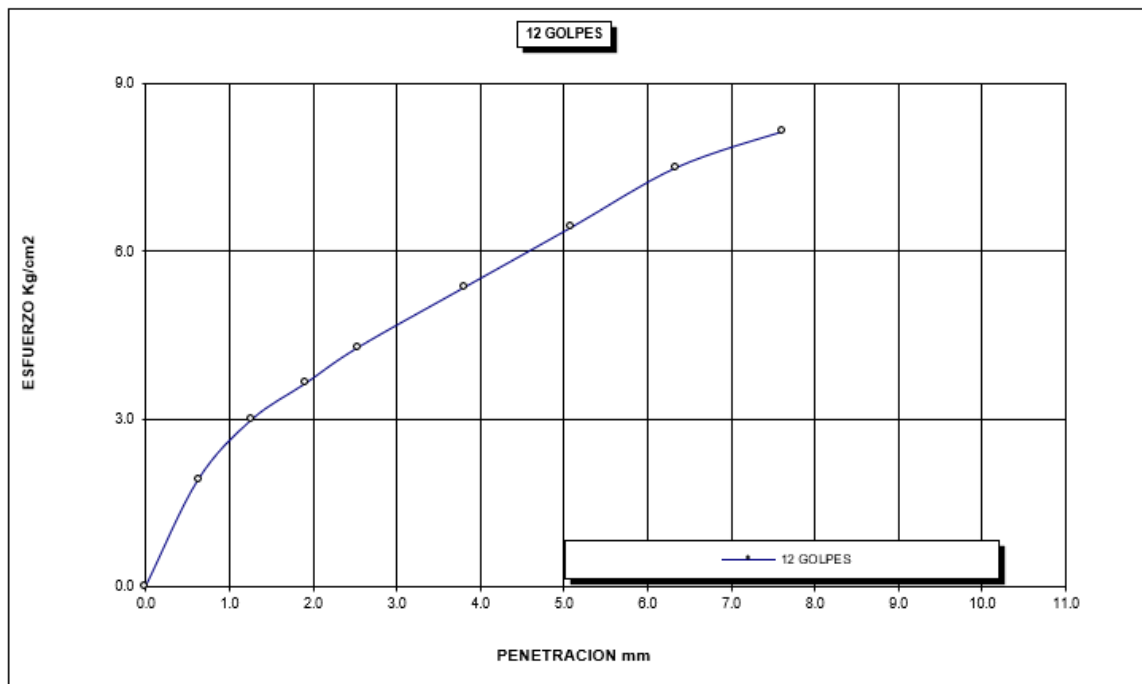


Figura 33

Relación esfuerzo – penetración, 25 golpes - calicata 4

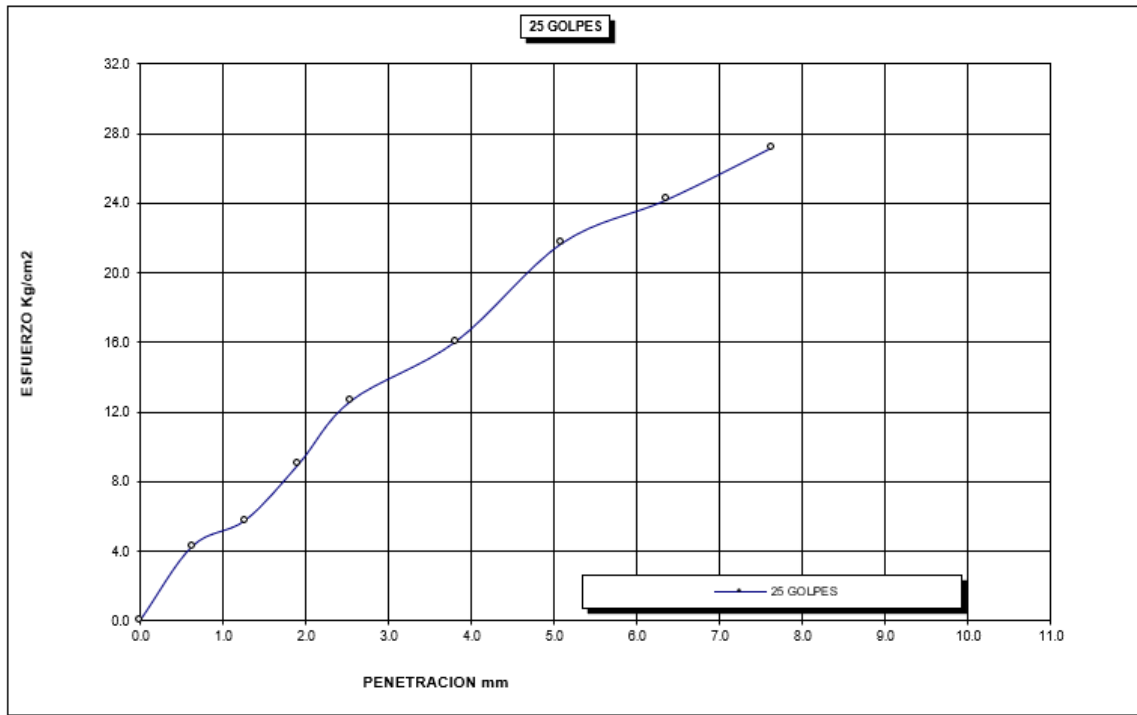


Figura 34

Relación esfuerzo – penetración, 56 golpes - calicata 4

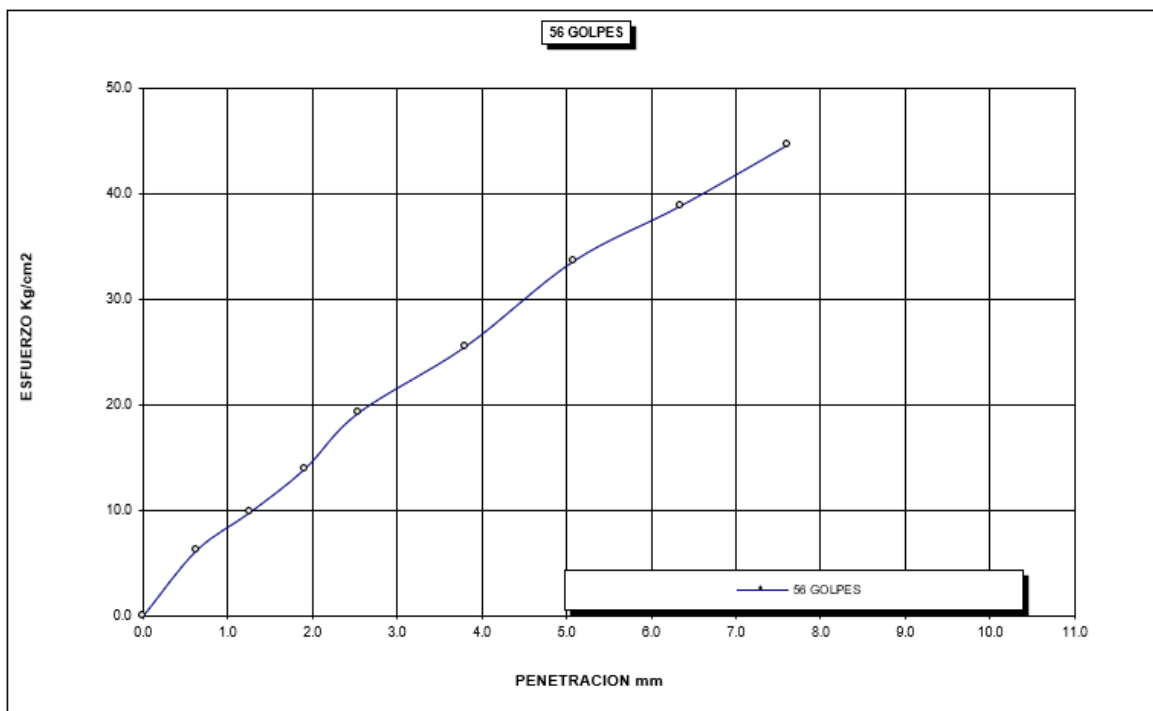


Tabla 34

Resultados método de compactación – calicata 4

N° CALICATA	COMPACTACIÓN	
CALICATA 4	MDS (gr/cm ³)	1.979
	OHC (%)	7.51
	CBR AL 100% DE MDS (%)	27
	CBR AL 95% DE MDS (%)	18

La Tabla presenta los resultados del método de compactación para la calicata 4. Los datos muestran una MDS de 1.979 gr/cm³, una humedad óptima de 7.51%, un CBR al 100% de la (MDS) del 27%, y un CBR al 95% de la MDS del 18%. Estos resultados son fundamentales para evaluar la calidad y resistencia del suelo en términos de compactación.

CALICATA 5

Tabla 35

Proctor modificado calicata 5

Datos de Proctor modificado C-5									
Peso Suelo Húmedo + Molde	gr.	10477	10487	10507	10547				
Peso del Molde	gr.	6025	6025	6025	6025				
Peso del Suelo Húmedo	gr/cm ³ .	4452	4462	4482	4522				
Densidad del Suelo Húmedo	gr/cm ³ .	2.094	2.099	2.108	2.127				
Capsula No Suelo Húmedo + Capsula	No	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	323.25	340.27	291.04	302.28	335.26	270.27	335.28	291.27
Peso del Agua	gr.	6.99	18.03	21.53	20.04	18.01	21.03	15.04	20.03
Peso de la Capsula	gr.	34.00	34.00	34.00	34.00	34.00	34.00	34.00	34.00
Peso del Suelo Seco	gr.	282.26	288.24	235.51	248.24	283.25	215.24	286.24	237.24
% de Humedad	%	2.48%	6.26%	9.14%	8.07%	6.36%	9.77%	5.25%	8.44%
Promedio de Humedad	%	4.37%		8.61%		8.06%		6.85%	
Densidad del Suelo Seco	%	2.006		1.932		1.951		1.991	
				MDS	:			2.017	gr/cm³
				OHC	:			5.24%	

Figura 35

Relación humedad densidad calicata 5

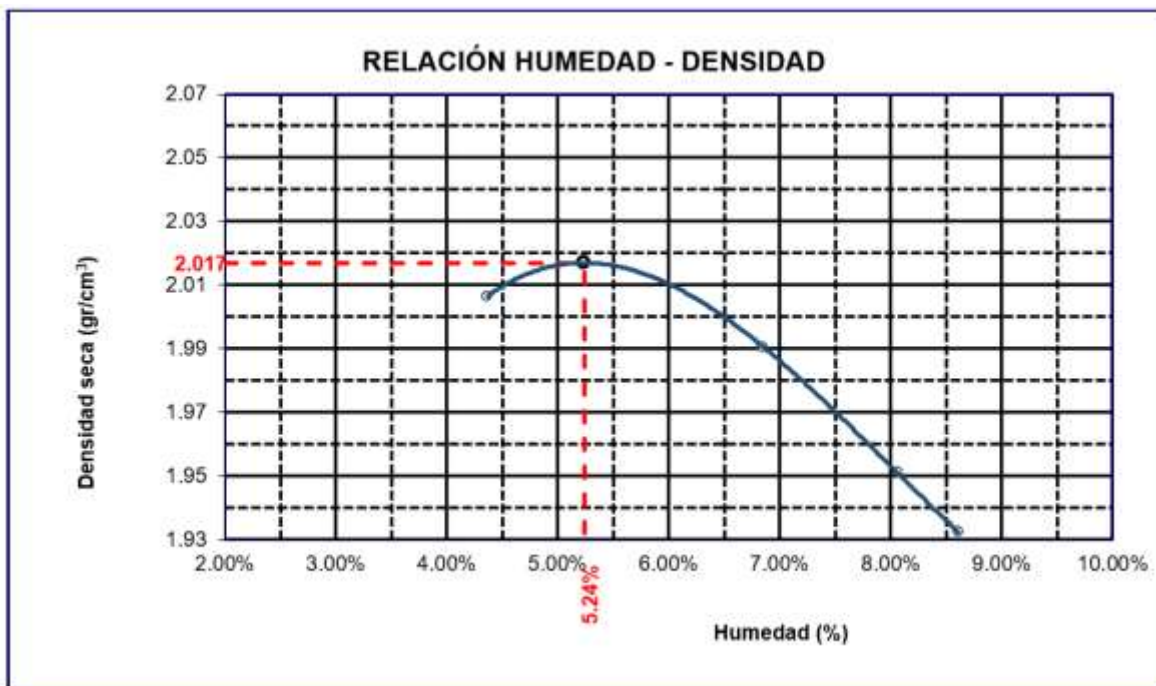


Tabla 36

Corrección por penetración, relación humedad – densidad, calicata 5

Penetración C-5													
Penetración mm	Tiempo	Carga Est.	MOLDE No III			MOLDE No II			MOLDE No I				
			Dial	Kg	Kg/cm ²	Correc.	Dial	Kg	Kg/cm ²	Correc.	Dial	Kg	Kg/cm ²
0.00	0.00		0	0.00	0.00		0.0	0.00	0.00		0.0	0.00	0.00
0.63	00:30		5	46.4	2.3		15	89	4.5		25	131	6.6
1.27	01:00		10	67.6	3.4		25	131	6.6		41	199	10.1
1.91	01:30		15	88.8	4.5		36	178	9.0		59	276	13.9
2.54	02:00	70.31	20	110.0	5.6		47	250	12.6		90	426	21.5
3.81	03:00		26	135.5	6.8		70	322	16.3		110	492	24.9
5.09	04:00	105.00	32	161.0	8.1		90	450	22.7		150	705	35.6
6.35	05:00		38	186.4	9.4		110	492	24.9		181	793	40.1
7.62	06:00		40	194.9	9.9		121	539	27.2		211	921	46.5
8.84	07:00												
10.16	08:00												

Figura 36

Representación gráfica relación CBR - densidad seca, calicata 5

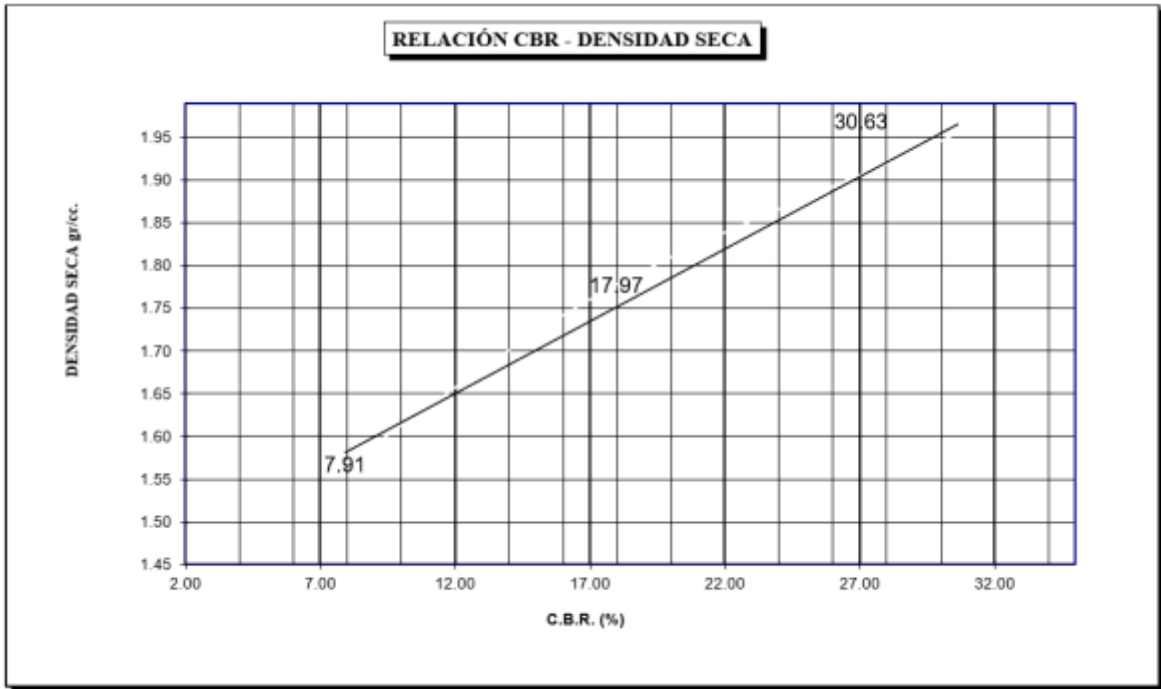


Figura 37

Relación esfuerzo – penetración, 12 golpes - calicata 5

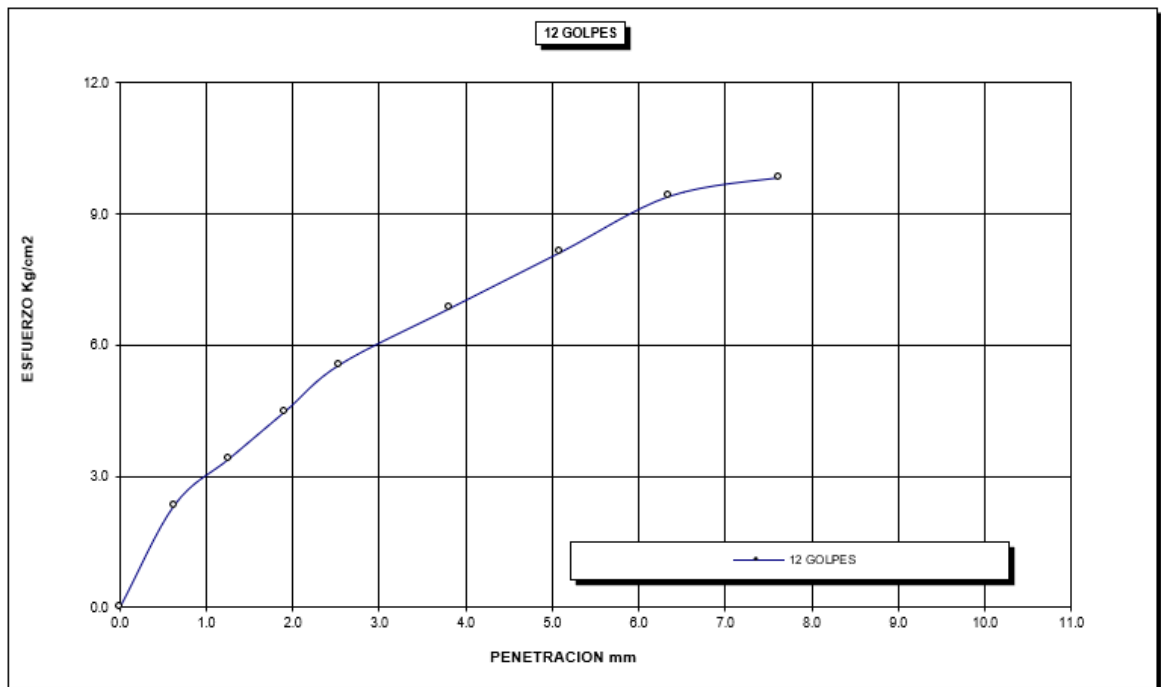


Figura 38

Relación esfuerzo – penetración, 25 golpes - calicata 5

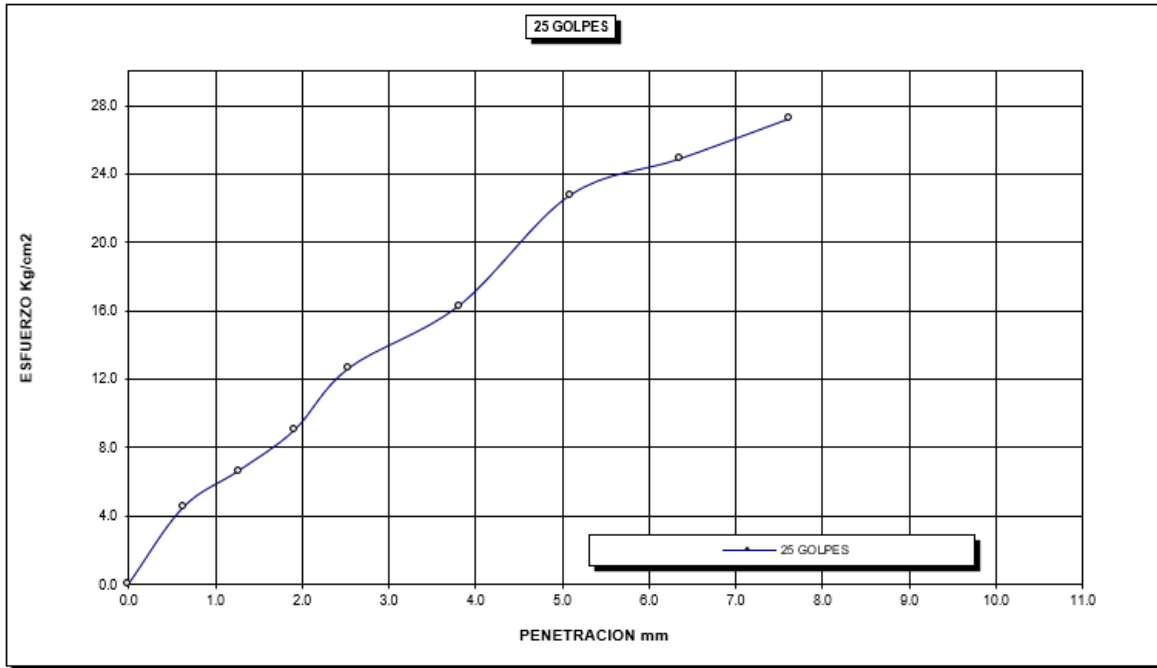


Figura 39

Relación esfuerzo – penetración, 56 golpes - calicata 5

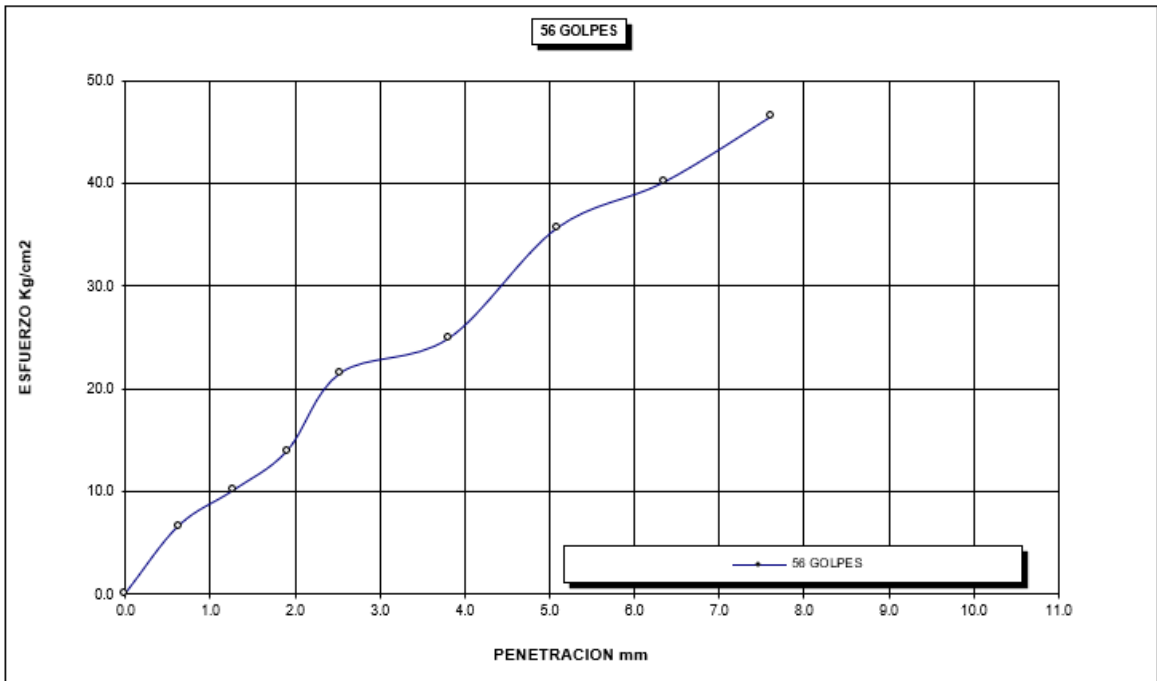


Tabla 37

Resultados método de compactación – calicata 5



N° CALICATA	COMPACTACIÓN	
CALICATA 5	MDS (gr/cm3)	2.017
	OHC (%)	5.24
	CBR AL 100% DE MDS (%)	31
	CBR AL 95% DE MDS (%)	18

Los resultados del método de compactación para la calicata 5. Los datos indican una MDS de 2.017 gr/cm³, una humedad óptima de 5.24%, un CBR al 100% de la (MDS) del 31%, y un CBR al 95% de la MDS del 18%. Estos valores son clave para determinar la capacidad de soporte y las condiciones de compactación del suelo.

4.1.3 Plan para mejoramiento en la construcción de obras viales

CALICATA 1 + 10% DE CAL

Tabla 38

Proctor modificado + 10% de cal, calicata 1

Datos de Proctor modificado C-1									
Peso Suelo Humedo + Molde	gr.	10458	10439	10418	10529				
Peso del Molde	gr.	5900	5900	5900	5900				
Peso del Suelo Húmedo	gr/cm3.	4558	4539	4518	4629				
Densidad del Suelo Humedo	gr/cm3.	2.144	2.135	2.125	2.177				
Capsula No	No	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
Suelo Humedo + Capsula	gr.	323.10	339.65	291.34	301.23	334.34	270.35	334.45	290.45
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	306.58	321.26	270.10	281.44	307.10	248.00	321.24	270.15
Peso del Agua	gr.	16.52	18.39	21.24	19.79	27.24	22.35	13.21	20.30
Peso de la Capsula	gr.	35.00	35.00	35.00	35.00	35.00	35.00	35.00	35.00
Peso del Suelo Seco	gr.	271.58	286.26	235.10	246.44	272.10	213.00	286.24	235.15
% de Humedad	%	6.08%	6.42%	9.03%	8.03%	10.01%	10.49%	4.62%	8.63%
Promedio de Humedad	%	6.25%		8.53%		10.25%		6.62%	
Densidad del Suelo Seco	%	2.018		1.967		1.928		2.042	
				MDS	:			2.048	gr/cm3
				OH	:			6.96%	

Figura 40

Relación humedad densidad + 10% de cal, calicata 1

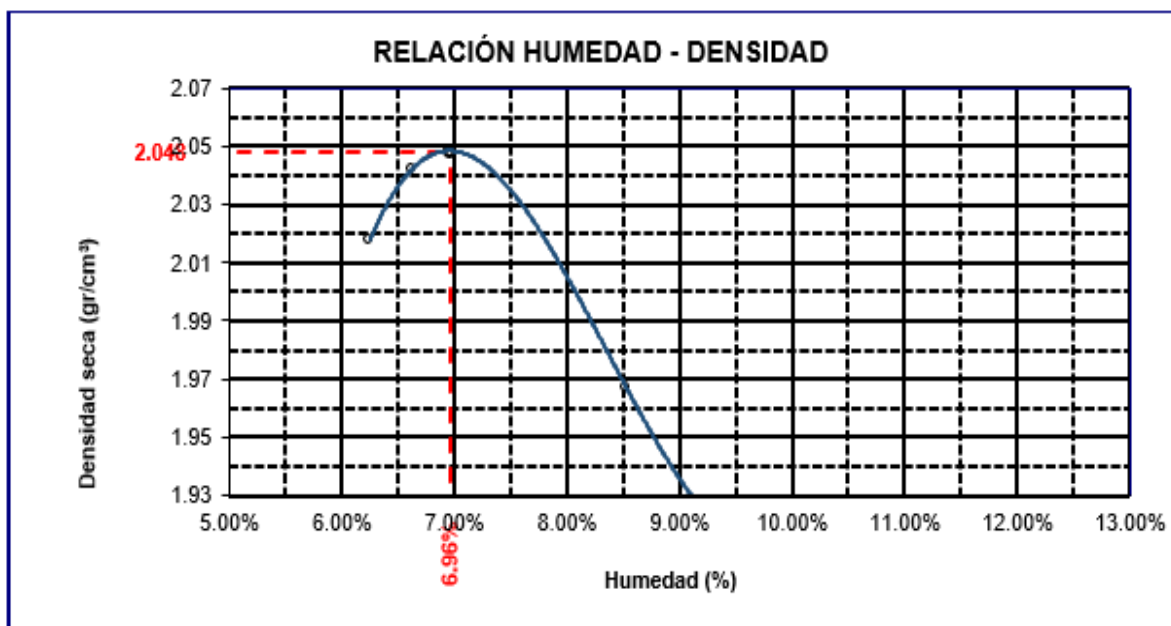


Tabla 39

Corrección por penetración, relación humedad – densidad + 10% de cal, calicata 1

Penetración mm	Tiempo	Carga Est.	Penetración C-1														
			MOLDE No III				MOLDE No II				MOLDE No I						
			Dial	Kg	Kg/cm2	Correc.	Dial	Kg	Kg/cm2	Correc.	Dial	Kg	Kg/cm2	Correc.			
0.00	0.00		0	0.00	0.00		0.0	0.00	0.00		0.0	0.00	0.00		0.0	0.00	0.00
0.63	00:30		5	46.4	2.3		25	131	6.6		35	174	8.8		35	174	8.8
1.27	01:00		15	88.8	4.5		35	174	8.8		55	259	13.1		55	259	13.1
1.91	01:30		21	114.3	5.8		48	229	11.6		85	386	19.5		85	386	19.5
2.54	02:00	70.31	31	156.7	7.9		59	270	13.6		95	420	21.2		95	420	21.2
3.81	03:00		45	216.1	10.9		80	365	18.4		130	577	29.2		130	577	29.2
5.09	04:00	105.00	65	301.0	15.2		99	420	21.2		165	695	35.1		165	695	35.1
6.35	05:00		75	343.5	17.4		120	534	27.0		195	853	43.1		195	853	43.1
7.62	06:00		86	390.2	19.7		145	641	32.4		235	1023	51.7		235	1023	51.7
8.84	07:00																
10.16	08:00																

Figura 41

Representación gráfica relación CBR - densidad seca + 10% de cal, calicata 1

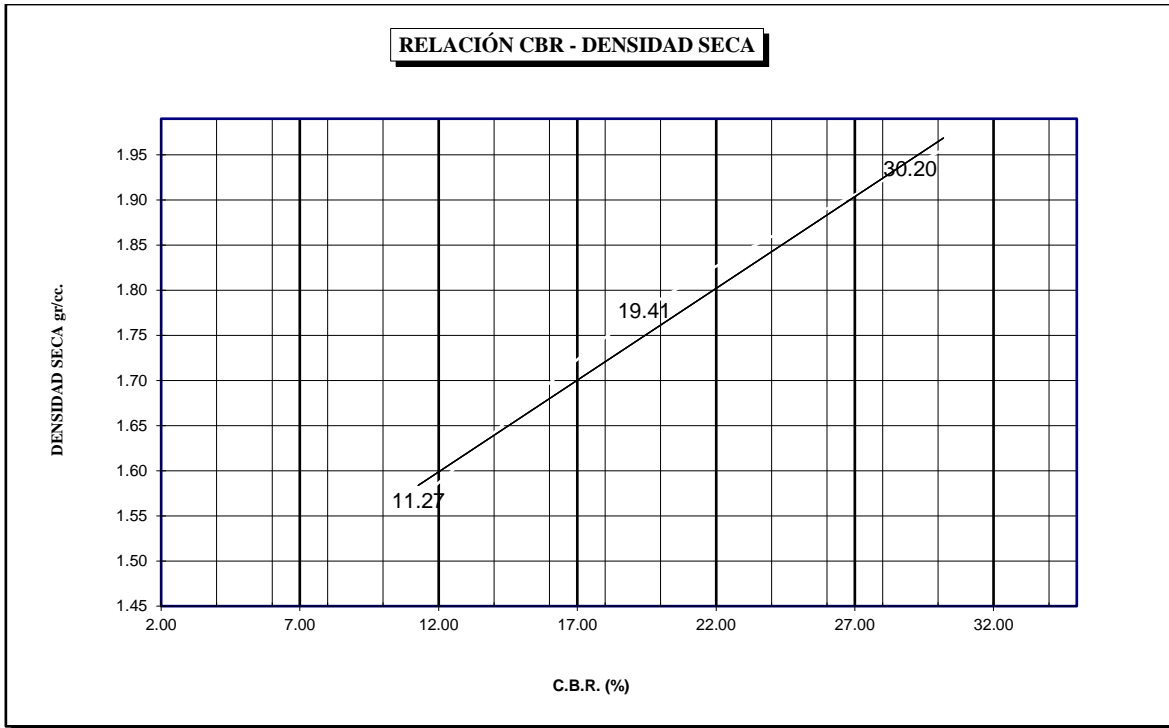


Figura 42

Relación esfuerzo – penetración + 10% de cal, 12 golpes - calicata 1

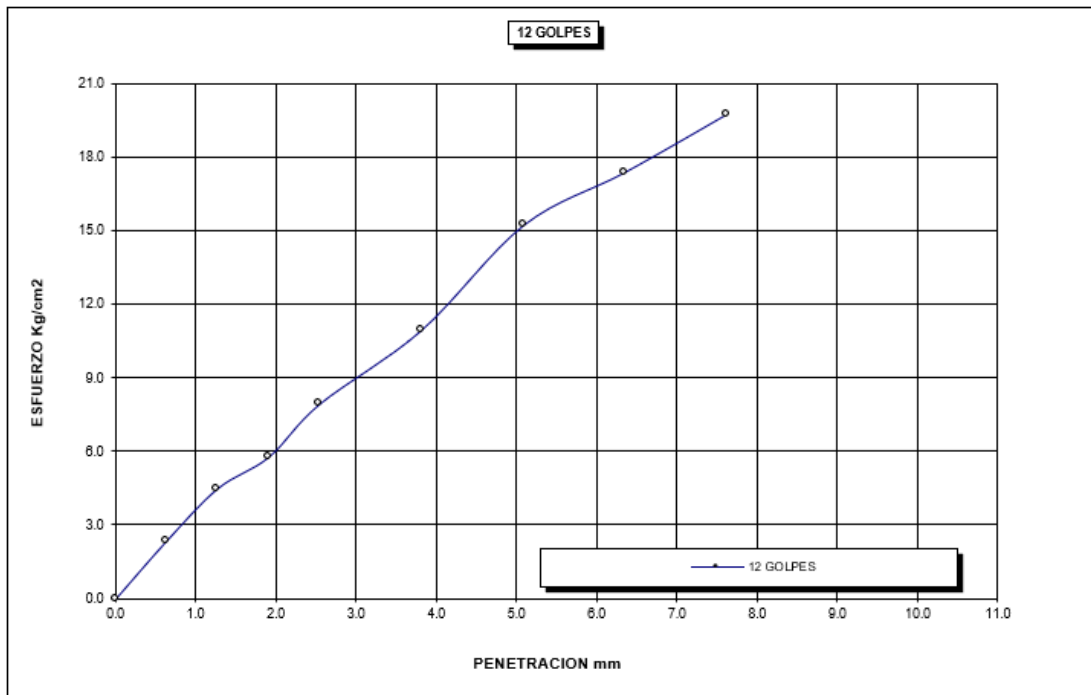


Figura 43

Relación esfuerzo – penetración + 10% de cal, 25 golpes - calicata 1

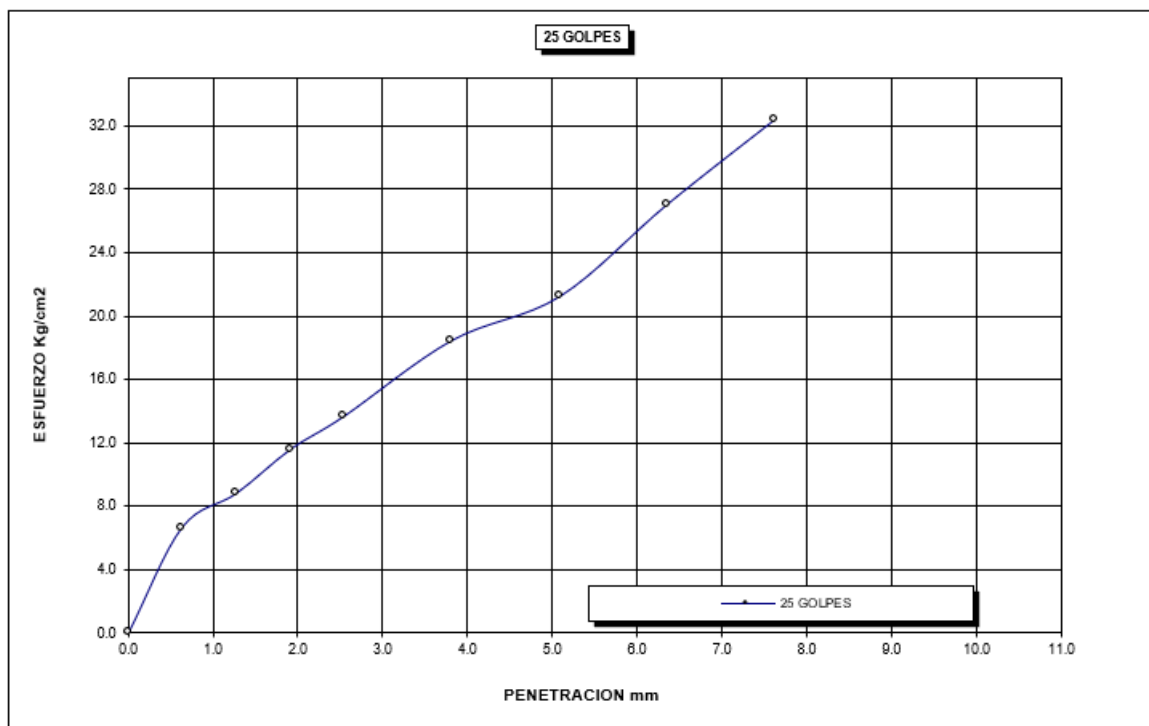


Figura 44

Relación esfuerzo – penetración + 10% de cal, 56 golpes - calicata 1

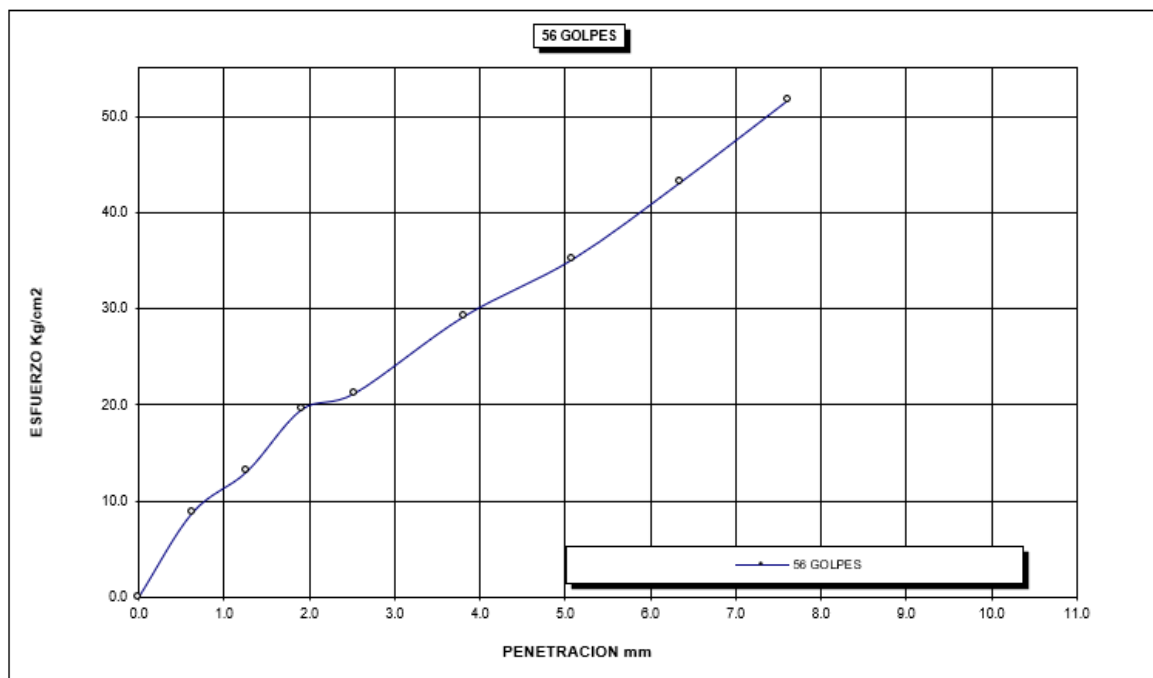


Tabla 40

Resultados método de compactación + 10% de cal, – calicata 1



N° CALICATA	COMPACTACIÓN	
		MDS (gr/cm3)
CALICATA 1 + 10% DE CAL	OHC (%)	6.96
	CBR AL 100% DE MDS (%)	30
	CBR AL 95% DE MDS (%)	19

La tabla muestra los resultados del método de compactación con adición del 10% de cal en la calicata 1. Los datos incluyen la MDS alcanzada (2.048 gr/cm³), la humedad óptima (6.96%) y los valores del índice CBR al 100% y 95% de la máxima densidad seca (30% y 19%, respectivamente). Estos resultados reflejan la CBR del suelo tratado con cal.

CALICATA 2 + 10% DE CAL

Tabla 41

Proctor modificado + 10% de cal, calicata 2

Datos de Proctor modificado C-2									
Peso Suelo Humedo + Molde	gr.	10510	10520	10530	10533				
Peso del Molde	gr.	6025	6025	6025	6025				
Peso del Suelo Húmedo	gr/cm3.	4485	4495	4505	4508				
Densidad del Suelo Humedo	gr/cm3.	2.110	2.114	2.119	2.120				
Capsula No	No	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
Suelo Humedo + Capsula	gr.	323.55	339.95	291.48	301.75	335.69	352.26	334.50	290.50
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	306.35	321.40	270.15	281.65	307.20	248.95	321.35	270.35
Peso del Agua	gr.	17.20	18.55	21.33	20.10	28.49	103.31	13.15	20.15
Peso de la Capsula	gr.	34.00	34.00	34.00	34.00	34.00	34.00	34.00	34.00
Peso del Suelo Seco	gr.	272.35	287.40	236.15	247.65	273.20	214.95	287.35	236.35
% de Humedad	%	6.32%	6.45%	9.03%	8.12%	10.43%	48.06%	4.58%	8.53%
Promedio de Humedad	%	6.38%		8.57%		29.25%		6.55%	
Densidad del Suelo Seco	%	1.983		1.947		1.640		1.990	
				MDS	:			2.001	gr/cm3
				OHC	:			7.17%	

Figura 45

Relación humedad densidad + 10% de cal, calicata 2

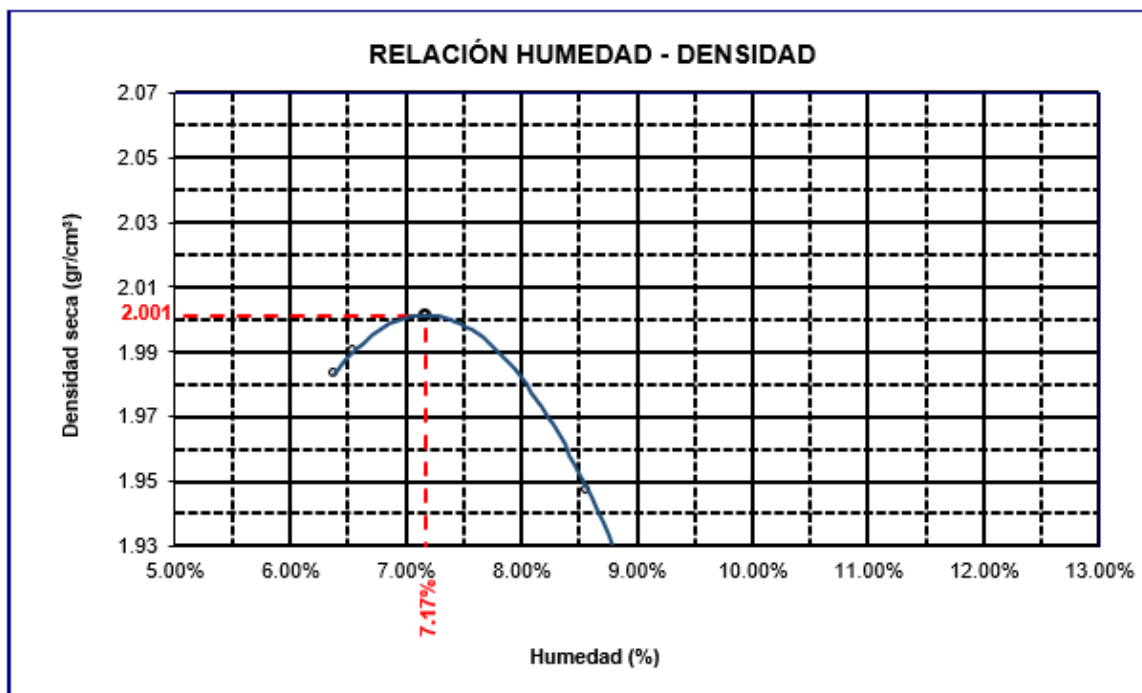


Tabla 42

Corrección por penetración, relación humedad – densidad + 10% de cal, calicata 2

Penetración C-2														
Penetración mm	Tiempo	Carga Est.	MOLDE No III				MOLDE No II				MOLDE No I			
			Dial	Kg	Kg/cm2	Correc.	Dial	Kg	Kg/cm2	Correc.	Dial	Kg	Kg/cm2	Correc.
0.00	0.00		0	0.00	0.00	0.0	0.00	0.00		0.0	0.00	0.00		
0.63	00:30		18	101.5	5.1	40	195	9.9		49	233	11.8		
1.27	01:00		25	131.2	6.6	60	280	14.1		65	301	15.2		
1.91	01:30		35	173.7	8.8	80	365	18.4		85	386	19.5		
2.54	02:00	70.31	40	194.9	9.9	100	285	14.4		109	430	21.7		
3.81	03:00		65	301.0	15.2	120	534	27.0		145	641	32.4		
5.09	04:00	105.00	79	360.4	18.2	140	450	22.7		179	750	37.9		
6.35	05:00		95	428.4	21.7	160	704	35.6		215	938	47.4		
7.62	06:00		110	492.0	24.9	180	789	39.9		245	1065	53.8		
8.84	07:00													
10.16	08:00													

Figura 46

Representación gráfica relación CBR - densidad seca + 10% de cal, calicata 2

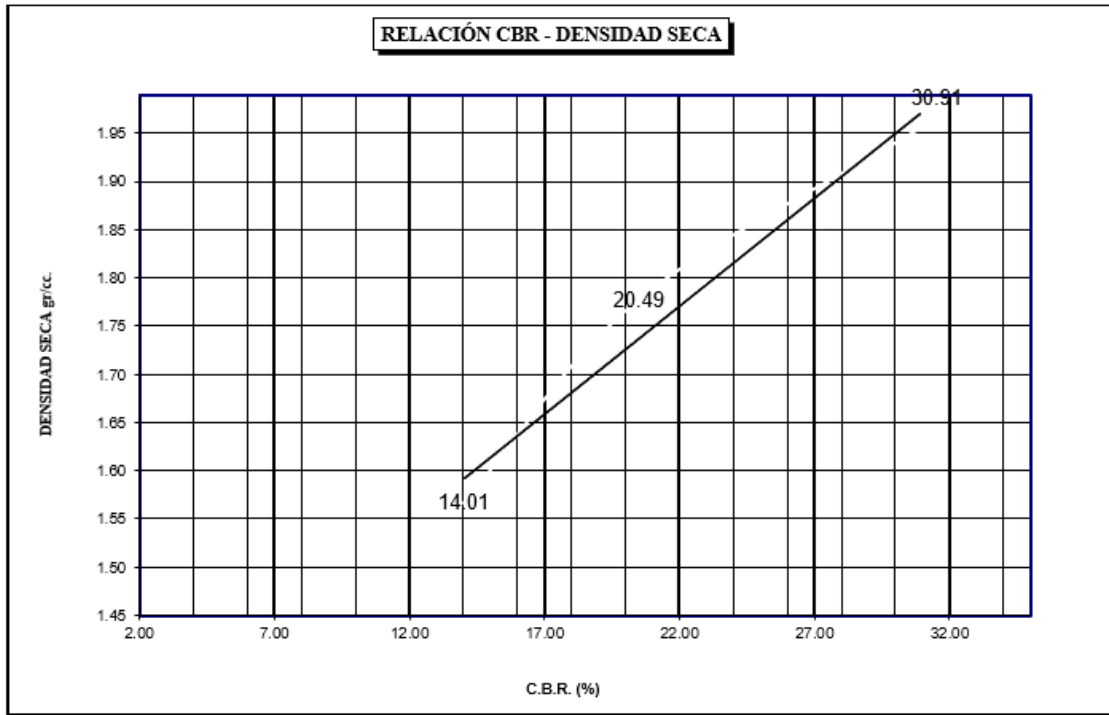


Figura 47

Relación esfuerzo – penetración+ 10% de cal, 12 golpes - calicata 2

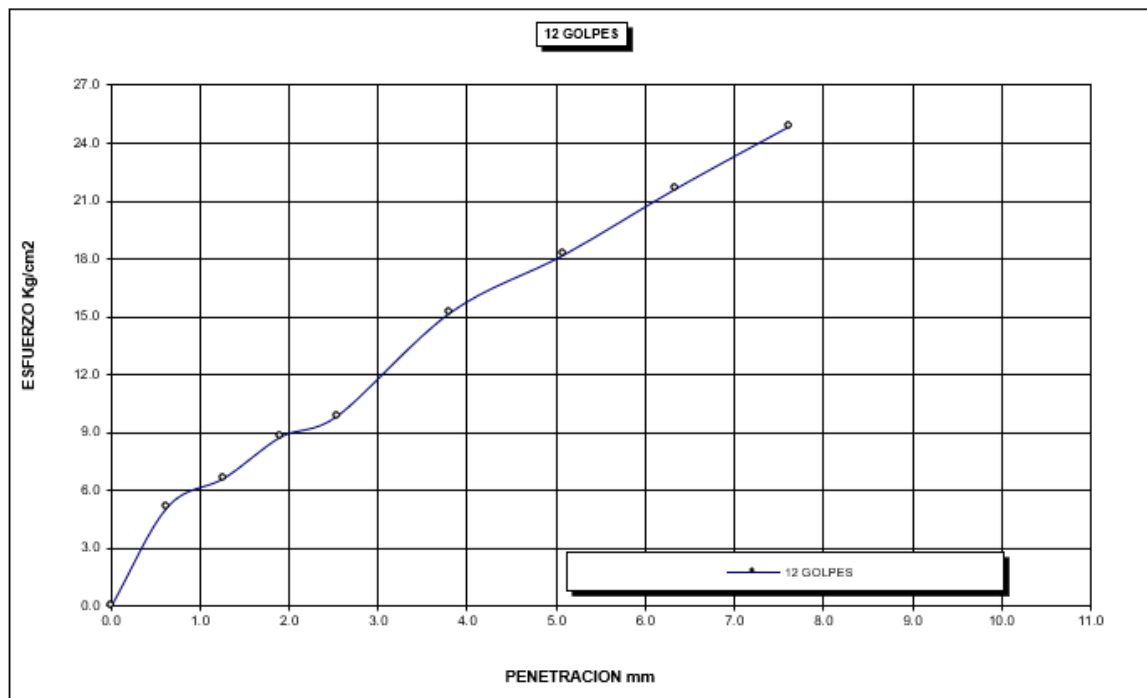


Figura 48

Relación esfuerzo – penetración+ 10% de cal, 25 golpes - calicata 2

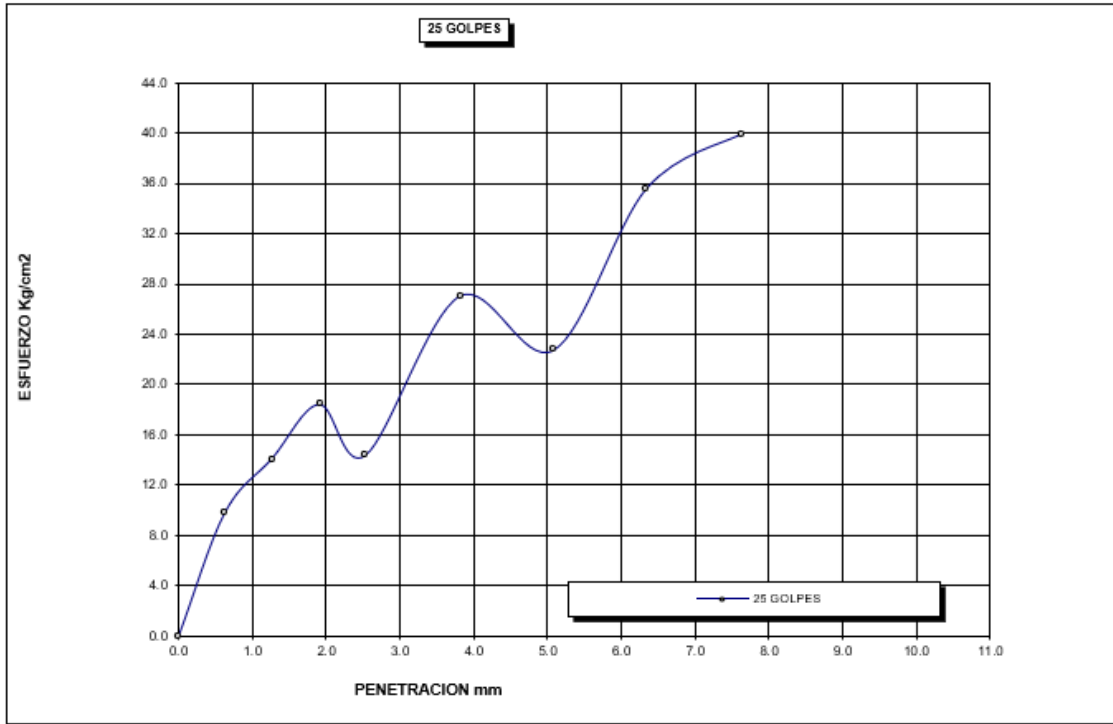


Figura 49

Relación esfuerzo – penetración+ 10% de cal, 56 golpes - calicata 2

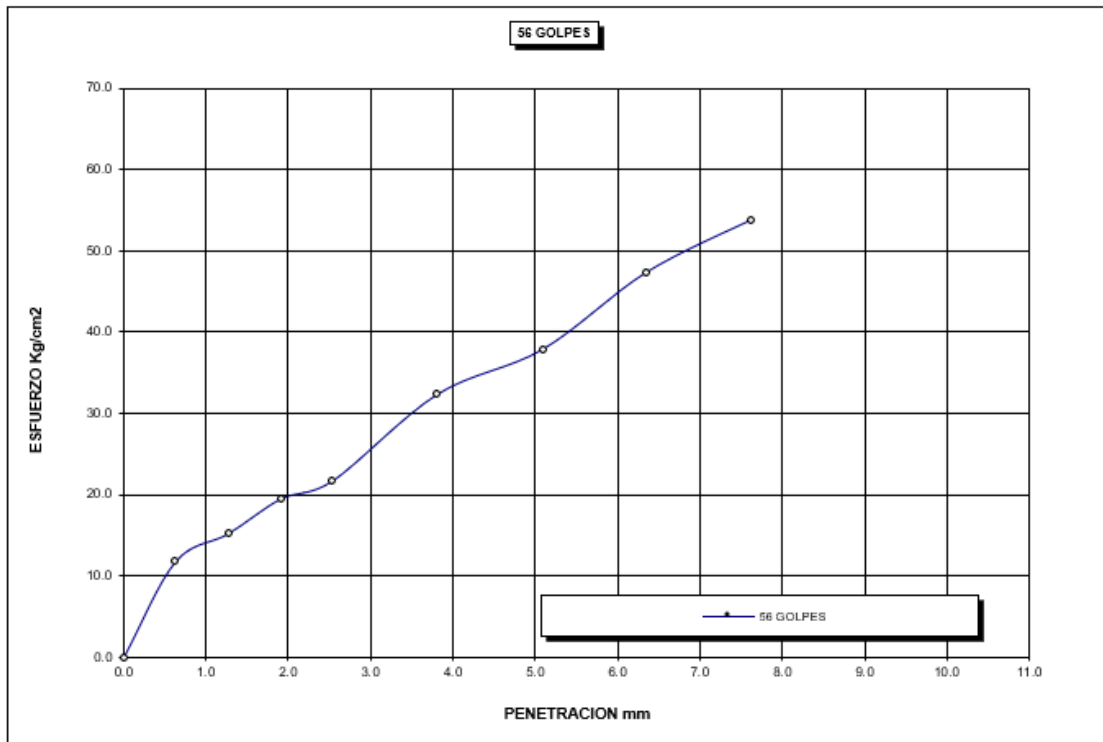


Tabla 43

Resultados método de compactación + 10% de cal, – calicata 2

N° CALICATA	COMPACTACIÓN	
CALICATA 2 + 10% DE CAL	MDS (gr/cm ³)	2.001
	OHC (%)	7.17
	CBR AL 100% DE MDS (%)	31
	CBR AL 95% DE MDS (%)	20

La tabla presenta los resultados del método de compactación con un 10% de cal en la calicata 2. Se observa una MDS de 2.001 gr/cm³, una humedad óptima de 7.17%, y los valores del CBR al 100% y 95% de la máxima densidad seca (31% y 20%, respectivamente). Estos valores reflejan el comportamiento del suelo estabilizado con cal en condiciones óptimas de compactación.

CALICATA 3 + 10% DE CAL

Tabla 44

Proctor modificado + 10% de cal, calicata 3

Datos de Proctor modificado C-3									
Peso Suelo Húmedo + Molde	gr.	10560	10460	10470	10620				
Peso del Molde	gr.	5900	5900	5900	5900				
Peso del Suelo Húmedo	gr/cm ³ .	4660	4560	4570	4720				
Densidad del Suelo Húmedo	gr/cm ³ .	2.058	2.014	2.018	2.085				
Capsula No	No	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
Suelo Húmedo + Capsula	gr.	323.10	339.76	291.35	301.36	334.45	270.65	334.45	290.45
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	316.60	321.35	275.05	281.53	307.00	248.65	321.20	270.30
Peso del Agua	gr.	6.50	18.41	16.30	19.83	27.45	22.00	13.25	20.15
Peso de la Capsula	gr.	34.00	34.00	34.00	34.00	34.00	34.00	34.00	34.00
Peso del Suelo Seco	gr.	282.60	287.35	241.05	247.53	273.00	214.65	287.20	236.30
% de Humedad	%	2.30%	6.41%	6.76%	8.01%	10.05%	10.25%	4.61%	8.53%
Promedio de Humedad	%	4.35%		7.39%		10.15%		6.57%	
Densidad del Suelo Seco	%	1.972		1.875		1.832		1.956	
METODO:	ASTM D - 1557			MAXIMA DENSIDAD SECA			:	2.025 gr/cm³	
	MODIFICADO "C"			HUMEDAD OPTIMA			:	5.28%	

Figura 50

Relación humedad densidad + 10% de cal, calicata 3.

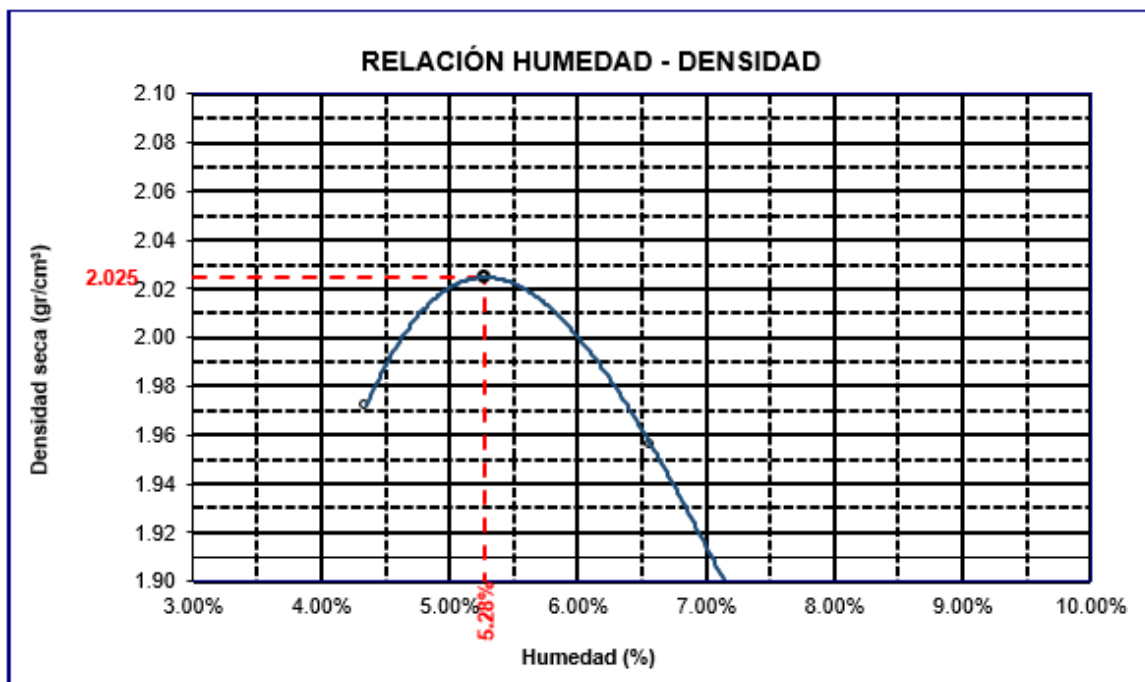


Tabla 45

Corrección por penetración, relación humedad – densidad + 10% de cal, calicata 3

Penetración C-4														
Penetración mm	Tiempo	Carga Est.	MOLDE No III				MOLDE No II				MOLDE No I			
			Dial	Kg	Kg/cm2	Correc.	Dial	Kg	Kg/cm2	Correc.	Dial	Kg	Kg/cm2	Correc.
0.00	0.00		0	0.00	0.00		0.0	0.00	0.00		0.0	0.00	0.00	
0.63	00:30		7	54.8	2.8		25	131	6.6		36	178	9.0	
1.27	01:00		17	97.3	4.9		35	174	8.8		56	263	13.3	
1.91	01:30		23	122.8	6.2		45	216	10.9		86	390	19.7	
2.54	02:00	70.31	33	165.2	8.4		55	259	13.1		96	433	21.9	
3.81	03:00		47	224.6	11.4		75	343	17.4		131	581	29.4	
5.09	04:00	105.00	67	309.5	15.6		95	428	21.7		166	730	36.9	
6.35	05:00		78	356.2	18.0		112	501	25.3		196	857	43.3	
7.62	06:00		90	407.1	20.6		136	602	30.4		236	1027	51.9	
8.84	07:00													
10.16	08:00													

Figura 51

Representación gráfica relación CBR - densidad seca + 10% de cal, calicata 3

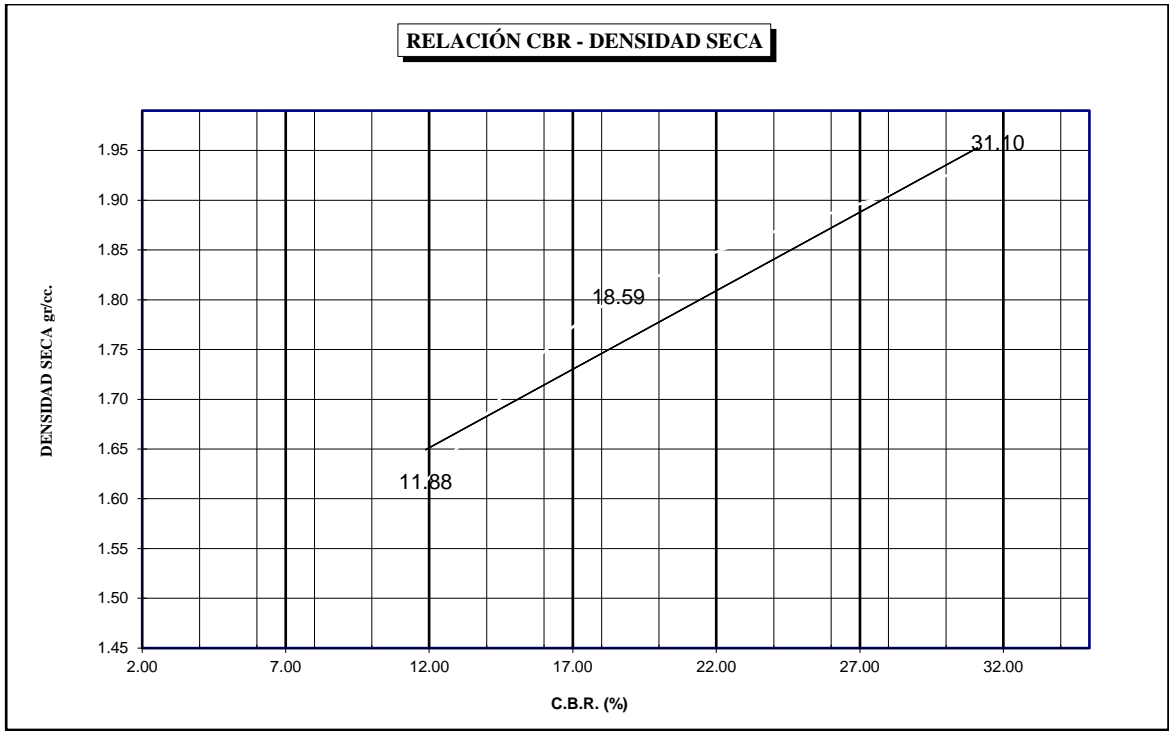


Figura 52

Relación esfuerzo – penetración + 10% de cal, 12 golpes - calicata 3

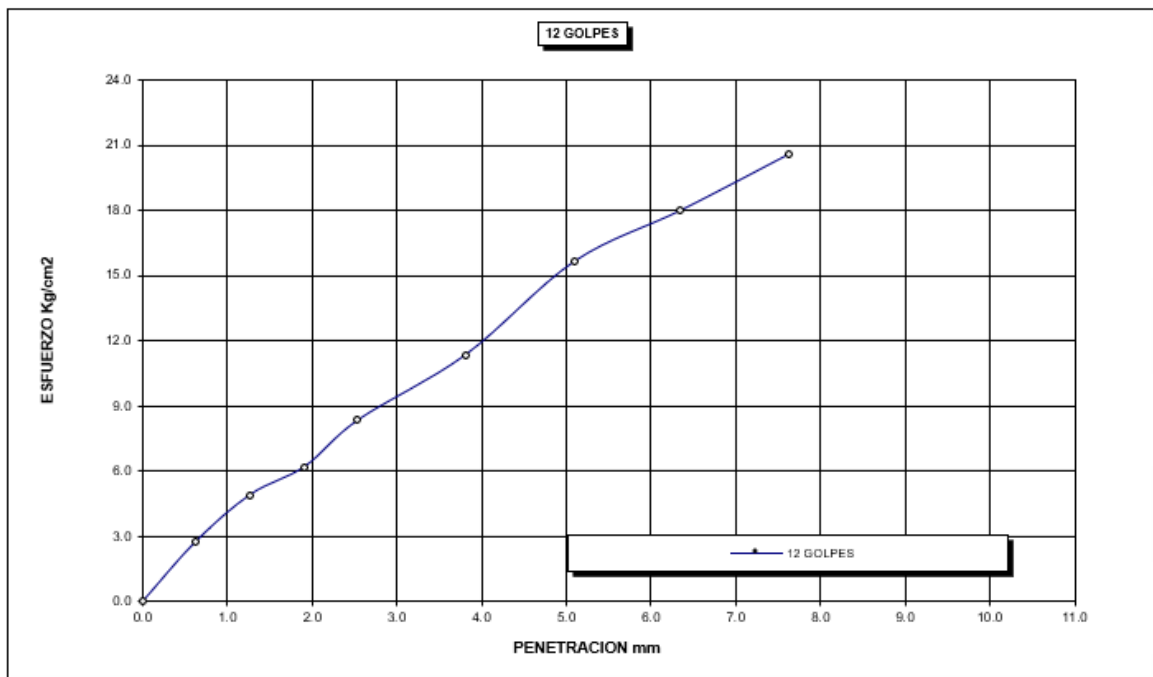


Figura 53

Relación esfuerzo – penetración+ 10% de cal, 25 golpes - calicata 3

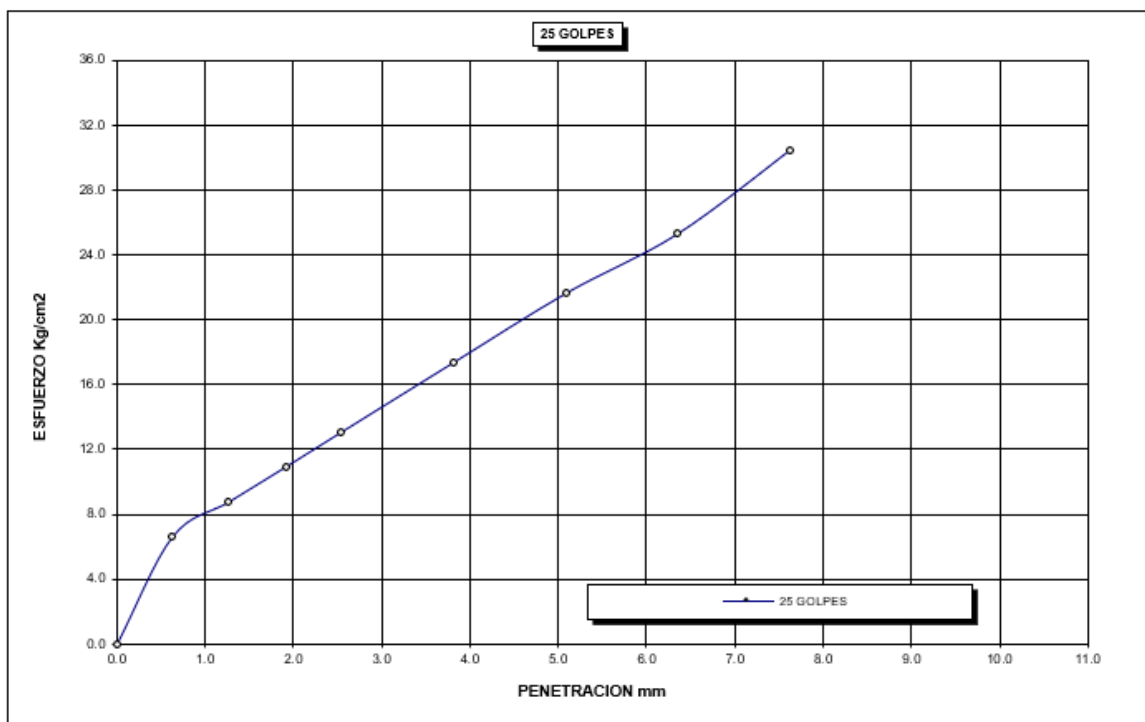


Figura 54

Relación esfuerzo – penetración+ 10% de cal, 56 golpes - calicata 3

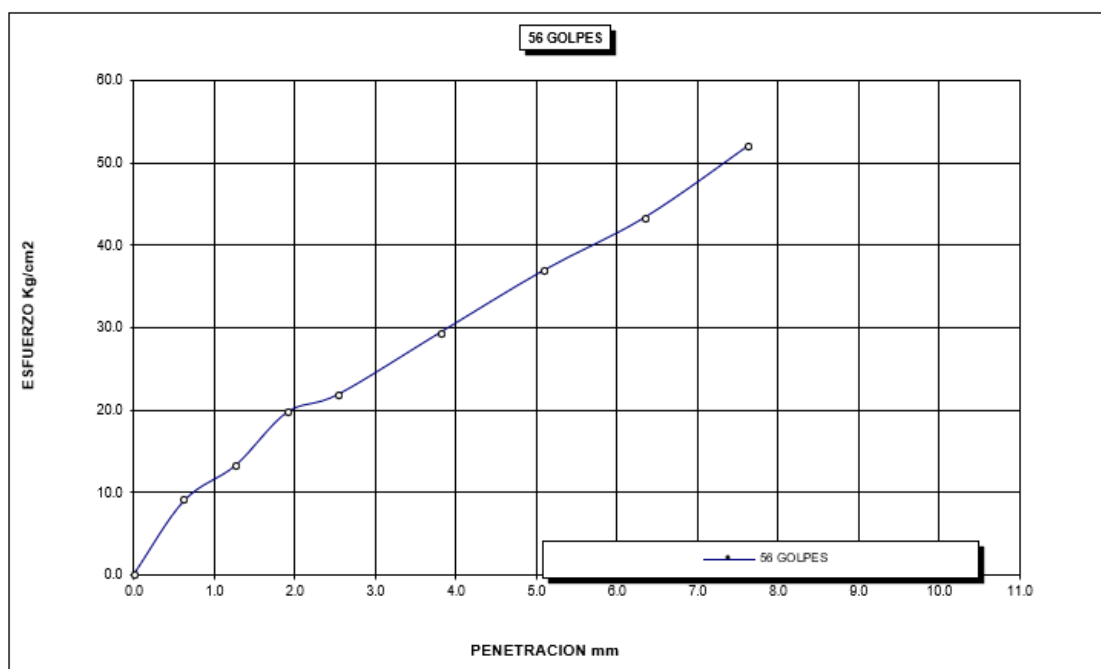


Tabla 46

Resultados método de compactación + 10% de cal, – calicata 3



N° CALICATA	COMPACTACIÓN	
CALICATA 3 + 10% DE CAL	MDS (gr/cm ³)	2.025
	OHC (%)	5.28
	CBR AL 100% DE MDS (%)	31
	CBR AL 95% DE MDS (%)	19

La tabla muestra los resultados del método de compactación con un 10% de cal en la calicata 3. La MDS obtenida es de 2.025 gr/cm³, con una humedad óptima de 5.28%. Los valores del CBR al 100% y 95% de la máxima densidad seca son 31% y 19%, respectivamente, indicando la CBR del suelo tratado con cal.

CALICATA 4 + 10% DE CAL

Tabla 47

Proctor modificado + 10% de cal, calicata 4

Datos de Proctor modificado C-4									
Peso Suelo Humedo + Molde	gr.	10500	10550	10520	10550				
Peso del Molde	gr.	5900	5900	5900	5900				
Peso del Suelo Húmedo	gr/cm ³ .	4600	4650	4620	4650				
Densidad del Suelo Humedo	gr/cm ³ .	2.164	2.187	2.173	2.187				
Capsula No	No	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
Suelo Humedo + Capsula	gr.	323.54	342.20	294.02	304.02	337.02	273.02	337.02	293.02
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	305.20	322.25	271.27	283.71	308.27	248.83	322.27	270.28
Peso del Agua	gr.	18.34	19.95	22.75	20.31	28.75	24.19	14.75	22.74
Peso de la Capsula	gr.	34.00	34.00	34.00	34.00	34.00	34.00	34.00	34.00
Peso del Suelo Seco	gr.	271.20	288.25	237.27	249.71	274.27	214.83	288.27	236.28
% de Humedad	%	6.76%	6.92%	9.59%	8.13%	10.48%	11.26%	5.12%	9.62%
Promedio de Humedad	%	6.84%		8.86%		10.87%		7.37%	
Densidad del Suelo Seco	%	2.025		2.009		1.960		2.037	
				MDS	:			2.038	gr/cm³
				OHC	:			7.54%	

Figura 55

Relación humedad densidad + 10% de cal, calicata 4

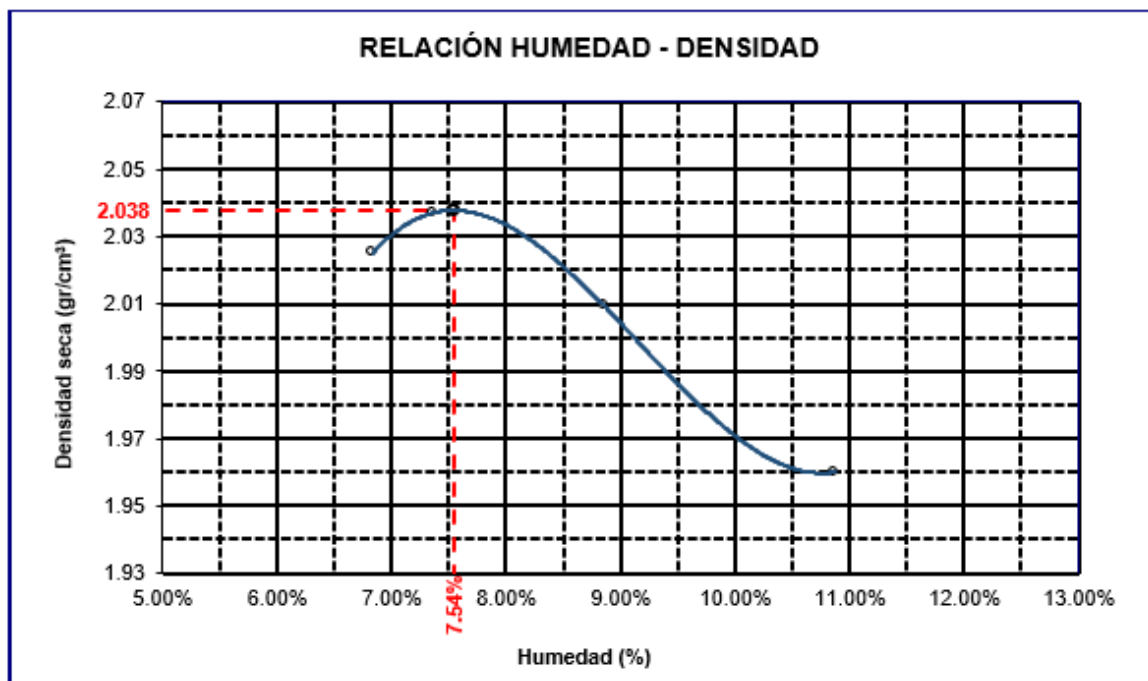


Tabla 48

Corrección por penetración, relación humedad – densidad + 10% de cal, calicata 4

Penetración mm	Tiempo	Carga Est.	Penetración C-4											
			MOLDE No III				MOLDE No II				MOLDE No I			
			Dial	Kg	Kg/cm2	Correc.	Dial	Kg	Kg/cm2	Correc.	Dial	Kg	Kg/cm2	Correc.
0.00	0.00		0	0.00	0.00		0.0	0.00	0.00		0.0	0.00	0.00	
0.63	00:30		5	46.4	2.3		20	110	5.6		33	165	8.4	
1.27	01:00		13	80.3	4.1		27	140	7.1		50	237	12.0	
1.91	01:30		16	93.0	4.7		42	203	10.3		70	322	16.3	
2.54	02:00	70.31	19	105.8	5.3		52	246	12.4		95	428	21.7	
3.81	03:00		24	127.0	6.4		70	322	16.3		123	547	27.7	
5.09	04:00	105.00	29	148.2	7.5		93	420	21.2		156	687	34.7	
6.35	05:00		34	169.4	8.6		113	505	25.5		195	853	43.1	
7.62	06:00		36	177.9	9.0		127	564	28.5		215	938	47.4	
8.84	07:00													
10.16	08:00													

Figura 56

Representación gráfica relación CBR - densidad seca+ 10% de cal, calicata 4

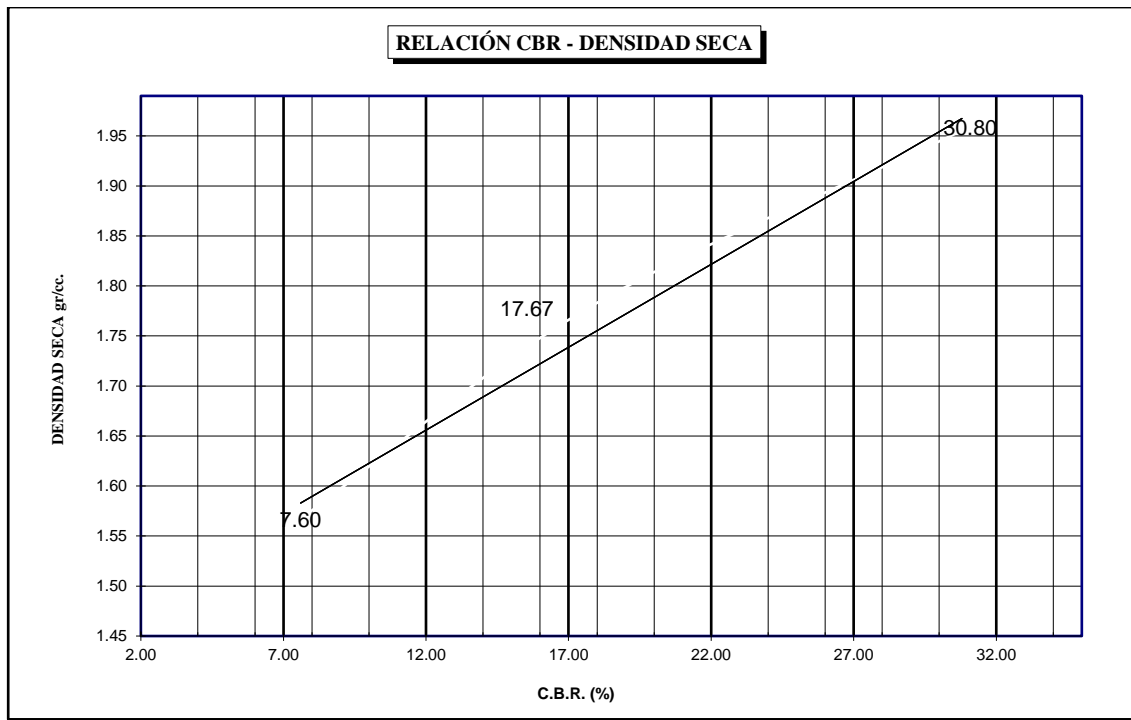


Figura 57

Relación esfuerzo – penetración + 10% de cal, 12 golpes - calicata 4

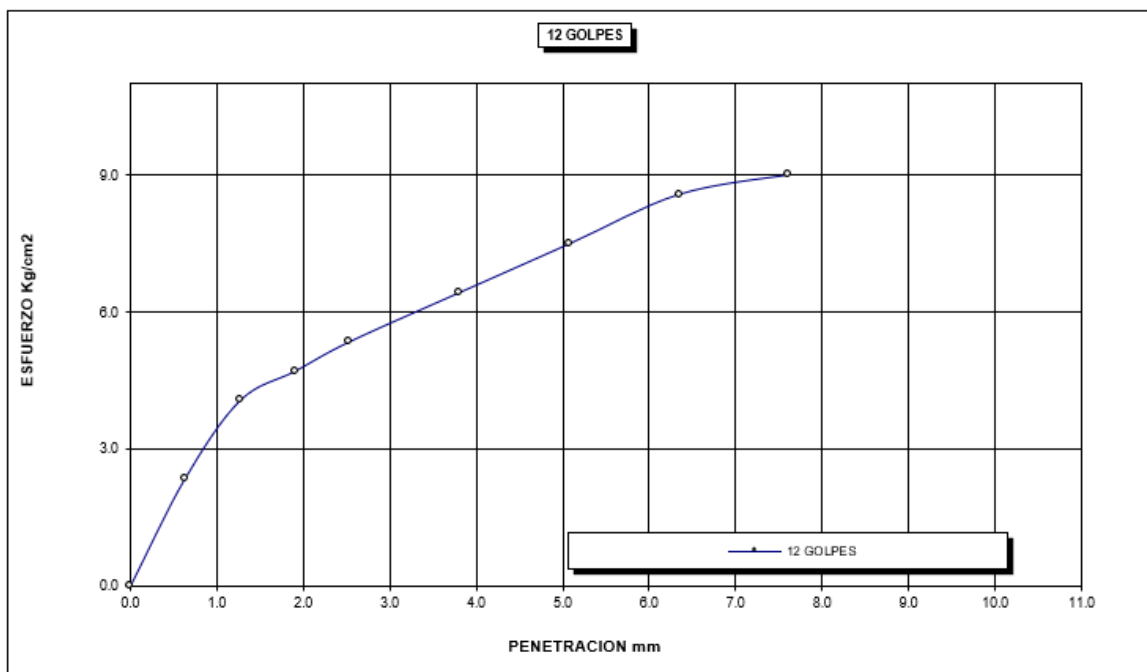


Figura 58

Relación esfuerzo – penetración + 10% de cal, 25 golpes - calicata 4

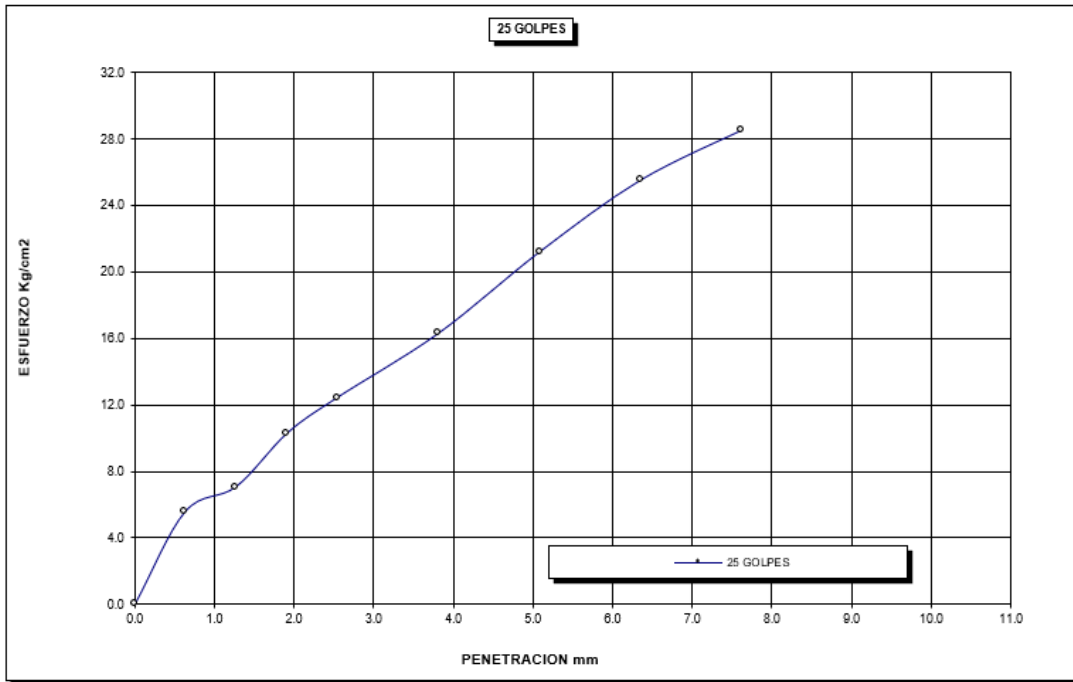


Figura 59

Relación esfuerzo – penetración + 10% de cal, 56 golpes - calicata 4

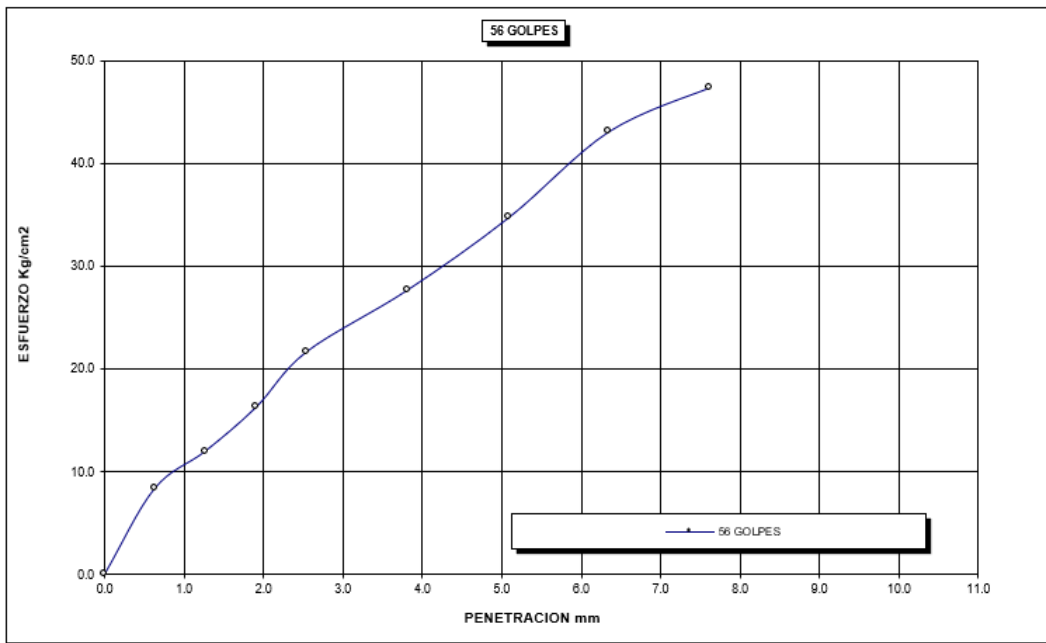


Tabla 49

Resultados método de compactación + 10% de cal, – calicata 4

N° CALICATA	COMPACTACIÓN	
CALICATA 4 + 10% DE CAL	MDS (gr/cm ³)	2.038
	OHC (%)	7.54
	CBR AL 100% DE MDS (%)	31
	CBR AL 95% DE MDS (%)	18

La tabla presenta los resultados del método de compactación con la adición del 10% de cal en la calicata 4. Se observó una máxima densidad seca de 2.038 gr/cm³ y una humedad óptima del 7.54%. Además, los valores de CBR al 100% y al 95% de la máxima densidad seca (MDS) fueron 31% y 18%, respectivamente.

CALICATA 5 + 10% DE CAL

Tabla 50

Proctor modificado + 10% de cal, calicata 5

Datos de Proctor modificado C-5									
Peso Suelo Humedo + Molde	gr.	10477	10487	10507	10547				
Peso del Molde	gr.	5900	5900	5900	5900				
Peso del Suelo Húmedo	gr/cm ³ .	4577	4587	4607	4647				
Densidad del Suelo Humedo	gr/cm ³ .	2.153	2.158	2.167	2.186				
Capsula No	No	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
Suelo Humedo + Capsula	gr.	323.27	340.29	291.06	302.30	335.28	270.29	335.30	291.27
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	316.28	322.25	269.53	282.26	317.27	249.26	320.26	271.26
Peso del Agua	gr.	6.99	18.04	21.53	20.04	18.01	21.03	15.04	20.01
Peso de la Capsula	gr.	34.00	34.00	34.00	34.00	34.00	34.00	34.00	34.00
Peso del Suelo Seco	gr.	282.28	288.25	235.53	248.26	283.27	215.26	286.26	237.26
% de Humedad	%	2.48%	6.26%	9.14%	8.07%	6.36%	9.77%	5.25%	8.43%
Promedio de Humedad	%	4.37%		8.61%		8.06%		6.84%	
Densidad del Suelo Seco	%	2.063		1.987		2.005		2.046	
				MDS	:			2.073	gr/cm³
				OHC	:			5.21%	

Figura 60

Relación humedad densidad + 10% de cal, calicata 5

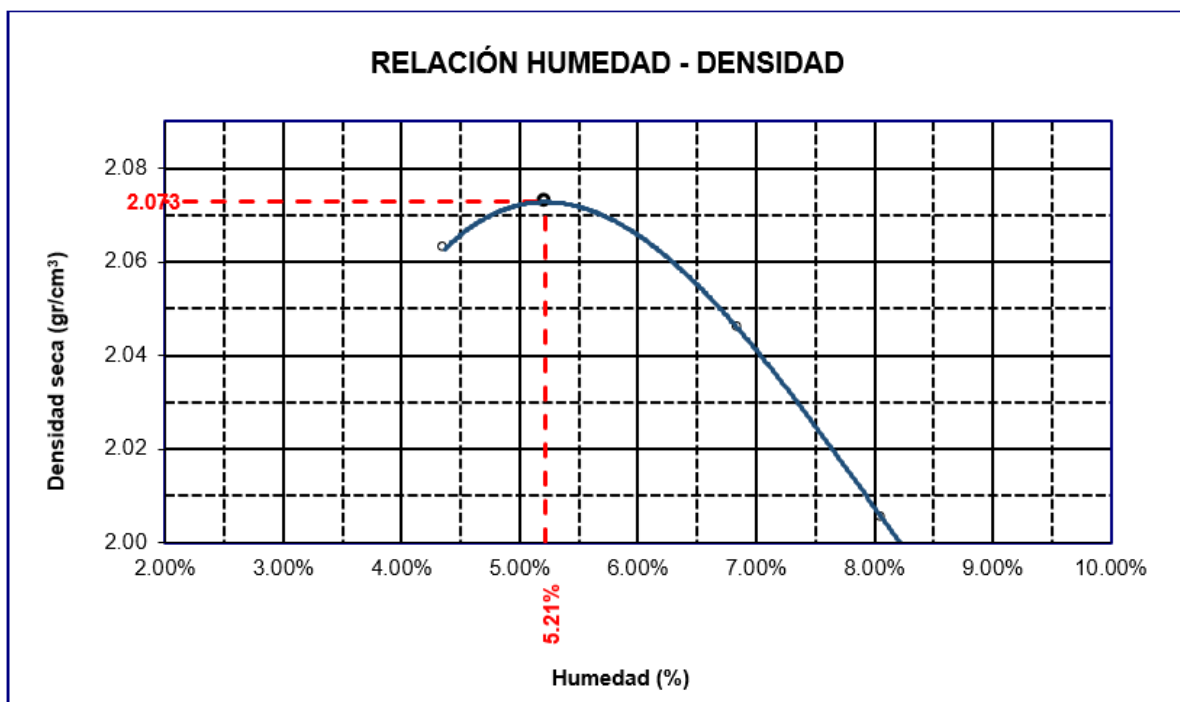


Tabla 51

Corrección por penetración, relación humedad – densidad + 10% de cal, calicata 5

Penetración mm	Tiempo	Carga Est.	Penetración C-5														
			MOLDE No III				MOLDE No II				MOLDE No I						
			Dial	Kg	Kg/cm2	Correc.	Dial	Kg	Kg/cm2	Correc.	Dial	Kg	Kg/cm2	Correc.			
0.00	0.00		0	0.00	0.00		0.0	0.00	0.00		0.0	0.00	0.00		0.0	0.00	0.00
0.63	00:30		15	88.8	4.5		35	174	8.8		55	259	13.1		55	259	13.1
1.27	01:00		25	131.2	6.6		45	216	10.9		75	343	17.4		75	343	17.4
1.91	01:30		35	173.7	8.8		55	259	13.1		95	428	21.7		95	428	21.7
2.54	02:00	70.31	45	216.1	10.9		65	301	15.2		115	513	25.9		115	513	25.9
3.81	03:00		55	258.6	13.1		75	343	17.4		135	598	30.2		135	598	30.2
5.09	04:00	105.00	65	301.0	15.2		85	386	19.5		145	641	32.4		145	641	32.4
6.35	05:00		75	343.5	17.4		95	428	21.7		165	725	36.7		165	725	36.7
7.62	06:00		85	385.9	19.5		115	513	25.9		185	810	41.0		185	810	41.0
8.84	07:00																
10.16	08:00																

Figura 61

Representación gráfica relación CBR - densidad seca + 10% de cal, calicata 5

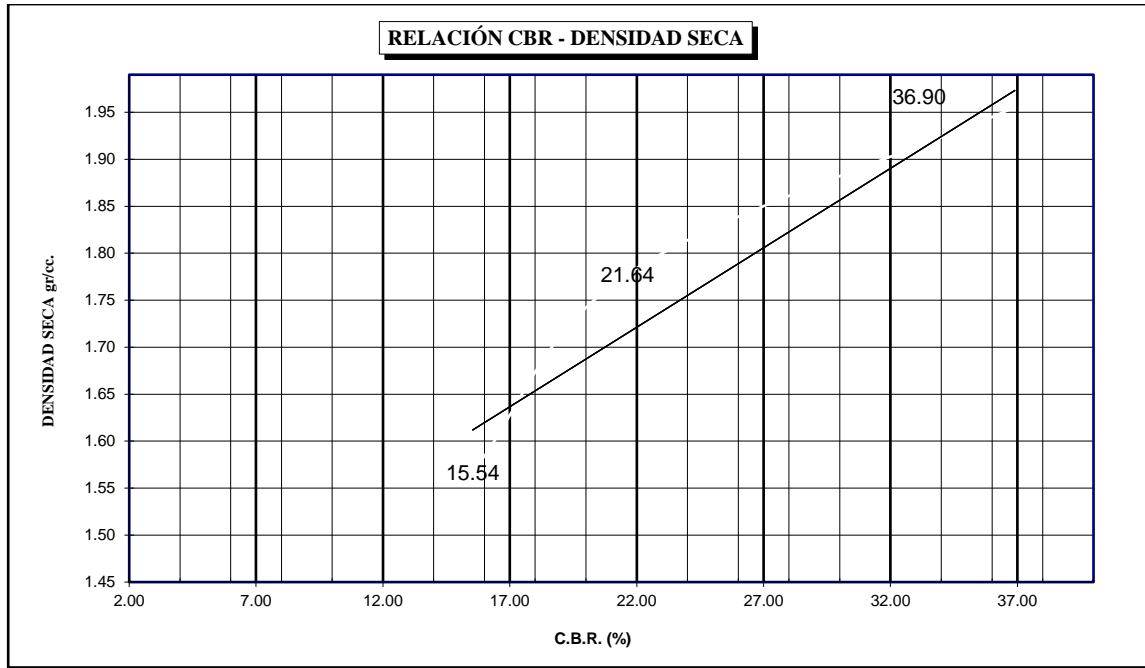


Figura 62

Relación esfuerzo – penetración + 10% de cal, 12 golpes - calicata 5

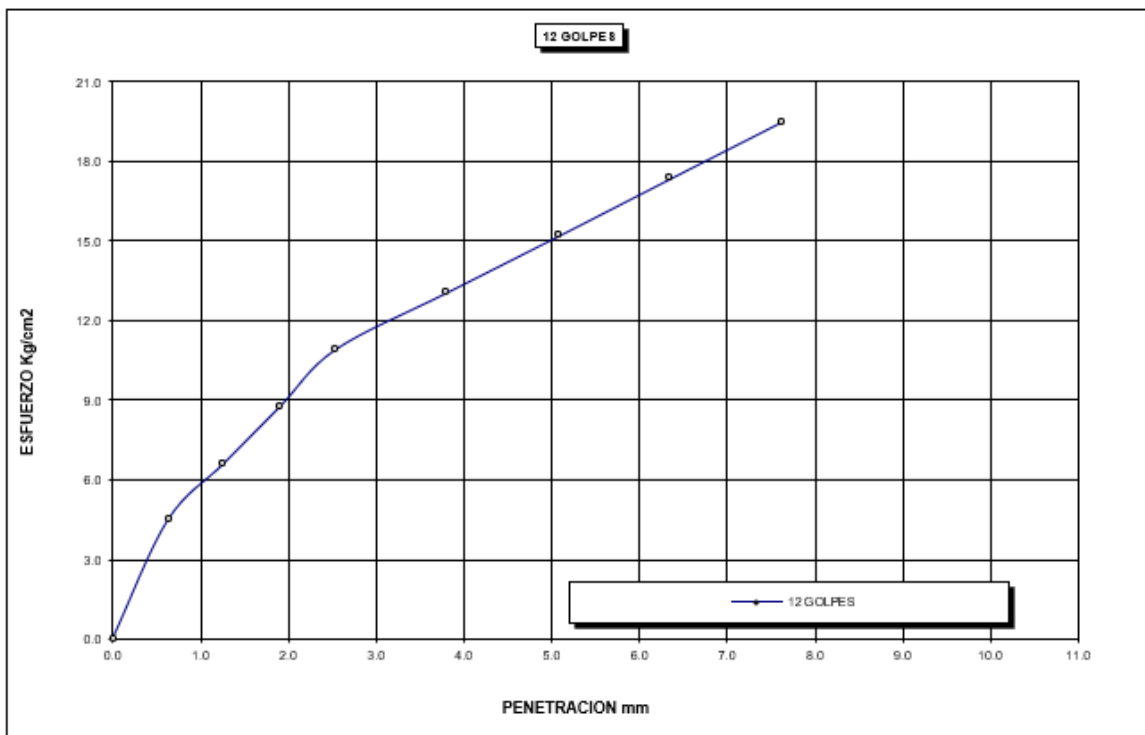


Figura 63

Relación esfuerzo – penetración + 10% de cal, 25 golpes - calicata 5

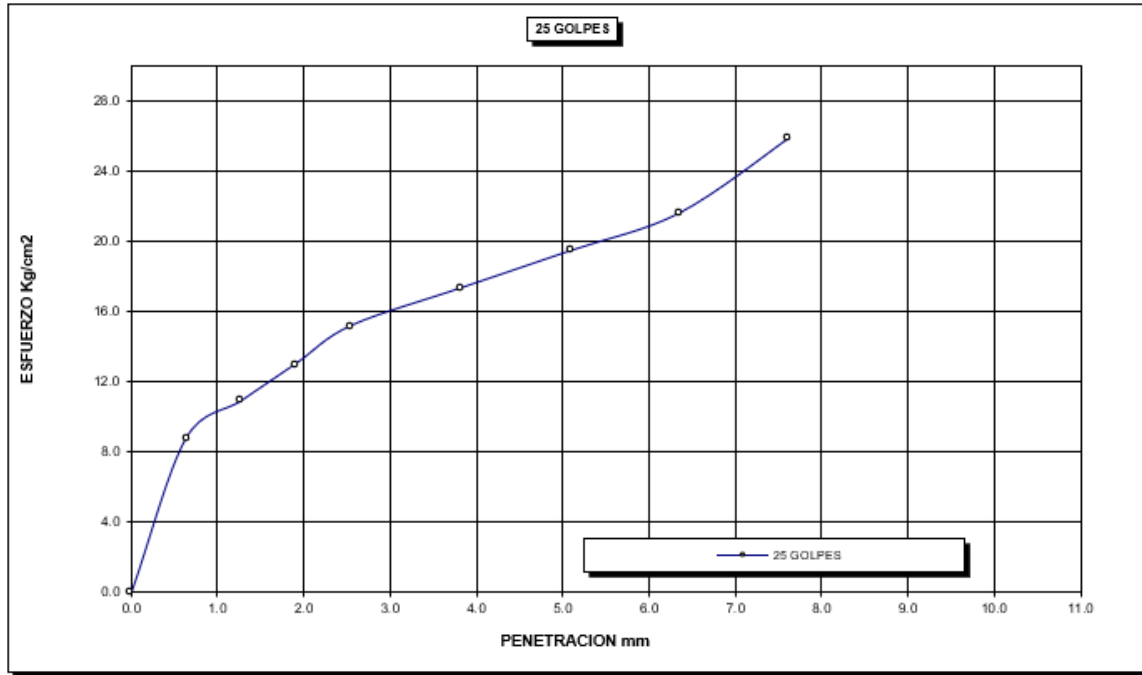


Figura 64

Relación esfuerzo – penetración + 10% de cal, 56 golpes - calicata 5

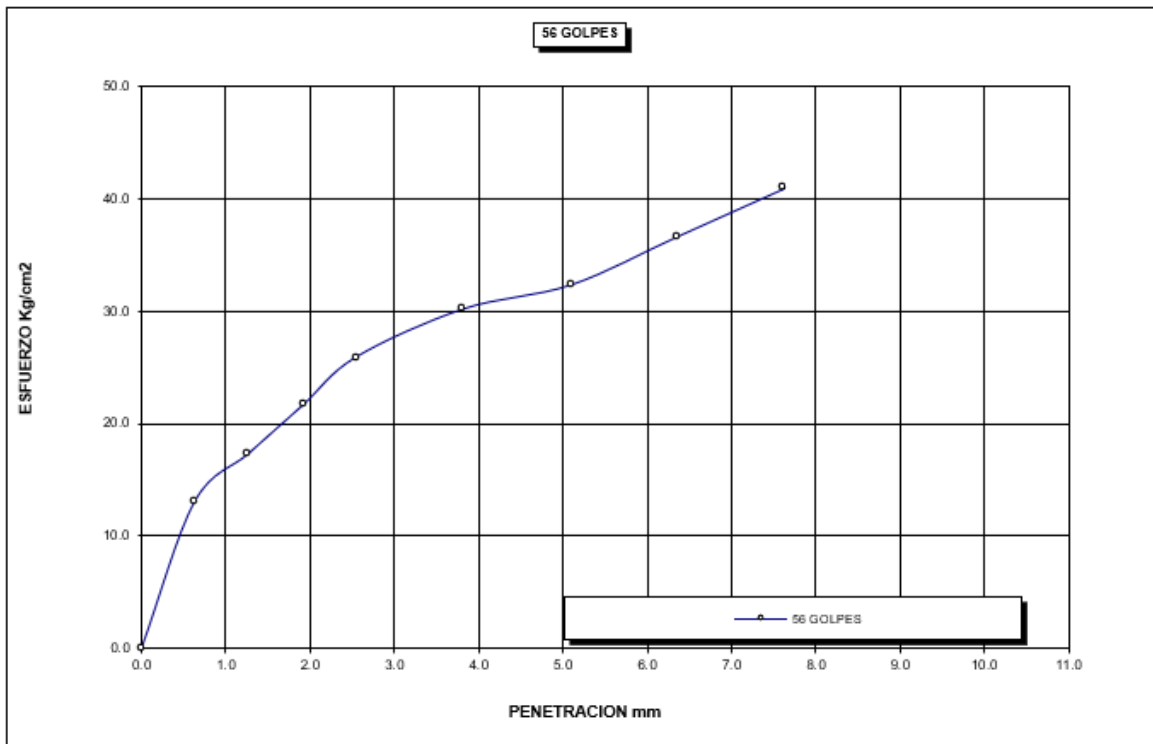


Tabla 52

Resultados método de compactación + 10% de cal, – calicata 5



N° CALICATA	COMPACTACIÓN	
CALICATA 5 + 10% DE CAL	MDS (gr/cm ³)	2.073
	OHC (%)	5.21
	CBR AL 100% DE MDS (%)	37
	CBR AL 95% DE MDS (%)	22

La tabla muestra los resultados del método de compactación con un 10% de cal en la calicata 5. Se obtuvo una máxima densidad seca de 2.073 gr/cm³ y una humedad óptima del 5.21%. Los valores de CBR al 100% y al 95% de la máxima densidad seca (MDS) fueron 37% y 22%, respectivamente



CONCLUSIONES

Primera, las propiedades físicas y mecánicas que presentan los suelos para mejoramiento de obras viales, se realizaron la Granulometría, límites de consistencia, clasificación de suelos en 5 calicatas, los tipos de suelos e coincidieron que son de un tipo SC, arenas arcillosas presencia de gravas en pocas cantidades, aceptables para un mejoramiento

Segundo, los valores de la capacidad de soporte de suelos para su mejoramiento para obras viales, se consideraron de igual manera 5 puntos de exploración en donde se realizaron los ensayos de proctor modificado y ensayo de CBR, en cuanto a la máxima densidad seca en las 5 calicatas no superaron el 2.0gr/cm^3 , los CBR al 100% llegaron al límite de aceptables para mejoramiento

Tercero, el plan para el mejoramiento para la construcción de obras viales, de igual manera se realizó en 5 puntos de exploración, tanto el ensayo de Proctor modificado y, ensayo de CBR, con la adición de un 10 % de cal, en las cuales su máxima densidad seca con el mejoramiento superó el 2.0 gr/cm^3 , la humedad se mantuvo entre esos parámetros, en cuanto al CBR al 100% de MDS llegaron a optimo por igual o encima a las 30%.



RECOMENDACIONES

Primero, efectuar el análisis de propiedades físicas y mecánicas en al menos 10 calicatas para obtener una comprensión completa de todas sus características.

Segundo, realizar los ensayos de Proctor modificado en más puntos, CBR in situ y hacer las comparaciones con el CBR en laboratorio

Tercero, realizar ensayos de Proctor modificado, CBR in situ, para el mejoramiento de vías adicionando un porcentaje mayor a 10% de cal, y considerando otras opciones como mezcla de cemento, y mezclas asfálticas en diferentes proporciones.



REFERENCIAS

- Abanto, e. L., & salinas, s. E. (2021). Analisis de la estabilizacion de subrasantes con uso de ceniza de bagazo de caña de azucar y cal en el Perú. Trujillo-perú: universidad privada el norte.
- Albites, o. B. (2022). Evaluación de las propiedades físico-mecánicas de la subrasante al adicionar ceniza de bagazo de uva en el distrito de san vicente de cañete, cañete, lima - 2022. Lima-perú: universidad tecnologica del peru.
- Almonacid, r. I. (2019). Estabilización de subrasante mediante cal y ceniza de quinua en suelos del centro poblado viñas, tayacaja, huancavelica. Huancayo-perú: universidad peruana los andes .
- Alvarez, a. (2020). Clasificación de las investigaciones. Facultad de ciencias empresariales y económicas, 1.
- Andaluz, I. R. (2022). Estudio del efecto de la ceniza de cascara de arroz en las propiedades fisico-mecanicas en suelos finos de subrasante. Ambato-ecuador : universidad técnica de ambato.
- Angeles, r. J., & chacon, a. E. (2021). Influencia de la melaza como elemento aglomerante en el cbr (valor de la relación de soporte california)en el cbr (valor de la relación de soporte california)del afirmado para trochas carrozablesan sebastián, cusco 2021. Cusco-perú: universidad continental.
- Apolinarez, t. A. (2018). Esatabilizacion de la sub-rasante con la incorporacion de ceniza vegetal, jauja. Huancayo-perú : universidad peruana los andes.
- Arellan farfan, j. Y. (2021). Diseño estructural del pavimento flexible aplicando la estabilizacion quimica con el polimero acrilico de estireno para a subrasante, huarochirí 2021. Huarochirí-peru: universidad cesar vallejo.
- Barrantes, j. (2019). La investigación social: introducción a los métodos y técnicas. Escuela superior de relaciones públicas, ppu.



- Bulla, z. D. (2020). Diseño de la estructura de pavimento flexible en la vía lenguazaque-villapinzón en el departamento de cundinamarca. Bogota d. C.: universidad militar nueva granada.
- Calle llactahuamaní, s. E., & arce huahuachampi, m. G. (2018). Estabilización con polímero acrílico de la subrasante de la zona del puente de añashuayco para su uso como base y comparación frente a un pavimento convencional. Arequipa : universidad nacional de san agustín de arequipa.
- Calle, I. S., & arce, h. M. (2018). Estabilización con polímero acrílico de la subrasante de la zona del puente de añashuayco para su uso como base y comparación frente a un pavimento convencional. Arequipa: universidad nacional de san agustín de arequipa.
- Canaria, p. A., & iván, m. Á. (2020). Estudio de estabilización de material para la conformación de afirmado en terraplenes del municipio de la primavera – vichada, mediante la adición de polímeros sintéticos ecológicos. Bogota: universidad distrital francisco jose de caldas.
- Carrasco, s. (2020). Metodología de la investigación científica. Lima: san marcos.
- Castillo, c. J., & patíño, n. M. (2022). Estabilización de suelos con ceniza de bagazo de caña de azucar en la subrasante de la carretera sapillica-naranja, ayabaca - piura. Piura-perú: universidad privada antenor orrego.
- Champi, I. K. (2022). Estabilización de subrasante con adición de ceniza de tusa de maíz y cáscara de maní en la carretera ic-1110171, ica-2022. Ica.perú: universidad cesar vallejo.
- Chávez, a. (2021). Silicato de sodio para la estabilización de suelos en la trocha la menta km 00+000 - garabato km 1+430 distrito de las lomas-provincia y departamento de piura. Piura: universidad nacional de piura.
- Condo, b. I., & cusco, c. L. (2023). Influencia de la melaza de caña de azucar en la permeabilidad de muestras de suelo arenoso de una subrasante. Riobamba-ecuador: universidad nacional de chimborazo .



- Daramola, t. S. (2021). Experimental study on the geotechnical properties of soils treated with banana leaf ash. New york science journal. Department of civil engineering, obafemi awolowo university, ile-ife, nigeria.
- Escobar, I. J. (2022). Estabilizacion de la subrasante incorporando cenizas de tallos de quinua en la carretera checca-mazocruz, puno - 2022. Lima-perú: universidad cesar vallejo.
- Guzmán montenegro, m. (2019). Evaluación de resistencia del nivel de subrasante mediante el uso de polímeros reciclados en el distrito de la victoria - 2019. Chiclayo: universidad particular de chiclayo.
- Hernandez, a., ramos, m., placencia, b., indacochea, b., quimis, a., & moreno, I. (2018). Metodologia de la investigacion cientifica. Manabi: 3ciencias - area de innovacion y desarrollo s.l. Doi:<http://dx.doi.org/10.17993/ccyll.2018.15>
- Hernández, g. A. (2019). Analisis de la relación de soporte y resistencia a la compresión de un suelo arcillo-limoso en la vereda de liberia del municipio de viotá cundinamarca estabilizado con ceniza de cascarilla de café. Bogotá d. C.: universidad de la salle.
- Ipince, c. H. (2020). Mejoramiento de la subrasante agregando ceniza de tusa de maiz en la calle 12 del distrito de victor larco herrera, trujillo 2019. Lima-peru: universidad cesar vallejo.
- Mora palacios, s. A. (2020). Comportamiento de los polímeros como agente estabilizante en los suelos para la construcción de cimentaciones. Bogota: universidad católica de colombia,.
- Mtc. (2019). Manual de carreteras: suelo, geología, geotécnia y pavimentos. Lima: ministerio de transportes y comunicaciones.
- Quispe, c., & tarifa, y. W. (2022). Estabilización de suelos arcillosos con cal y cenizas de cáscara de castaña para la subrasante en la av. Circunvalación, tambopata 2022. Lima-perú: universidad cesar vallejo.



- Quispe, e., & sañac, m. (2019). Influencia de la incorporación de plástico reciclado triturado – pet en el mejoramiento del suelo a nivel de sub rasante en la prolongación de la av. Micaela bastidas, tamburco - abancay, 2018. Universidad tecnológica de los andes.
- Ramirez, j. I. (2019). Estabilización de suelos de la avenida 2 el caserío de pueblo libre nuevo, adicionando 3% y 5% de la ceniza de schinus molle de horno artesanal, distrito de pueblo libre-huaylas-ancash. Caraz-perú: universidad san pedro.
- Ramirez, r. (2018). Metodología de la investigación. Lima: san marcos.
- Rimachi, p. I., & sánchez, r. R. (2019). Estabilizacion de suelos con adición de ceniza de cáscara de coco al 0.5%, 1.5%, 3%, 5% y 8%, a nivel de subrasante en el sector de lampanin distrito de CÁCERES del Perú provincia del santa, ancash. . Chimbote-perú: universidad cesar vallejo.
- Rincon, h. L., & cortes, c. A. (2020). Analisis de la resistencia a la compresion inconfiada y cbr de un adirmado estabilizado con ceniza de bagazo de caña de azucar y cal. Bogotá d.c.: universidad de la salle.
- Rosales, c. F. (2020). Evaluación de las propiedades de la subrasante con baja capacidad portante adicionando ceniza de tusa de maiz y cascara de mani, vmt 2019. Lima-perú : universidad cesar vallejo .
- Sánchez, m. J., fernández, m., & diaz, j. C. (2021). Técnicas e instrumentos de recolección de información: análisis y procesamiento realizado por el investigador cualitativo. Scielo, uisrael, 8(1), 113-128.
- Solis, q. M. (2022). Incorporación de polímero acrílico de estireno y comportamiento mecánico de la subrasante en la carretera negromayo - espinar 2022. Lima-perú: universidad cesar vallejo.
- Tuscano, p. M. (2020). “estabilización de subrasante mediante el uso de aceite reciclado en carretera, circuito cruz de paz palian - el tambo – huancayo 2017”. Huncayo-perú: universidad alas peruanas .



Vargas, j., & urbano, c. (2021). Metodología y técnicas para investigar: recursos para la elaboración de proyectos, análisis de datos y redacción científica (2° ed., vol. 1).

Brujas. Doi:isbn: 979-8595351294

Villnueva, s. D. (2022). La adición del aceite residual automotriz mejora la estabilización de subrasante de la carretera afirmada dv. Chirinos – chirinos,cajamarca, 2021. Lima-perú: universidad ricardo palma.



ANEXOS



ANEXO 1. Matriz de Consistencia.

TITULO DE LA TESIS: MEJORAMIENTO ESTRUCTURAL EN LA CONSTRUCCIÓN DE OBRAS VIALES UTILIZANDO LA CAPACIDAD PORTANTE ADMISIBLE DEL SUELO EN EL DISTRITO DE SAN MIGUEL				
Problemas	Objetivos	Hipótesis	Variables	Inst. de Medición
<p>Problema General:</p> <p>¿Cómo desarrollar el mejoramiento estructural en la construcción de obras viales utilizando la capacidad portante admisible del suelo en el distrito de San Miguel?</p>	<p>Objetivo General:</p> <p>Desarrollar el mejoramiento estructural en la construcción de obras viales utilizando la capacidad portante admisible del suelo en el distrito de San Miguel.</p>	<p>Hipótesis General:</p> <p>El mejoramiento estructural en la construcción de obras viales utilizando la capacidad portante admisible del suelo en el distrito de San Miguel, variara con relación a sus características.</p>	<p>Variable Independiente</p> <p>MEJORAMIENTO</p> <p>Dimensiones: <i>Mejoramiento por compactación</i> <i>Mejoramiento por capacidad de soporte</i></p> <p>Variable Dependiente</p> <p>PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL SUELO</p> <p>Dimensiones: <i>% humedad</i> <i>Granulometría</i> <i>Límites de consistencia</i> <i>Máxima densidad seca</i> <i>Capacidad de soporte</i></p>	<p>Equipos y herramientas de laboratorio.</p> <p>Equipos y herramientas de laboratorio.</p>
<p>Problemas Específicos</p>	<p>Objetivos Específicos</p>	<p>Hipótesis Específicas</p>		
<p>¿Cuáles son las propiedades físicas y mecánicas que presentan los suelos para el mejoramiento estructural de obras viales en el distrito de San Miguel?</p> <p>¿Cuáles son los valores de la capacidad de soporte de los suelos para el mejoramiento estructural de obras viales en el distrito de San Miguel?</p> <p>¿Cómo realizar un plan para mejoramiento en la construcción de obras viales en el distrito de San Miguel?</p>	<p>Determinar las propiedades físicas y mecánicas que presentan los suelos para el mejoramiento estructural de obras viales en el distrito de San Miguel.</p> <p>Determinar los valores de la capacidad de soporte de los suelos para el mejoramiento estructural de obras viales en el distrito de San Miguel.</p> <p>Realizar un plan para mejoramiento en la construcción de obras viales en el distrito de San Miguel.</p>	<p>Las propiedades físicas y mecánicas que presentan los suelos para el mejoramiento estructural de obras viales en el distrito de San Miguel, cambiaran con respecto a su tipo de clasificación de suelo.</p> <p>La capacidad de soporte de los suelos para el mejoramiento estructural de obras viales en el distrito de San Miguel, cambiarán en sus porcentajes de máxima densidad seca y optimo contenido de humedad.</p> <p>El plan para mejoramiento en la construcción de obras viales en el distrito de San Miguel, variara con el tipo de material que se incorpore para el mejoramiento.</p>		

ANEXO 2. Panel Fotográfico.

Fotografía 1. Calicatas sacando muestra del suelo inalterada.



Fotografía 2. Calicata de muestra de suelo para hacer pruebas de laboratorio.



Fotografía 3. Tamizado de materiales granulares



Fotografía 4. Pesado de material pasantes por cada tamiz



Fotografía 5. Secado de muestras para medición de contenido de humedad



Fotografía 6. Pesado de muestra para medición de limite liquido



Fotografía 7. Pesado de molde para proctor modificado



Fotografía 8. Llenado de material en capas para compactación con pisón



Fotografía 9. Compactación de capas con pisón



Fotografía 10. Compactación de material en capas para CBR



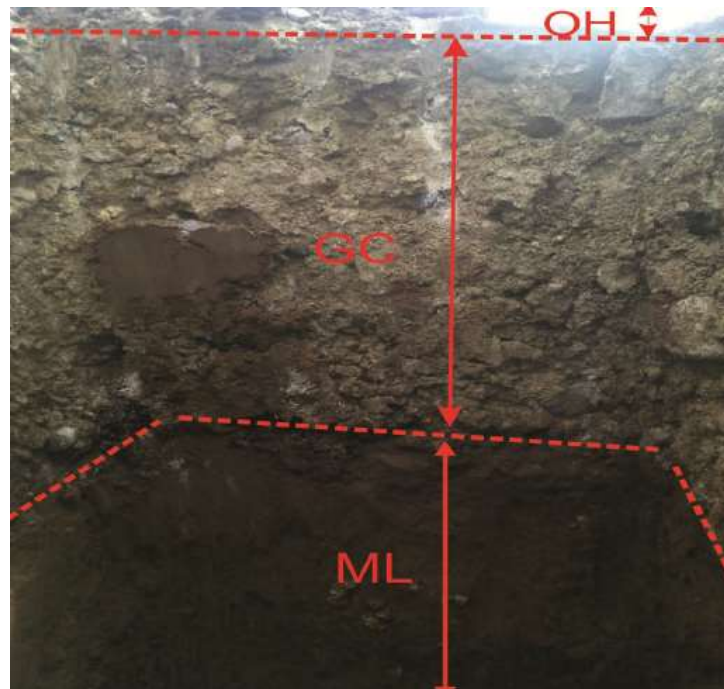
Fotografía 11. Colocación de material en molde y apisonado para prueba CBR



Fotografía 12. Preparación de molde + muestra para inversión, prueba CBR



Fotografía 13. En la imagen se observa tipos de suelos en una calicata de estructura de pavimento.





ANEXO 3. Certificados de Control de Calicatas de Laboratorio.



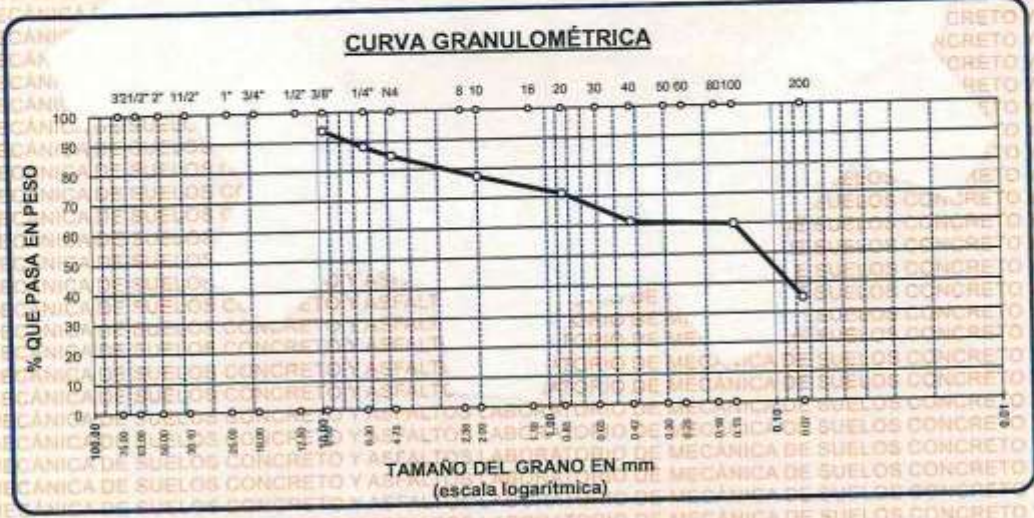
UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D422)

PROYECTO: MEJORAMIENTO ESTRUCTURAL EN LA CONSTRUCCIÓN DE OBRAS VIALES UTILIZANDO LA CAPACIDAD PORTANTE ADMISIBLE DEL SUELO EN EL DISTRITO DE SAN MIGUEL
SOLICITANTE: Bach. CARLOS MARTIN PAYEHUANCA CHUQUIMALLCO
LUGAR: LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS
MUESTRA: CALICATA 1 - MUESTRA 1
FECHA: 9 DE SEPTIEMBRE DEL 2024

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF.	TAMAÑO MÁXIMO:	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
3"	75.000							P.I.= 800.00
2 1/2"	63.000							P.L.= 521.00
2"	50.000							P.P.= 279.00
1 1/2"	38.100							% W = 4.93
1"	25.000							LIMITES DE CONSISTENCIA:
3/4"	19.000							L.L.= 39.31
1/2"	12.500							L.P.= 17.36
3/8"	9.500	50.00	6.25	6.25	93.75			I.P.= 21.75
1/4"	6.300	45.00	5.63	11.88	88.13			CARACT. GRANULOMÉTRICAS:
No4	4.750	26.00	3.25	15.13	84.88			D10= --- Cu= ---
No8	2.360							D30= --- Cc= ---
No10	2.000	60.00	7.50	22.63	77.38			D60= 0.18
No15	1.180							CLASIFICACIÓN:
No20	0.850	50.00	6.25	28.88	71.13			I.G. = :
No30	0.600							SUCS SC
No40	0.425	80.00	10.00	38.88	61.13			ASSTHO : A-2-6
No50	0.300							OBSERVACIONES:
No60	0.250							
No80	0.180							
No100	0.150	10.00	1.25	40.13	59.88			
No200	0.075	200.00	25.00	65.13	34.88			
BASE		279.00	34.88	100.00	0.00			
TOTAL		800.00	100.00					
% PERDIDA			34.88					



NOTA: LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN LABORATORIO POR EL SOLICITANTE



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FICP - CAP. INGENIERÍA CIVIL
Mgtr. Arnaldo Yano Torres
C.P. 103257



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



PROYECTO
SOLICITANTE
LUGAR
MUESTRA
FECHA

MEJORAMIENTO ESTRUCTURAL EN LA CONSTRUCCIÓN DE OBRAS VIALES UTILIZANDO LA CAPACIDAD PORTANTE ADMISIBLE DEL SUELO EN EL DISTRITO DE SAN MIGUEL
Bach. CARLOS MARTIN PAYEHUANCA CHUQUIMALLCO
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS
CALICATA 1 - MUESTRA 1
19 DE SETIEMBRE DEL 2024

CONTENIDO DE HUMEDAD ASTM - D - 2216 - MTC - E 108

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	326.23
SUELO SECO + TARRO	gr	313.25
PESO DEL TARRO	gr	50.00
PESO DEL AGUA	gr	12.98
PESO DEL SUELO SECO	gr	263.25
HUMEDAD %	%	4.93

LÍMITE LÍQUIDO - LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD ASTM - D424 D-4318 AASHTO - T90

LÍMITE LÍQUIDO

TARRO N°		T-04	T-10	T-19
SUELO HUMEDO + TARRO	gr	25.56	29.21	30.12
SUELO SECO + TARRO	gr	24.56	26.52	27.25
PESO DEL TARRO	gr	21.00	21.00	21.00
PESO DEL AGUA	gr	1.00	2.69	2.87
PESO DEL SUELO SECO	gr	3.56	5.52	6.25
HUMEDAD %	%	28.09	48.73	45.92
N° DE GOLPES	-	29	19	11

LÍMITE PLÁSTICO

T-14	T-15
8.54	9.25
8.12	8.25
4.12	4.12
0.42	1.00
4.00	4.13
10.50	24.21

LÍMITE LÍQUIDO % : 39.11

LÍMITE PLÁSTICO % : 17.36

ÍNDICE PLÁSTICO % : 21.75

$LL = W_n * (N/25)^{0.121}$
Donde:
LL = Límite Líquido
Wn = Contenido de Humedad Promedio (%)
N = Número de Golpes

UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
Mgtr. Arnaldo Yana Torres
P. 103257



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D422)

PROYECTO: MEJORAMIENTO ESTRUCTURAL EN LA CONSTRUCCIÓN DE OBRAS VIALES UTILIZANDO LA CAPACIDAD PORTANTE ADMISIBLE DEL SUELO EN EL DISTRITO DE SAN MIGUEL

SOLICITANTE: Bach: CARLOS MARTIN PAYE-IJUANCA CHUQUIMALLCO

LUGAR: LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

MUESTRA: CALICATA 2 - MUESTRA 2

FECHA: 9 DE SEPTIEMBRE DEL 2024

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF.	TAMANO MAXIMO:
3"	75.000						DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
2 1/2"	63.000						P.L.= 800.00
2"	50.000						P.L.= 584.00
1 1/2"	38.100						P.P.= 216.00
1"	25.000						%w = 4.93
3/4"	19.000						LIMITES DE CONSISTENCIA:
1/2"	12.500						LL = 39.11
3/8"	9.500	60.00	7.50	7.50	92.50		LP = 17.36
1/4"	6.300	45.00	5.63	13.13	86.88		IP = 21.75
No4	4.750	23.00	2.88	16.00	84.00		CARACT. GRANULOMÉTRICAS:
No8	2.360						D10= --- Cu= ---
No10	2.000	50.00	6.25	22.25	77.75		D30= 0.084 Cc= ---
No16	1.180						D60= 0.42
No20	0.850	65.00	8.13	30.38	69.63		CLASIFICACIÓN:
No30	0.600						I.G. = :
No40	0.425	75.00	9.38	39.75	60.25		SUCS : SC-SM
No60	0.300						ASSTHO : A-2-4
No60	0.250						OBSERVACIONES:
No80	0.180						
No100	0.150	56.00	7.00	46.75	53.25		
No200	0.075	210.00	26.25	73.00	27.00		
BASE		216.00	27.00	100.00	0.00		
TOTAL		800.00	100.00				
% PERDIDA		27.00					



NOTA : LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN LABORATORIO POR EL SOLICITANTE

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS
 UANCV
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
 CALICATA 2 - MUESTRA 2
 Mgtr. Arnaldo Yana Torres
 CIP: 103257



PROYECTO

SOLICITANTE
LUGAR
MUESTRA
FECHA

UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



MEJORAMIENTO ESTRUCTURAL EN LA CONSTRUCCIÓN DE OBRAS VIALES UTILIZANDO LA CAPACIDAD PORTANTE ADMISIBLE DEL SUELO EN EL DISTRITO DE SAN MIGUEL

Bach. CARLOS MARTÍN PAYEHUANCA CHUQUIMALLCO
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS
CALICATA 2 - MUESTRA 2
8 DE SETIEMBRE DEL 2024

CONTENIDO DE HUMEDAD ASTM - D - 2216 - MTC - E 108

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	355.49
SUELO SECO + TARRO	gr	314.00
PESO DEL TARRO	gr	51.72
PESO DEL AGUA	gr	41.49
PESO DEL SUELO SECO	gr	262.28
HUMEDAD %	%	15.82

LÍMITE LÍQUIDO - LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD ASTM - D424 D-4318 AASHTO - T90

LÍMITE LÍQUIDO

TARRO N°		T-04	T-10	T-19
SUELO HUMEDO + TARRO	gr	48.52	49.30	49.25
SUELO SECO + TARRO	gr	43.23	43.79	43.79
PESO DEL TARRO	gr	30.00	30.00	30.00
PESO DEL AGUA	gr	5.29	5.51	5.46
PESO DEL SUELO SECO	gr	13.23	13.79	13.79
HUMEDAD %	%	39.98	39.96	39.59
N° DE GOLPES	-	27	20	14

LÍMITE PLÁSTICO

T-14	T-15
12.84	12.00
11.65	11.79
6.35	6.35
1.19	0.21
5.30	5.44
22.45	3.86

LÍMITE LÍQUIDO % : 38.72

LÍMITE PLÁSTICO % : 13.16

ÍNDICE PLÁSTICO % : 25.56

$$LL = W_n \cdot (N/25)^{0.121}$$

Donde:

LL = Límite Líquido

Wn = Contenido de Humedad Promedio (%)

N = Número de Golpes

UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

Mgr. Arnaldo Yana Torres
CIP 103257



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D422)

PROYECTO	MEJORAMIENTO ESTRUCTURAL EN LA CONSTRUCCIÓN DE OBRAS VIALES UTILIZANDO LA CAPACIDAD PORTANTE ADMISIBLE DEL SUELO EN EL DISTRITO DE SAN MIGUEL					
SOLICITANTE	Bach. CARLOS MARTÍN PAYE HUANCA CHUQUIMALLCO					
LUGAR	LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS					
MUESTRA	CALICATA 3 - MUESTRA 3					
FECHA	10 DE SEPTIEMBRE DEL 2024					
TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF.
3"	75.000					
2 1/2"	63.000					
2"	50.000					
1 1/2"	38.100					
1"	25.000					
3/4"	19.000					
1/2"	12.500					
3/8"	9.500	56.00	7.00	7.00	93.00	
1/4"	6.300	32.00	4.00	11.00	89.00	
No4	4.750	15.00	1.88	12.88	87.13	
No8	2.360					
No10	2.000	95.00	11.88	24.75	75.25	
No16	1.180					
No20	0.850	45.00	5.63	30.38	69.63	
No30	0.600					
No40	0.425	55.00	6.88	37.25	62.75	
No 50	0.300					
No60	0.250					
No80	0.180					
No100	0.150	100.00	12.50	49.75	50.25	
No200	0.075	210.00	26.25	76.00	24.00	
BASE		192.00	24.00	100.00	0.00	
TOTAL		800.00	100.00			
% PERDIDA		24.00				

TAMAÑO MÁXIMO:
DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
P.I. = 800.00
P.L. = 608.00
P.P. = 192.00
% W = 4.93

LIMITES DE CONSISTENCIA:
L.L. = 39.11
L.P. = 17.36
I.P. = 21.75

CARACT. GRANULOMÉTRICAS:
D10 = — Cu = —
D30 = 0.092 Cc = —
D60 = 0.36

CLASIFICACIÓN:
I.G. = :
SUCS SC
ASSTHO : A-2-4

OBSERVACIONES:



NOTA: LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN LABORATORIO POR EL SOLICITANTE

UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FICP - CAS INGENIERÍA CIVIL

Metr. Arnaldo Yano Torres
C.I. 103257



PROYECTO
SOLICITANTE
LUGAR
MUESTRA
FECHA

UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁZQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



MEJORAMIENTO ESTRUCTURAL EN LA CONSTRUCCIÓN DE OBRAS VIALES UTILIZANDO LA CAPACIDAD PORTANTE ADMISIBLE DEL SUELO EN EL DISTRITO DE SAN MIGUEL
Barr: CARLOS MARTIN PAYEHUANCA CHUQUIMALLCO
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS
CALICATA 3 - MUESTRA 3
16 DE SEPTIEMBRE DEL 2024

CONTENIDO DE HUMEDAD ASTM - D - 2216 - MTC - E 108

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	443.26
SUELO SECO + TARRO	gr	381.30
PESO DEL TARRO	gr	50.00
PESO DEL AGUA	gr	61.96
PESO DEL SUELO SECO	gr	331.30
HUMEDAD %	%	18.70

LÍMITE LIQUIDO - LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD ASTM - D424 D-4318 AASHTO - T90

LÍMITE LIQUIDO

TARRO N°		T-04	T-10	T-19
SUELO HUMEDO + TARRO	gr	69.66	82.51	69.61
SUELO SECO + TARRO	gr	62.12	73.23	62.23
PESO DEL TARRO	gr	44.00	44.00	44.00
PESO DEL AGUA	gr	7.54	9.28	7.38
PESO DEL SUELO SECO	gr	18.12	29.23	18.23
HUMEDAD %	%	41.61	31.75	40.48
N° DE GOLPES	-	35	28	15

LÍMITE PLÁSTICO

T-14	T-15
10.21	10.25
9.21	9.22
4.00	4.00
1.00	1.03
5.21	5.22
19.19	19.73

LÍMITE LIQUIDO % : 37.86

LÍMITE PLÁSTICO % : 19.46

ÍNDICE PLÁSTICO % : 18.40

$$LL = Wn * (N/25)^{0.121}$$

Donde:

LL = Límite Líquido

Wn = Contenido de Humedad Promedio (%)

N = Número de Golpes



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁZQUEZ"
FICP - CAP INGENIERÍA CIVIL

Mtr. Arnaldo Yano Torres
DIP 103257



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D422)

PROYECTO: MEJORAMIENTO ESTRUCTURAL EN LA CONSTRUCCIÓN DE OBRAS VIALES UTILIZANDO LA CAPACIDAD PORTANTE ADMISIBLE DEL SUELO EN EL DISTRITO DE SAN MIGUEL
SOLICITANTE: Bach. CARLOS MARTIR PAYEHLIUNJA CHUQUIMALLCO
LUGAR: LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS.
MUESTRA: CALICATA 4 - MUESTRA 4
FECHA: 10 DE SEPTIEMBRE DEL 2024

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF.
3"	75.000					
2 1/2"	63.000					
2"	50.000					
1 1/2"	38.100					
1"	25.000					
3/4"	19.000					
1/2"	12.500					
3/8"	9.500	51.26	6.41	6.41	93.59	
1/4"	6.300	41.00	5.13	11.53	88.47	
No4	4.750	32.20	4.03	15.56	84.44	
No8	2.360					
No10	2.000	56.00	7.00	22.56	77.44	
No16	1.180					
No20	0.850	94.00	11.75	34.31	65.69	
No30	0.600					
No40	0.425	65.00	8.13	42.43	57.57	
No 50	0.300					
No60	0.250					
No80	0.180					
No100	0.150	56.00	7.00	49.43	50.57	
No200	0.075	121.00	15.13	64.56	35.44	
BASE		283.54	35.44	100.00	0.00	
TOTAL		800.00	100.00			
% PERDIDA		35.44				

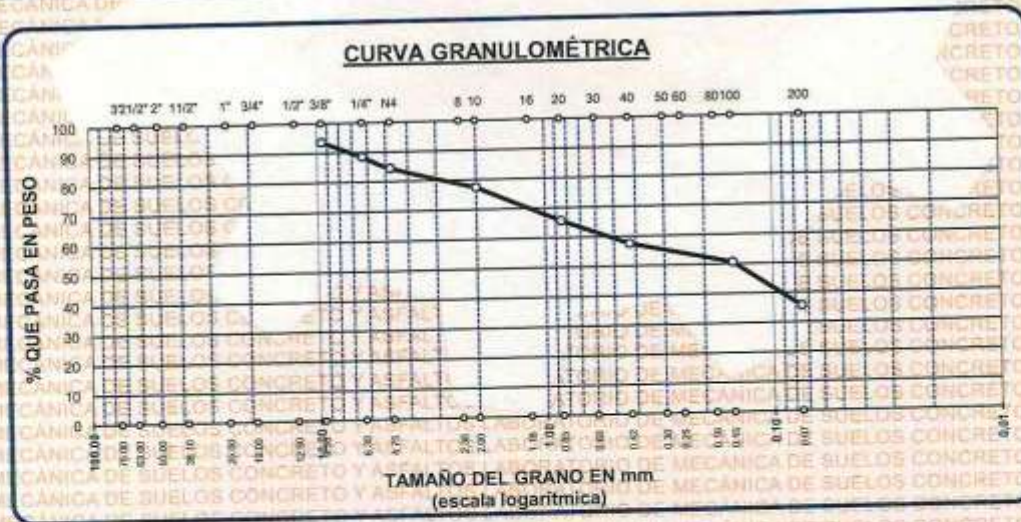
TAMAÑO MÁXIMO:
DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
P.L.= 800.00
P.L.= 516.46
P.P.= 283.54
%w= 4.93

LIMITES DE CONSISTENCIA:
L.L.= 39.11
L.P.= 17.36
I.P.= 21.75

CARACT. GRANULOMÉTRICAS:
D10= --- Cu= ---
D30= --- Cc= ---
D60= 0.55

CLASIFICACIÓN:
I.G. = :
SUCS SC
ASSTHO : A-2-6

OBSERVACIONES:



NOTA: LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN LABORATORIO POR EL SOLICITANTE

UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO M.S.C.A. INVESTIGACIÓN
Mtro. Arnoldo Tano Torres
C.I.P. 013257



PROYECTO
SOLICITANTE
LUGAR
MUESTRA
FECHA

UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



MEJORAMIENTO ESTRUCTURAL EN LA CONSTRUCCIÓN DE OBRAS VALES UTILIZANDO LA CAPACIDAD PORTANTE ADMISIBLE DEL SUELO EN EL DISTRITO DE SAN MIGUEL
Bach: CARLOS MARTIR PAYEHUANCA CHUQUIMALLCO
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS
CALICATA 4 - MUESTRA 4
10 DE SETIEMBRE DEL 2024.

CONTENIDO DE HUMEDAD ASTM - D - 2216 - MTC - E 108

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	326.10
SUELO SECO + TARRO	gr	313.12
PESO DEL TARRO	gr	51.00
PESO DEL AGUA	gr	12.98
PESO DEL SUELO SECO	gr	262.12
HUMEDAD %	%	4.95

LÍMITE LÍQUIDO - LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD ASTM - D424 D-4318 AASHTO - T90

LÍMITE LÍQUIDO				LÍMITE PLÁSTICO		
TARRO N°		T-04	T-10	T-19	T-14	T-15
SUELO HUMEDO + TARRO	gr	25.45	29.20	30.03	8.45	9.15
SUELO SECO + TARRO	gr	24.53	26.45	27.19	8.10	8.36
PESO DEL TARRO	gr	21.20	21.20	21.20	4.11	4.11
PESO DEL AGUA	gr	0.92	2.75	2.84	0.35	0.79
PESO DEL SUELO SECO	gr	3.33	5.25	5.99	3.99	4.25
HUMEDAD %	%	27.63	52.38	47.41	8.77	18.59
N° DE GOLPES	-	30	20	15		

LÍMITE LÍQUIDO % : 41.27

LÍMITE PLÁSTICO % : 13.68

ÍNDICE PLÁSTICO % : 27.59

$$LL = W_n * (N/25)^{0.121}$$

Donde:

LL = Límite Líquido

W_n = Contenido de Humedad Promedio (%)

N = Número de Golpes



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FICP - CAP INGENIERÍA CIVIL

Mgtr. *Arnoldo Yana Torres*
CIP 103257



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D422)

PROYECTO: MEJORAMIENTO ESTRUCTURAL EN LA CONSTRUCCIÓN DE OBRAS VIALES UTILIZANDO LA CAPACIDAD PORTANTE ADMISIBLE DEL SUELO EN EL DISTRITO DE SAN MIGUEL

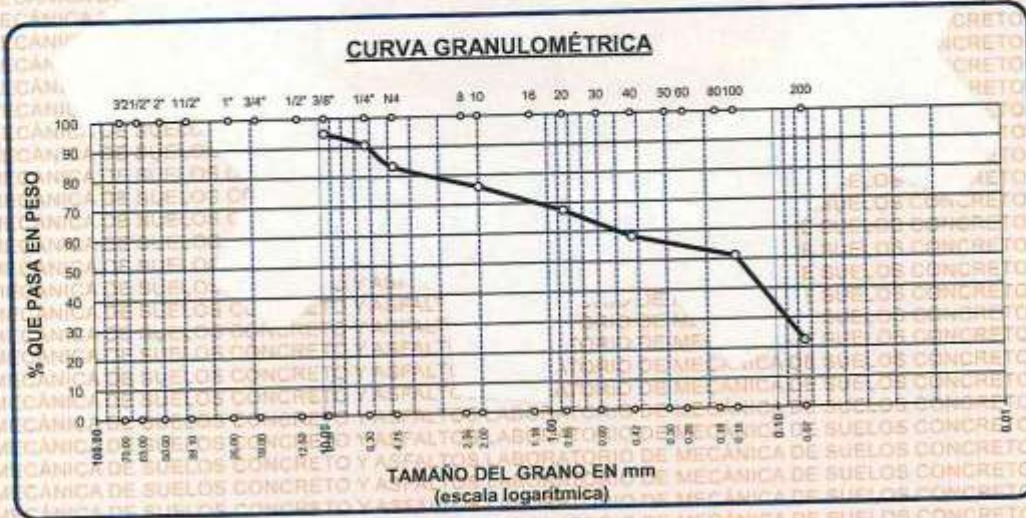
SOLICITANTE: Bach. CARLOS MARTIN PAYEHUANCA CHUQUIMALLCO

LUGAR: LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

MUESTRA: CALICATA 5 - MUESTRA 5

FECHA: 11 DE SETIEMBRE DEL 2024

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF.	TAMAÑO MÁXIMO DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
3"	75.000						P.L.= 800.00
2 1/2"	63.000						P.L.= 621.45
2"	50.000						P.P.= 178.55
1 1/2"	38.100						%w= 4.93
1"	25.000						LIMITES DE CONSISTENCIA:
3/4"	19.000						L.L.= 39.11
1/2"	12.500						L.P.= 17.36
3/8"	9.500	41.36	5.17	5.17	94.83		L.P.= 21.75
1/4"	6.300	32.26	4.03	9.20	90.80		
No4	4.750	59.54	7.44	16.65	83.36		CARACT. GRANULOMÉTRICAS:
No8	2.360						D10= — Cu= —
No10	2.000	59.26	7.41	24.06	75.95		D30= 0.095 Cc= —
No16	1.180						
No20	0.850	66.52	8.57	32.62	67.38		
No30	0.600						CLASIFICACIÓN:
No40	0.425	74.26	9.28	41.90	58.10		I.G. = :
No 50	0.300						SUCS SC
No60	0.250						ASSHTO : A-2-6
No80	0.180						
No100	0.150	56.25	7.03	48.93	51.07		OBSERVACIONES:
No200	0.075	230.00	28.75	77.68	22.32		
BASE		178.55	22.32	100.00	0.00		
TOTAL		800.00	100.00				
% PERDIDA			22.32				



NOTA : LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN LABORATORIO POR EL SOLICITANTE

UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
EYCP - CARR. INGENIERÍA CIVIL

Laboratorio N.S.C.A. (SUELOS)

Metr. *Arnoldo Yana Torres*
103257



PROYECTO
SOLICITANTE
LUGAR
MUESTRA
FECHA

UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



MEJORAMIENTO ESTRUCTURAL EN LA CONSTRUCCIÓN DE OBRAS VIALES UTILIZANDO LA CAPACIDAD PORTANTE ADMISIBLE DEL SUELO EN EL DISTRITO DE SAN MIGUEL
Bach: CARLOS MARTIR PAYEHUANCA CHUQUIMALLCO
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS
CAUCATÁ 5 - MUESTRA 5
11 DE SEPTIEMBRE DEL 2024

CONTENIDO DE HUMEDAD ASTM - D - 2216 - MTC - E 108

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	355.45
SUELO SECO + TARRO	gr	314.13
PESO DEL TARRO	gr	51.00
PESO DEL AGUA	gr	41.32
PESO DEL SUELO SECO	gr	263.13
HUMEDAD %	%	15.70

LÍMITE LIQUIDO - LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD ASTM - D424 D-4318 AASHTO - T90

LÍMITE LIQUIDO				LÍMITE PLÁSTICO		
TARRO N°		T-04	T-10	T-19	T-14	T-15
SUELO HUMEDO + TARRO	gr	48.32	49.35	49.3	12.91	12.26
SUELO SECO + TARRO	gr	43.22	43.81	43.8	11.55	11.36
PESO DEL TARRO	gr	30.13	30.13	30.13	6.30	6.48
PESO DEL AGUA	gr	5.10	5.54	5.50	1.36	0.90
PESO DEL SUELO SECO	gr	13.09	13.68	13.67	5.25	4.86
HUMEDAD %	%	38.96	40.50	40.23	25.90	18.44
N° DE GOLPES	-	27	20	14		

LÍMITE LIQUIDO % : 38.75

LÍMITE PLASTICO % : 22.17

ÍNDICE PLÁSTICO % : 16.58

$LL = W_n * (N/25)^{0.121}$
Donde:
LL = Límite Líquido
Wn = Contenido de Humedad Promedio (%)
N = Número de Golpes



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FICP - CIVIL INGENIERÍA CIVIL

Mgr. Arnaldo Yano Torres
C.P. 103257



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

ASTM D-698 D-1557 AASHTO T-99 T-180

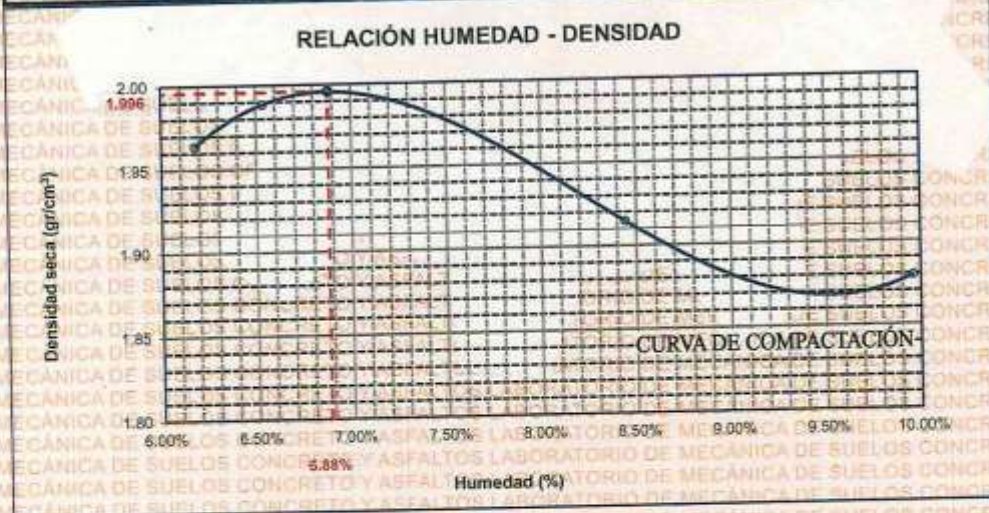
TESIS	MEJORAMIENTO ESTRUCTURAL EN LA CONSTRUCCIÓN DE OBRAS VIALES UTILIZANDO LA CAPACIDAD PORTANTE ADMISIBLE DEL SUELO EN EL DISTRITO DE SAN MIGUEL
SOLICITANTE	Bach. CARLOS MARTIN PAYEHUANCA CHUQUIMALLCO
LUGAR	LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS
MUESTRA	CALICATA 1 - MUESTRA 1
FECHA	16 DE SETIEMBRE DEL 2024

MOLDE No	:	1	VOLUMEN DEL MOLDE	:	2126 cm ³
No DE CAPAS	:	5	GOLPES POR CAPA	:	25 golpes

Peso Suelo Humedo + Molde	gr.	10448	10429	10408	10519
Peso del Molde	gr.	6015	6015	6015	6015
Peso del Suelo Humedo	gr/cm ³	4433	4414	4393	4504
Densidad del Suelo Humedo	gr/cm ³	2.085	2.076	2.086	2.119

Capítulo No	No	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
Suelo Humedo + Capsula	gr.	323.00	338.55	291.24	301.13	334.24	270.25	334.35	290.38
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	306.56	321.36	270.06	285.54	307.11	248.80	321.24	270.25
Peso del Agua	gr.	16.42	18.19	21.18	19.59	27.13	21.45	13.11	20.10
Peso de la Capsula	gr.	34.00	34.00	34.00	34.00	34.00	34.00	34.00	34.00
Peso del Suelo Seco	gr.	272.56	287.36	236.06	247.54	273.11	214.80	287.34	236.25
% de Humedad	%	6.02%	6.33%	8.97%	7.91%	9.93%	9.99%	4.50%	8.51%
Promedio de Humedad	%	6.18%		8.44%		9.96%		6.94%	
Densidad del Suelo Seco	%	1.964		1.915		1.879		1.989	

METODO:	ASTM D - 1557 MODIFICADO "C"	MAXIMA DENSIDAD SECA	:	1.996 gr/cm ³
		HUMEDAD OPTIMA	:	6.88%



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FICP - CIVIL INGENIERÍA CIVIL

Dr. Arnaldo Yana Torres
C.I. 103257



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
 FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



RELACION HUMEDAD - DENSIDAD PROCTOR

TESIS: MEJORAMIENTO ESTRUCTURAL EN LA CONSTRUCCIÓN DE OBRAS VIALES UTILIZANDO LA CAPACIDAD PORTANTE ADMISIBLE DEL SUELO EN EL DISTRITO DE SAN MIGUEL
SOLICITANTE: Bach. CARLOS MARTIR PAYEHUANCA CHUQUIMALLICO
LUGAR: LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS
MUESTRA: CALICATA 1 - MUESTRA 1
FECHA: 16 DE SETIEMBRE DEL 2024

MOLDE No	III		II		I	
	5	5	5	5	5	5
No DE CAPAS	12		25		56	
NUMERO DE GOLPES POR CAPA	SATURADO		SATURADO		SATURADO	
CONDICIONES DE LA MUESTRA	SIN SATURAR		SIN SATURAR		SIN SATURAR	

		III	II	I		
Peso Suelo Humedo + Molde	gr	11833	11417	11873	11595	12551
Peso del Molde	gr	7634	7634	7639	7639	8125
Peso del Suelo Humedo	gr	4199	3783	4234	3956	4426
Volumen del Suelo	cc	2104.81	2104.81	2101.91	2101.91	2096.50
Densidad del Suelo Humedo	gr/cc	1.995	1.797	2.014	1.882	2.111

		No	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO
Capsula No	No							
Suelo Humedo + Capsula	gr	66.03	76.12	64.50	87.34	62.87	91.96	
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr	56.38	70.51	56.49	80.29	59.62	84.61	
Peso del Agua	gr	8.64	5.61	8.01	7.06	3.25	7.35	
Peso de la Capsula	gr	24.44	23.52	20.72	27.66	21.02	24.03	
Peso del Suelo Seco	gr	31.95	46.99	35.77	52.63	38.80	60.58	
% de Humedad	%	27.04%	11.94%	22.38%	13.40%	8.42%	12.13%	
Promedio de Humedad	%	27.04%	11.94%	22.38%	13.40%	8.42%	12.13%	
Densidad del Suelo Seco	gr/cc	1.570	1.606	1.646	1.660	1.947	1.828	

EXPANSION

Fecha	Hora	Tiempo	Dial	Expansion		Dial	Expansion		Dial	Expansion	
				mm	%		mm	%		mm	%
18/09/2023	08:25 a.m.	0	11.18	0.00	0	8.50	0	0	10.71	0	0
19/09/2023	08:25 a.m.	24:00:00	13.06	1.88	1.61	9.48	0.98	0.84	11.63	0.89	0.76
20/09/2023	08:25 a.m.	48:00:00	13.16	2.00	1.71	9.59	1.09	0.93	11.67	0.96	0.82
21/09/2023	08:25 a.m.	72:00:00	13.22	2.04	1.74	9.63	1.13	0.97	11.70	0.99	0.85
22/09/2023	08:25 a.m.	96:00:00	13.24	2.06	1.76	9.70	1.20	1.03	11.72	1.01	0.88

PENETRACION

Penetración mm	Tiempo	Carga Est.	12 GOLPES				25 GOLPES				56 GOLPES			
			Dial	Kg	Kg/cm2	Comec.	Dial	Kg	Kg/cm2	Comec.	Dial	Kg	Kg/cm2	Comec.
0.00	0:00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00		
0.63	00:30		0.18	25.90	1.34		2.35	35.11	1.81		18.62	104.16	5.38	
1.27	01:00		12.62	78.70	4.07		21.62	116.90	6.04		35.62	176.32	9.11	
1.91	01:30		28.65	146.73	7.59		43.32	217.48	11.24		45.62	219.76	11.31	
2.54	02:00	70.31	38.65	189.18	9.78	13.91	65.62	303.65	15.70	22.32	83.81	383.96	19.89	
3.81	03:00		49.68	235.99	12.20		83.62	380.05	19.65		98.62	443.72	22.94	
5.09	04:00	105.00	68.65	316.51	16.36	15.58	95.62	430.98	22.28	21.22	105.62	473.43	24.47	
6.35	05:00		82.65	375.93	19.43		102.35	459.55	23.76		115.32	514.60	26.60	
7.62	06:00		95.62	430.88	22.28		118.62	528.80	27.33		132.65	588.15	30.40	
8.84	07:00		98.65	448.09	23.16		125.62	556.32	28.86		148.65	656.06	33.91	
10.16	08:00		111.02	498.35	25.66		145.02	640.96	33.12		162.35	714.21	36.92	

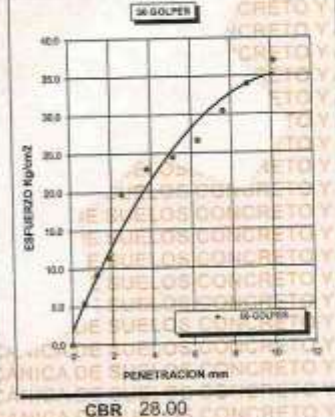
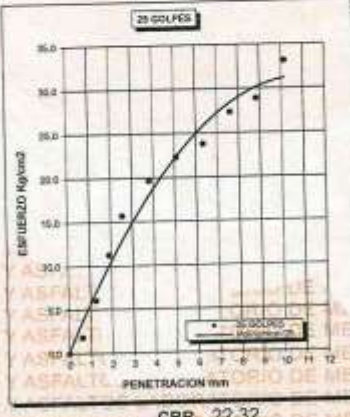
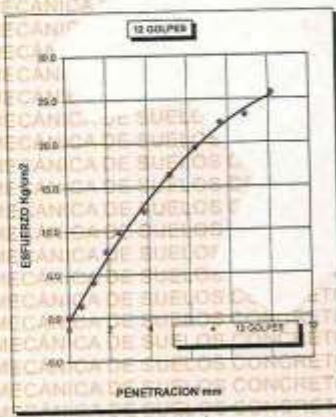
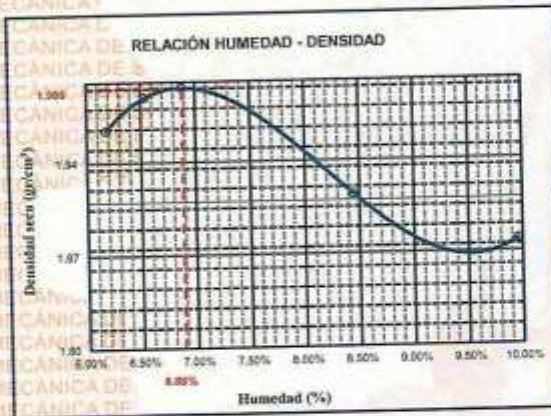
UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
 FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS
 Matr. Arnaldo Yano Torres
 CIP 103257



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



PROYECTO	MEJORAMIENTO ESTRUCTURAL EN LA CONSTRUCCIÓN DE OBRAS VIALES UTILIZANDO LA CAPACIDAD PORTANTE ADMISIBLE DEL SUELO EN EL DISTRITO DE SAN MIGUEL	METODO DE COMPACTACIÓN ASTM D1557-91	
SOLICITADO	Bach. CARLOS MARTIN PAYEHUANCA CHUQUIMALLCO	MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm³)	1.996
LUGAR	LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS	HUMEDAD OPTIMA (%)	6.88%
MUESTRA	SUELO NATURAL - CALICATA - M1	CBR AL 100 DE M.D.S. (%)	28.00
FECHA	16 DE SETIEMBRE DEL 2024	CBR AL 95% DE M.D.S. (%)	17.00
		CLASIFICACIÓN :	CL
		AASHTO :	A-2
		EMBEBIDO :	4 DIAS



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FICP - CAP. INGENIERÍA CIVIL

Mtro. Arnaldo Iano Torres
C.P. 103257



ANEXO 1
FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN

AUTORIZACIÓN PARA LA INCORPORACIÓN DE LOS
TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN
EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL UANCV

Formato digital

Fecha de entrega: 10-12-2024

1. Datos del autor (es):

Nombres y Apellidos: CARLOS MARTIR PAYEHUANCA CHUQUIMALLCO

Dirección: Jr. ALEMANIA S/N

DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: 47199613

Teléfono: 977 669 580 email: c.payehuancach@gmail.com

Nombres y Apellidos: _____

Dirección: _____

DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: _____

Teléfono: _____ email: _____

Facultad y/o Escuela de Posgrado: INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

Escuela Profesional o Mención: INGENIERÍA CIVIL

Título o Grado Académico a optar: TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

Asesor: Dr. EFRAIN PARILLO SOSA

Esta obra se encuentra dentro de las siguientes denominaciones:

Trabajo de Investigación Tesis Trabajo de Suficiencia Profesional Trabajo Académico

Título: MEJORAMIENTO ESTRUCTURAL EN LA CONSTRUCCIÓN DE OBRAS VIALES UTILIZANDO LA
CAPACIDAD PORTANTE ADMISIBLE DEL SUELO EN EL DISTRITO DE SAN MIGUEL

Palabras claves, (3 a 5 términos): MEJORAMIENTO, OBRAS VIALES, CAPACIDAD PORTANTE

¿Esta obra se desarrolló en la UANCV ^{1,2}?
1

¹ Indicar si su producción intelectual ha empleado recursos tales como, instalaciones, laboratorios, insumos, equipos, bases de datos, asesoría técnica por parte del personal de la UANCV, financiamiento, entre otros relacionados.

² Si su producción intelectual se desarrolló en la UANCV totalmente o parcialmente, deberá autorizar el depósito en el Repositorio de manera obligatoria.



2. Referencia de tesis:

- Bachiller
 Título
 2da Especialidad
 Maestría
 Doctorado

3. Licencias:

a) Licencia estándar:

Bajo los siguientes términos, autorizo el depósito de mi tesis en el Repositorio Digital de la UANCV.

Con la autorización de depósito de mi producción Intelectual, otorgo a la Universidad Andina "Néstor Cáceres Velásquez" una licencia no exclusiva para reproducir, distribuir, comunicar al público, transformar (únicamente mediante su traducción a otros idiomas) y poner a disposición del público mi producción intelectual (incluido el resumen), en formato físico o digital, en cualquier medio, conocido o por conocerse, a través de los diversos servicios por la Universidad, creados o por crearse, tales como el Repositorio Digital de tesis UANCV, colección de producción intelectual, entre otros, en el Perú y en el extranjero por el tiempo y veces que considere necesarias, y libres de remuneraciones.

En virtud de dicha licencia, la Universidad Andina "Néstor Cáceres Velásquez" podrá reproducir mi producción intelectual en cualquier tipo de soporte y en más de un ejemplar, sin modificar su contenido, solo con propósitos de seguridad, respaldo y preservación.

Declaro que la producción intelectual es una creación de mi autoría y exclusiva titularidad, coautoría con titularidad compartida, y me encuentro facultado a conceder la presente licencia y, asimismo, garantizo que dicha producción intelectual no infringe derechos de autor de terceras personas.

La Universidad Andina "Néstor Cáceres Velásquez" consignará el nombre del y/o los autor(es) de la producción intelectual, y no le hará ninguna modificación más que la permitida en la licencia.

Autorizo su publicación (marque con una X)

- Sí, autorizo que se deposite inmediatamente.
- Sí, autorizo que se deposite a partir de la fecha (d/m/a): _____
- No autorizo.

b) Licencia CREATIVE COMMONS 4.0 INTERNACIONAL:

Si usted concede una licencia CREATIVE COMMONS sobre su producción intelectual, mantiene la titularidad de los derechos de autor de esta y, a la vez, permite que otras personas puedan reproducirla, comunicarla al público y distribuir ejemplares de esta, bajo las condiciones siguientes:

¿Quiere permitir usos comerciales de su producción intelectual?

Sí: significa que usted permite la reproducción, distribución y comunicación pública de la producción intelectual incluso con fines comerciales.

No: significa que usted permite la reproducción, y comunicación pública de la producción intelectual, pero sin fines comerciales.

- Sí autorizo
- No autorizo



Jurisdicción de su Licencia

Todas las licencias CREATIVE COMMONS son de ámbito mundial, sin embargo, usted puede elegir entre la opción "internacional" o una adaptada a su jurisdicción, como para el caso peruano.

La opción "internacional" emplea el lenguaje y la terminología de los tratados internacionales; en cambio, la adaptada a su jurisdicción, recoge las particularidades de la legislación peruana.

En consecuencia, la opción "internacional" goza de una mayor eficacia a nivel mundial, gracias a que tiene jurisdicción neutral. Mientras que la opción adaptada a la jurisdicción del Perú goza de una mayor eficacia ante los tribunales peruanos.

Internacional

Nacional

Línea de investigación: TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN - P17

Firma de Autor



huella digital

10-12-2024

Fecha