

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



UNS
UNIVERSIDAD
NACIONAL DEL SANTA

**“Comportamiento de la subrasante de la carretera San Blas al adicionar
cal y ceniza de coronta de maíz, Macate -2023”**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO CIVIL**

Autores:

Bach. Montoro Ramírez, Yocelin
Bach. Narvaez Rodriguez, Beatriz Rosmery

Asesor:

Ms. Álvarez Asto, Luz Esther
DNI. N°32968961
Código ORCID: 0000-0001-9050-7611

Nuevo Chimbote - Perú
2024

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



UNS
UNIVERSIDAD
NACIONAL DEL SANTA

**“Comportamiento de la subrasante de la carretera San Blas al
adicionar cal y ceniza de coronta de maíz, Macate -2023”**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO CIVIL**

REVISADO Y APROBADO POR:

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Luz', is positioned above a horizontal line.

Ms. Álvarez Asto, Luz Esther

Asesora

DNI. N°32968961

Código ORCID: 0000-0001-9050-7611

NUEVO CHIMBOTE - PERÚ
2024

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



UNS
UNIVERSIDAD
NACIONAL DEL SANTA

**“Comportamiento de la subrasante de la carretera San Blas al
adicionar cal y ceniza de coronta de maíz, Macate -2023”**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO CIVIL**

REVISADO Y APROBADO POR:

Dr. León Bobadilla, Abner Itamar

Presidente

DNI. N°32942184

Código ORCID: 0000-0003-2948-6591

Ms. Rivasplata Díaz, Julio César
Secretario

DNI. N°32770844

Código ORCID: 0000-0002-4180-9362

Ms. Alvarez Asto, Luz Esther
Integrante

DNI. N°32968961

Código ORCID: 0000-0001-9050-7611



UNS
UNIVERSIDAD
NACIONAL DEL SANTA

FACULTAD DE INGENIERÍA
Escuela Profesional de Ingeniería Civil
- EPIC -

ACTA DE SUSTENTACIÓN INFORME FINAL DE TESIS

A los 11 días del mes de noviembre del año dos mil veinticuatro, siendo las 09: 00 horas, en el Laboratorio de Topografía del edificio de Ingeniería Civil, se instaló el Jurado Evaluador designado mediante T. Resolución N° 658-2024-UNS-CFI, con fecha 14.10.2024, integrado por los siguientes docentes: Dr. Abner Itamar León Bobadilla (Presidente), Ms. Julio César Rivasplata Díaz (Secretario), Ms. Luz Esther Álvarez Asto (Integrante), Dra. Jenisse del Rocío Fernández Mantilla (Accesitaria) en base a la Resolución Decanal N° 721-2024-UNS-FI se da inicio la sustentación de la Tesis titulada: "COMPORTAMIENTO DE LA SUBRASANTE DE LA CARRETERA SAN BLAS AL ADICIONAR CAL Y CENIZA DE CORONTA DE MAÍZ, MACATE - 2023", presentado por los Bachilleres: MONTORO RAMÍREZ YOCELIN con cód. N° 0201713055 y NARVÁEZ RODRÍGUEZ BEATRIZ ROSMERY con cód. 0201713047, quienes fueron asesorados por la docente Ms. Luz Esther Álvarez Asto según lo establece la T. Resolución Decanal N° 038 -2023-UNS-FI, de fecha 20.01.2023.

El Jurado Evaluador, después de deliberar sobre aspectos relacionados con el trabajo, contenido y sustentación del mismo, y con las sugerencias pertinentes en concordancia con el Reglamento General para Obtener el Grado Académico de Bachiller y el Título Profesional en la Universidad Nacional del Santa, declaran:

BACHILLER	PROMEDIO VIGESIMAL	PONDERACIÓN
MONTORO RAMÍREZ YOCELIN	18	BUENO

Siendo las 10.00 horas del mismo día, se dio por terminado el acto de sustentación, firmando la presente acta en señal de conformidad.

Nuevo Chimbote, 11 de noviembre de 2024.



Dr. Abner Itamar León Bobadilla
Presidente



Ms. Julio César Rivasplata Díaz
Secretario



Ms. Luz Esther Álvarez Asto
Integrante



UNS
UNIVERSIDAD
NACIONAL DEL SANTA

FACULTAD DE INGENIERÍA
Escuela Profesional de Ingeniería Civil
- EPIC -

ACTA DE SUSTENTACIÓN INFORME FINAL DE TESIS

A los 11 días del mes de noviembre del año dos mil veinticuatro, siendo las 09: 00 horas, en el Laboratorio de Topografía del edificio de Ingeniería Civil, se instaló el Jurado Evaluador designado mediante T. Resolución N° 658-2024-UNS-CFI, con fecha 14.10.2024, integrado por los siguientes docentes: Dr. Abner Itamar León Bobadilla (Presidente), Ms. Julio César Rivasplata Díaz (Secretario), Ms. Luz Esther Álvarez Asto (Integrante), Dra. Jenisse del Rocío Fernández Mantilla (Accesitaria) en base a la Resolución Decanal N° 721-2024-UNS-FI se da inicio la sustentación de la Tesis titulada: "COMPORTAMIENTO DE LA SUBRASANTE DE LA CARRETERA SAN BLAS AL ADICIONAR CAL Y CENIZA DE CORONTA DE MAÍZ, MACATE - 2023", presentado por los Bachilleres: MONTORO RAMÍREZ YOCELIN con cód. N° 0201713055 y NARVÁEZ RODRÍGUEZ BEATRIZ ROSMERY con cód. 0201713047, quienes fueron asesorados por la docente Ms. Luz Esther Álvarez Asto según lo establece la T. Resolución Decanal N° 038 -2023-UNS-FI, de fecha 20.01.2023.

El Jurado Evaluador, después de deliberar sobre aspectos relacionados con el trabajo, contenido y sustentación del mismo, y con las sugerencias pertinentes en concordancia con el Reglamento General para Obtener el Grado Académico de Bachiller y el Título Profesional en la Universidad Nacional del Santa, declaran:

BACHILLER	PROMEDIO VIGESIMAL	PONDERACIÓN
NARVÁEZ RODRÍGUEZ BEATRIZ ROSMERY	18	BUENO

Siendo las 10.00 horas del mismo día, se dio por terminado el acto de sustentación, firmando la presente acta en señal de conformidad.

Nuevo Chimbote, 11 de noviembre de 2024.

Dr. Abner Itamar León Bobadilla
Presidente

Ms. Julio César Rivasplata Díaz
Secretario

Ms. Luz Esther Álvarez Asto
Integrante

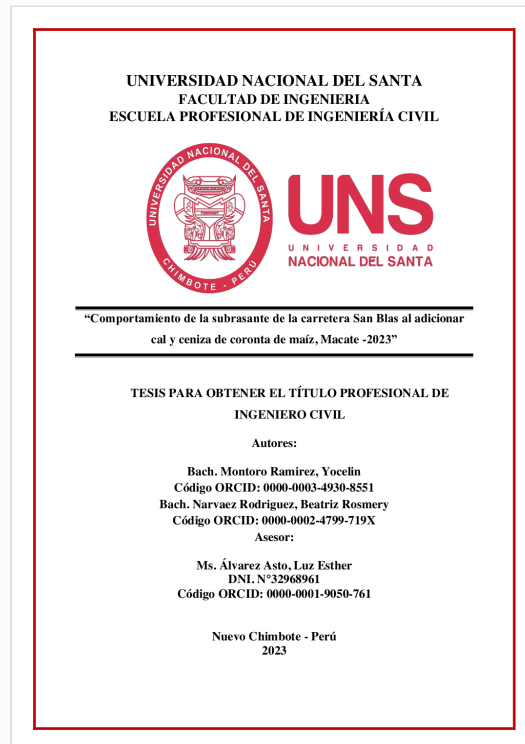


Recibo digital

Este recibo confirma que su trabajo ha sido recibido por Turnitin. A continuación podrá ver la información del recibo con respecto a su entrega.

La primera página de tus entregas se muestra abajo.

Autor de la entrega: NARVAEZ RODRIGUEZ Montoro Ramirez
Título del ejercicio: investigacion
Título de la entrega: Comportamiento de la subrasante de la carretera San Blas a...
Nombre del archivo: TESIS_MONTORO-_NARVAEZ.pdf
Tamaño del archivo: 2.83M
Total páginas: 122
Total de palabras: 30,027
Total de caracteres: 134,829
Fecha de entrega: 29-sept.-2024 07:35p. m. (UTC-0500)
Identificador de la entrega... 2469425288



Comportamiento de la subrasante de la carretera San Blas al adicionar cal y ceniza de coronta de maíz, Macate -2023"

INFORME DE ORIGINALIDAD

23%

INDICE DE SIMILITUD

23%

FUENTES DE INTERNET

4%

PUBLICACIONES

10%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.uandina.edu.pe Fuente de Internet	7%
2	hdl.handle.net Fuente de Internet	5%
3	repositorio.uns.edu.pe Fuente de Internet	4%
4	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	1%
5	Submitted to Universidad Andina del Cusco Trabajo del estudiante	1%
6	www.coursehero.com Fuente de Internet	<1%
7	pdfcookie.com Fuente de Internet	<1%
8	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	<1%
9	repositorio.unj.edu.pe Fuente de Internet	



DEDICATORIA

A Dios, ya que gracias a él pude llegar a este momento tan especial de mi vida donde he logrado concluir mi carrera. Por llenarme de fuerzas para vencer todos los obstáculos, seguir adelante superándome cada día.

A mis padres, Américo y Llely por su esfuerzo día a día, por demostrar que con esfuerzo y amor a la familia se cumplen las metas.

A mi hermana, Ana por ser mi compañera de vida y estar en cada momento del día dispuesta a ayudarme y a mi hermano, Adrián por ser el motivo por el cual me esfuerzo cada día para ser mejor.

Yocelin Montoro Ramírez



DEDICATORIA

A mis padres, a Rosmery por su apoyo constante, por ayudarme a cumplir mis metas y ser mi soporte; a Orlando, por velar día a día por mí y esforzarse para siempre darme lo mejor.

A mi hermano, Jhonatan por brindarme consejos y enseñarme en temas que se me hacían difícil comprender.

A Bangtan, por enseñarme que todos los sueños y metas se pueden cumplir a base de dedicación y esfuerzo, y por ayudarme a ser perseverante y continuar con mi vida y estudios a pesar de lo difícil que sea.

Beatriz Rosmery Narvaez Rodríguez



AGRADECIMIENTO

En primer lugar, a Dios, por darnos salud y sabiduría para superar los momentos difíciles que se presentan en nuestra vida, y por habernos guiado durante todo este tiempo.

A nuestra familia; por estar siempre a nuestro lado y motivándonos para lograr nuestras metas, y también por brindarnos sus sabios consejos.

A nuestra asesora Ms. Luz Esther Álvarez Asto, por su contribución y apoyo incondicional, por habernos guiado e instruirnos durante el proceso de elaboración de nuestro Informe de Tesis.



Índice general

1. CAPITULO I: INTRODUCCION	16
1.1. Descripción del problema.....	16
1.2. Formulación del problema	17
1.2.1. Problema general	17
1.2.2. Problemas específicos.....	17
1.3. Objetivos de la investigación	18
1.3.1. Objetivo general.....	18
1.3.2. Objetivos específicos	18
1.4. Hipótesis de la investigación.....	18
1.5. Justificación e importancia de la investigación.....	18
1.5.1. Justificación técnica	18
1.5.2. Justificación social	19
1.5.3. Justificación económica	19
1.5.4. Justificación por relevancia.....	19
1.6. Limitaciones de la investigación	20
1.6.1. Limitación geográfica	20
1.6.2. Limitación técnica.....	20
1.6.3. Limitación social.....	21
1.6.4. Limitación de información.....	21
2. CAPITULO II: MARCO TEÓRICO.....	23
2.1. Antecedentes	23
2.2. Marco conceptual	26
2.2.1. Suelos.....	26
2.2.2. Caminos de acceso	29
2.2.3. Subrasante	30
2.2.4. Estabilización de suelos	31



2.2.5.	Cal.....	32
2.2.6.	Cenizas de mazorca de maíz.....	33
2.2.7.	Ensayos fundamentales.....	35
3.	CAPITULO III: METODOLOGÍA.....	48
3.1.	Enfoque de investigacion.....	48
3.2.	Método de investigación.....	48
3.2.1.	Tipo de investigación.....	48
3.2.2.	Nivel de investigación.....	48
3.3.	Diseño de la investigación.....	49
3.4.	Población.....	50
3.5.	Muestra y muestreo.....	51
3.6.	Operacionalización de variables.....	53
3.6.1.	Variables de estudio.....	53
3.6.2.	Matriz de consistencia.....	53
3.6.3.	Matriz de operacionalización de variables.....	55
3.7.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	56
3.7.1.	Derminar las propiedades físicas y mecánicas de la subrasante de la carretera de acceso san blas, distrito de macate, santa, ancash.....	56
3.7.2.	Determinar las propiedades físicas y mecánicas de la subrasante de la zona de estudio, al adicionar cal y ceniza de coronta de maíz en los porcentajes de 3%, 5% y 8%. 56	
3.7.3.	Evaluar la variación entre el índice cbr de la subrasante de la zona de estudio, con y sin adición cal y ceniza de coronta de maíz.....	57
3.7.4.	Realizar un tramo de prueba para observar el comportamiento de la subrasante al adicionar cal y ceniza de coronta de maíz.....	57
3.7.5.	Procedimientos para recoleccion de datos.....	58
3.7.5.1	ensayos ejecutados en campo.....	58
3.7.5.2	ensayos ejecutados en laboratorio.....	60



3.7.5.3	ensayos para el tramo de prueba	91
3.8	metodo de analisis de datos.....	94
4.	CAPITULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN	97
4.1.	Resultados	97
4.1.1.	Propiedades físicas y mecánicas de la subrasante.....	97
4.1.2.	Propiedades físicas y mecánicas de la subrasante al adicionar cal y ceniza de coronta de maíz en los porcentajes de 3%, 5% y 8%.....	110
4.1.3.	Variacion entre el índice cbr de la subrasante con y sin adición de cal y ccm	116
4.1.4.	Comportamiento del tramo de prueba.....	117
4.1.5.	Contraste de hipótesis	118
4.2.	Discusiones.....	120
5.	CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	129
5.1.	Conclusiones	129
5.2.	Recomendaciones.....	130
6.	CAPÍTULO VI: REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	133
7.	CAPÍTULO VII: ANEXOS	138



Índice de tablas

Tabla 1. Categorías de la Subrasante	31
Tabla 2. Composición mineralógica de la ceniza de coronta de maíz	34
Tabla 3. Clasificación de suelos según Tamaño de partículas	35
Tabla 4. Serie de mallas para tamices	36
Tabla 5. Clasificación de suelos según el Índice de Plasticidad.	38
Tabla 6. Clasificación de suelos según el Índice de Grupo	41
Tabla 7. Correlación de tipos de suelos ASHTO - SUCS.....	42
Tabla 8. Prefijos y sufijos de SUCS.....	43
Tabla 9. Nombres típicos de los materiales SUCS	43
Tabla 10. Calicatas tomadas de la Carretera San Blas.....	51
Tabla 11. Cantidad de Ensayos para el suelo de la subrasante para la investigación	52
Tabla 12. Matriz de Consistencia.....	54
Tabla 13. Matriz de Operacionalización de Variable	55
Tabla 14. Ubicación de Calicatas en la Vía de Acceso a la Carretera de San Blas	58
Tabla 15. Tomas de Datos del Ensayo de Contenido de Humedad a la Subrasante	61
Tabla 16. Toma de datos para el Ensayo de Granulometría	63
Tabla 17. Toma de Datos de la Subrasante para el Ensayo de Limite Liquido%	66
Tabla 18. Toma de Datos de la SN+3%(CAL+CCM) para el Ensayo de Limite Liquido% ...	67
Tabla 19. Toma de Datos de la SN+5%(CAL+CCM) para el Ensayo de Limite Liquido% ...	68
Tabla 20. Toma de Datos de la SN+8%(CAL+CCM) para el Ensayo de Limite Liquido% ...	69
Tabla 21. Toma de Datos de la Subrasante para el Ensayo de Limite Plástico%	71
Tabla 22. Toma de Datos de la SN+3%(CAL+CCM) para el Ensayo de Limite Plástico% ...	72
Tabla 23. Toma de Datos de la SN+5%(CAL+CCM) para el Ensayo de Limite Plástico% ...	73
Tabla 24. Toma de Datos de la SN+8%(CAL+CCM) para el Ensayo de Limite Plástico% ...	74



Tabla 25. Toma de Datos de la Subrasante para el Ensayo de Proctor Modificado	77
Tabla 26. Toma de Datos de la SN+3%(CAL+CCM) para el Ensayo de Proctor Modificado	79
Tabla 27. Toma de Datos de la SN+5%(CAL+CCM) para el Ensayo de Proctor Modificado	81
Tabla 28. Toma de Datos de la SN+8%(CAL+CCM) para el Ensayo de Proctor Modificado	83
Tabla 29. Toma de Datos de la Subrasante para el Ensayo de CBR	87
Tabla 30. Toma de Datos de la SN+3%(CAL+CCM) para el Ensayo de CBR	88
Tabla 31. Toma de Datos de la SN+5%(CAL+CCM) para el Ensayo de CBR	89
Tabla 32. Toma de Datos de la SN+8%(CAL+CCM) para el Ensayo de CBR	90
Tabla 33. Toma de Datos para la Densidad de Campo por el método de Cono de Arena.....	93
Tabla 34. Resultados Clasificación SUCS y AASHTO.....	107
Tabla 35. Varianzas Desiguales en la Prueba de Hipótesis	119
Tabla 36. Resultados de la Prueba t Student para Dos muestras Suponiendo Varianzas Desiguales.....	119



Índice de figuras

Figura 1. Vía de Acceso a la Carretera San Blas, tramo km 0+000.00 – km1+500.00	20
Figura 2. Carta de plasticidad	39
Figura 3. Índice de Grupo	40
Figura 4. Carta de Plasticidad Ilustrada para suelos cohesivos	44
Figura 5. Gráfica de la curva contenido de humedad óptimo – densidad máxima.....	45
Figura 6. Esquema de diseño de la Investigación.....	50
Figura 7. Imagen Satelital de la Carretera San Blas del Distrito de Macate - Santa - Ancash	50
Figura 8. Enumeración de Calicatas para el Proyecto	51
Figura 9. Delimitación del tramo en estudio – Carretera San Blas.....	59
Figura 10. Perfil Estratigráfico del Tramo en Estudio.....	60
Figura 11. Resultados de Contenido de Humedad% - Subrasante.....	97
Figura 12. Curva granulométrica Calicata N°01.....	98
Figura 13. Curva Granulométrica Calicata C-02 / E-01	99
Figura 14. Curva Granulométrica Calicata C-02 / E-02	100
Figura 15. Curva Granulométrica Calicata C-03 / E-01	101
Figura 16. Curva Granulométrica Calicata C-03 / E-02	102
Figura 17. Curva Granulométrica Calicata C-04 / E-01	103
Figura 18. Resultados de Limite Liquido% - Subrasante	104
Figura 19. Resultados de Limite Plástico% - Subrasante	105
Figura 20. Resultados del Índice de Plasticidad% - Subrasante	106
Figura 21. Resultados Proctor Modificado - Subrasante	108
Figura 22. Resultados CBR – Subrasante	109
Figura 23. Resultados del Limite Liquido% adicionando a la subrasante Cal y CCM	110
Figura 24. Resultados del Limite Plástico% adicionando a la subrasante Cal y CCM	111



Figura 25. Resultados del Índice de Plasticidad% adicionando a la subrasante Cal y CCM 112

Figura 26. Resultados Proctor Modificado - MDS% al adicionar Cal y CCM..... 113

Figura 27. Resultados Proctor Modificado - OCH% al adicionar Cal y CCM..... 114

Figura 28. Resultados de CBR al 95%MDS al adicionar Cal y CCM..... 115

Figura 29. Variación del CBR al 95%MDS de la subrasante con y sin adición de Cal y CCM
..... 116

Figura 30. Resultado del Ensayo de Densidad de Campo In situ – Método Cono de Arena 117

Figura 31. Resultados de CBR al 95% MDS en la C-03 118



Índice de ecuaciones

Ecuación 1. Contenido de humedad.....	37
Ecuación 2. Índice de plasticidad.....	38
Ecuación 3. Índice de grupo.....	39



Resumen

La presente tesis propone una investigación cuasi experimental con el principal propósito de evaluar el comportamiento de la subrasante al adicionar cal y ceniza de coronta de maíz, demostrando que esta adición mejora las propiedades de la subrasante incrementando su capacidad de soporte. Esta investigación presenta la evaluación del comportamiento de la subrasante mediante el análisis de sus propiedades en estado natural SN, SN+3% (CCM y Cal), SN+5% (CCM y Cal), SN+8% (CCM y Cal), que contó con un total de 66 ensayos de laboratorio lo que nos permitió determinar a medida que se aumentó la dosificación de la mezcla de CCM y Cal se obtenía una mejora en las propiedades del suelo, observándose que la mezcla de 8% de cal y ceniza de coronta de maíz incrementa el valor del CBR en porcentaje mayor a las demás dosificaciones, ya que el valor del CBR aumenta de un 4% a 19%, es decir incrementa en un 15% del suelo natural. Finalmente, se realizó el tramo de prueba de la calicata N°03 utilizando la combinación más viable de SN + 2.5% Cal + 2.5% CCM, donde se determinó el grado de compactación mediante el ensayo de “Densidad de Campo” por el método de Cono de Arena, bajo la norma (ASTM D-1556).

PALABRAS CLAVE: Ceniza de coronta de maíz, Cal, Subrasante, comportamiento.



Abstract

This thesis proposes a quasi-experimental investigation with the main purpose of evaluating the behavior of the subgrade when adding lime and corn top ash, demonstrating that this addition improves the properties of the subgrade by increasing its support capacity. This research presents the evaluation of the behavior of the subgrade through the analysis of its properties in its natural state SN, SN+3% (CCM and Cal), SN+5% (CCM and Cal), SN+8% (CCM and Cal), which had a total of 66 laboratory tests, which allowed us to determine as the dosage of the mixture of CCM and Lime was increased, an improvement was obtained in the properties of the soil, observing that the mixture of 8% of lime and of corn crown increases the CBR value in a greater percentage than the other dosages, since the CBR value increases from 4% to 19%, that is, it increases by 15% of the natural soil. Finally, the test section of pit No. 03 was carried out using the most viable combination of SN + 2.5% Cal + 2.5% CCM, where the degree of compaction was determined through the “Field Density” test by the method of Sand Cone, under the standard (ASTM D-1556).

KEYWORDS: Corn top ash, Lime, Subgrade, behavior



CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN



1. CAPITULO I: INTRODUCCION

1.1. Descripción del problema

Según el Observatorio Nacional de Seguridad Vial del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC) y el reporte estadístico de la Superintendencia de Transportes Terrestre de personas, carga y mercancías (SUTRAN), una de las causas más frecuentes de los accidentes de tránsito en carreteras en el Perú, 2021, es el mal estado de las vías, esto debido muchas veces a la falta de estabilización de subrasante, cabe resaltar que si se tendría en cuenta los criterios básicos de diseño estructural de vías, las carreteras no se verían afectadas en la magnitud de crear accidentes con su uso regular.

Si bien sabemos el suelo arcilloso es uno de los agentes que afecta los criterios básicos de diseño estructural de las vías, particularmente de la subrasante. Este tipo de suelos al tener contacto con el agua incrementan su volumen, convirtiéndose en suelos casi en su totalidad impermeables. Esto ocurre debido a que poseen una capacidad portante y de drenaje, muy baja. Es por eso que al estar presente un suelo arcilloso en una vía, es necesario estabilizarlo con un aditivo que mejore su resistencia y contribuya al drenaje de la humedad que tiene el lugar, sin que incremente exageradamente el presupuesto.

De acuerdo a los estudios de mecánica de suelos en el CC. PP de San Blas, Distrito de Macate, Departamento de Ancash, realizados por el laboratorio “GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.” donde señala que el suelo de la carretera es de tipo A-2-4(0) según la clasificación ASHTO y según la clasificación SUCS es un suelo de tipo SP-SC, lo cual indica que está compuesto por arenas arcillosas mal graduadas. En base a este muestreo se evidencia que el suelo natural de la vía es expansivo e impermeable. Por ende, se considera como alternativa de estabilización la cal y la adición de cenizas volantes de coronta de maíz.

Se escogió como agente estabilizador a la coronta de maíz, para optimizar este producto, debido a que en el distrito de Macate se cultiva mucho el maíz, y hay un porcentaje alto de desperdicio



de la coronta de este mismo. Así también, este producto tiene la capacidad de absorción de humedad alta y su incorporación podría mejorar significativamente la estabilización de la subrasante.

Por esta razón, se evaluará el comportamiento del suelo tomado de la subrasante de la carretera de acceso a San Blas, Distrito de Macate, Provincia de Santa, Departamento de Ancash, buscando mejorar a través de la estabilización, su capacidad portante y de drenaje, agregando cal y ceniza de coronta de maíz a nivel de subrasante, respecto al suelo natural.

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema general

¿Cuál es el comportamiento de la subrasante de la carretera San Blas, al adicionar cal y ceniza de coronta de maíz?

1.2.2. Problemas específicos

- ¿Cómo son las propiedades físicas y mecánicas de la subrasante de la carretera de acceso San Blas, Distrito de Macate, Provincia del Santa, Departamento de Ancash?
- ¿Cuáles son las propiedades físicas y mecánicas de la subrasante de la zona en estudio, al adicionar Cal y Ceniza de coronta de maíz en los porcentajes de 3%, 5% y 8%?
- ¿Cuál es la variación entre el índice CBR de la subrasante de la zona en estudio, con y sin adición de Cal y Ceniza de coronta de maíz?
- ¿Cómo se comporta de la subrasante del tramo de prueba realizado al adicionar cal y ceniza de coronta de maíz?



1.3. Objetivos de la investigación

1.3.1. Objetivo general

Evaluar el comportamiento de la subrasante de la carretera San Blas al adicionar cal y ceniza de coronta de maíz, Macate-2023.

1.3.2. Objetivos específicos

- Determinar las propiedades físicas y mecánicas de la subrasante de la carretera de acceso San Blas, Distrito de Macate, Santa, Ancash.
- Determinar las propiedades físicas y mecánicas de la subrasante de la zona de estudio, al adicionar Cal y Ceniza de coronta de maíz en los porcentajes de 3%, 5% y 8%.
- Evaluar la variación entre el índice CBR de la subrasante de la zona de estudio, con y sin adición Cal y Ceniza de coronta de maíz.
- Realizar un tramo de prueba para observar el comportamiento de la subrasante al adicionar Cal y Ceniza de coronta de maíz.

1.4. Hipótesis de la investigación

“Al adicionar cal y ceniza de coronta de maíz 3%, 5% y 8% en la subrasante de la zona de estudio, el comportamiento es bueno ya que mejora la calidad en sus propiedades considerablemente”.

1.5. Justificación e importancia de la investigación

1.5.1. Justificación técnica

Esta investigación pertenece a la rama de Ingeniería Civil, por lo cual se tomará como guía el Reglamento Nacional de Edificaciones, en especial el capítulo: “CE.020 Estabilización de suelos y taludes”, puesto que nos muestra que el rango específico para estabilizar suelos arcillosos con cal, estará entre 2% y 8%, Así mismo, la ceniza de coronta de maíz, contiene minerales como Sílice, Magnesio, Aluminio y Calcio, lo cual favorece la estabilización de



suelos arcillosos, esto se debe a que su composición mineralógica es parecida a la cal hidratada que usaremos en la investigación.

1.5.2. Justificación social

Esta investigación se realizará en San Blas- Macate, y busca mejorar las propiedades físico-mecánicas de la subrasante de la carretera San Blas al adicionar cal y ceniza de coronta de maíz, de manera que cumpla con las exigencias y criterios que exige el MTC, y teniendo como fin principal, la satisfacción y mejora de la calidad de vida de los usuarios.

Otro de los fines que tiene la investigación es ayudar a profesionales, ya que podrán obtener información de los ensayos realizados al suelo natural alrededor de la carretera de acceso San Blas.

1.5.3. Justificación económica

En la presente investigación se propone materiales fáciles de conseguir como es la cal hidratada que lo podemos encontrar en los diversos centros de venta de materiales de construcción, por otro lado, tenemos el maíz que es un fruto que se cosecha en grandes cantidades en el caserío de San Blas cuya coronta es desechada por los agricultores, para la presente investigación se recolecto las corontas de maíz del distrito de Macate, provincia del Santa. En el caso de los ensayos se realizarán en el Laboratorio de Mecánica de Suelos de la Universidad Nacional del Santa, por lo que la investigación es económica y viable.

1.5.4. Justificación por relevancia

Es importante investigar nuevos materiales de construcción que sean fáciles de encontrar en la zona, y definir sus propiedades puesto que pueden ser beneficiosas en la construcción si es que son sometidas a un tratamiento adecuado. Asimismo, la presente investigación puede servir como un precedente para un futuro proyecto ya que se evaluará el suelo tomado de la carretera de acceso San Blas, con la finalidad de obtener su características y propiedades.

1.6. Limitaciones de la investigación

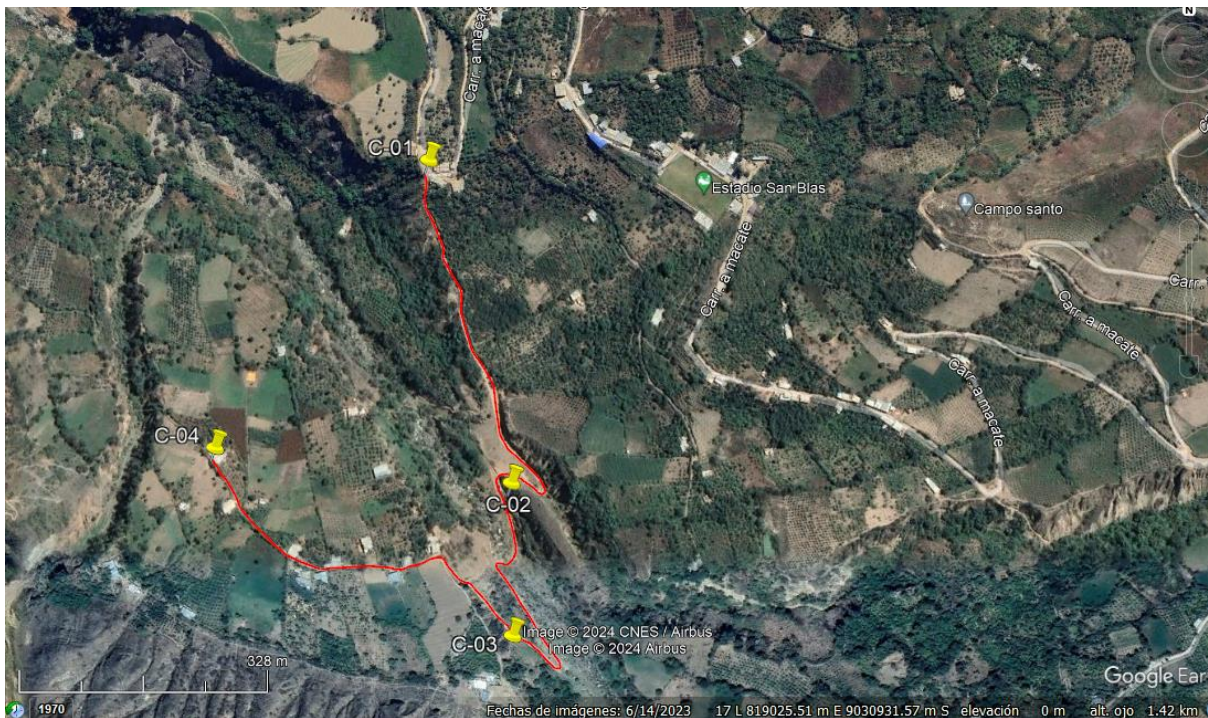
1.6.1. Limitación geográfica

La presente investigación toma lugar y se limita en la Carretera San Blas – Macate.

- Departamento: Ancash
- Provincia: Santa
- Distrito: Macate
- Referencia: Carretera San Blas

Figura 1.

Vía de Acceso a la Carretera San Blas, tramo km 0+000.00 – km1+500.00



Nota. Obtenido de “Imagen satelital de la zona en estudio de la investigación”, de Google Maps, 2024.

1.6.2. Limitación técnica

El estudio y ensayos de las muestras de suelo se realizaron en el Laboratorio de Mecánica de Suelos de la “Universidad Nacional del Santa” y se tuvo que adquirir por nuestra cuanto algunos instrumentos de medición y otros, puesto que varios de ellos estaban dañados y no se



podían utilizar. Además, al realizar el tramo de prueba específicamente cuando se ejecutó la compactación, se hizo mediante una plancha compactadora, en lugar de usar un rodillo liso de compactación, lo cual hizo que se ejercer menos fuerza a la que teníamos previsto en los ensayos de laboratorio.

1.6.3. Limitación social

Al realizar las calicatas para obtener las muestras necesarias, se coordinó con los pobladores de la zona en estudio, puesto que la mayoría de ellos desconocían lo que se iba a realizar y se sentían incómodos, es así que se tuvo que brindar una breve y clara explicación de lo que se iba a realizar para no tener inconvenientes.

1.6.4. Limitación de información

Para el desarrollo de la tesis, hay que tener en cuenta que la muestra se limita a la obtenida de la subrasante de la Carretera San Blas – Macate, guiándonos de información brindadas por las normativas vigentes en nuestro país:

- Manual de Carreteras – Suelos, Geología, Geotécnica y Pavimentos (2013).
- Reglamento Nacional de Edificaciones (CE.020 Estabilización de suelos y taludes)
- Manual de Ensayos de Laboratorio (2016)



CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO



2. CAPITULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

A nivel internacional:

Cortes & Rincón (2020) llevaron a cabo una investigación experimental para evaluar la resistencia a la compresión inconfiada y el CBR de un afirmado estabilizado con ceniza de bagazo de caña de azúcar y cal. Utilizaron un suelo natural extraído de una cantera en Tobia, Cundinamarca, Colombia, y realizaron diversas actividades investigativas, metodologías y técnicas para analizar las propiedades físicas, químicas y mecánicas de las muestras de suelo, clasificadas como grava y arenas arcillosas y limosas del grupo A-2-6. Al añadir diferentes porcentajes de ceniza de bagazo y cal hidratada, encontraron que el CBR aumentó significativamente, alcanzando un incremento del índice de CBR del 23% al 65% con un 12% de ceniza de bagazo y 5% de cal. Esto sugiere que esta combinación es prometedora para mejorar la resistencia y capacidad de soporte del suelo, así como para reducir la expansión, lo cual es crucial en la construcción de pavimentos y otras estructuras.

A nivel nacional:

Ccansaya (2022) llevó a cabo una investigación en la que se compararon métodos de estabilización por sustitución y adición de cal de obra para mejorar una subrasante arcillosa en la carretera Canta - Huayllay, entre los kilómetros 57 y 59. El objetivo principal del estudio fue explorar métodos mecánicos y químicos para tratar estos suelos y mejorar sus propiedades de resistencia, trabajabilidad y durabilidad. Se evaluaron dos enfoques: uno basado en la sustitución de suelos y otro en la estabilización química con cal de obra. Se analizó el comportamiento de la mezcla de suelo y cal de obra como subrasante para pavimento flexible, siguiendo la metodología de la National Lime Association (NLA). La incorporación de cal de obra transformó la clasificación de la subrasante del suelo, pasando de una calidad pobre (S1, con un C.B.R. de 3.5%) a una buena (S3, con un C.B.R. entre 12% y 15%). Los investigadores



concluyeron que la cal hidráulica no siempre mejora el comportamiento de los suelos arcillosos y que la efectividad de la estabilización depende de la composición específica de la cal utilizada. Sin embargo, encontraron que la adición de cal de obra a suelos arcillosos blandos mediante estabilización mecánica por sustitución es una estrategia efectiva para lograr mejoras significativas en las propiedades del suelo, lo cual podría tener un impacto positivo en la construcción de carreteras con pavimento flexible.

Delgado y Mormontoy (2021) llevaron a cabo una investigación sobre la estabilización de suelos arcillosos mediante la adición de ceniza de coronta de maíz y cal, con el objetivo principal de mejorar las propiedades de un suelo arcilloso considerado inadecuado para su uso como subrasante en carreteras. Este estudio se enfocó en un enfoque cuantitativo, donde se demostró experimentalmente la hipótesis mediante la medición de variables, comenzando con una cuantificación del suelo en su estado natural. Realizaron 72 ensayos de laboratorio con muestras extraídas de la Vía Expresa de Cusco, probando combinaciones de suelo con ceniza de coronta de maíz (CMM) y cal. Se determinó que la mejor combinación era la de suelo natural más 5% de cal y 3% de CMM, logrando una densidad seca máxima de 1.725 gr/cm³ y una capacidad de soporte CBR del 12.84%. Este valor del CBR se triplicó en comparación con el suelo natural, indicando una mejora significativa en la capacidad de carga del suelo. El proyecto destaca la importancia de la composición de los agentes estabilizadores y su influencia en la estabilización del suelo. Finalmente, los investigadores concluyeron que al utilizar cal como aditivo estabilizador principal y ceniza de coronta de maíz como aditivo secundario, se logró una mejora notable en las propiedades físico-mecánicas del suelo natural, sugiriendo que esta combinación puede convertir un suelo arcilloso inadecuado en una subrasante adecuada para carreteras.

Capuñay y Pastor (2020) llevaron a cabo un estudio sobre la estabilización de suelos utilizando ceniza de bagazo de caña de azúcar, con el objetivo de mejorar su uso como



subrasante en los pavimentos de Chimbote. Esta investigación fue de tipo cuasi experimental y de nivel explicativo-descriptivo. Su principal meta fue demostrar que la incorporación de ceniza de bagazo puede estabilizar suelos y mejorar sus propiedades para el pavimento en la región. Se evaluaron diferentes porcentajes de ceniza de bagazo de caña de azúcar (CBCA) en relación con su impacto en las características físicas y mecánicas del suelo. Tras realizar los ensayos correspondientes, los investigadores concluyeron que las propiedades mecánicas de los suelos estabilizados mostraron resultados óptimos: para una arena mal graduada, el máximo valor se alcanzó con un 35% de CBCA, logrando un CBR de 17.91%; en el caso de una arena limosa, el valor más alto de CBR se obtuvo con un 45%, resultando en un CBR de 15.80%; y para un limo orgánico, el mejor desempeño se observó también con un 45% de CBCA, alcanzando un CBR de 12.59%.

Guzmán y Polo (2023) llevaron a cabo un estudio para evaluar la capacidad de carga del suelo arcilloso en un tramo de Carracmaca, utilizando ceniza de coronta de maíz como agente estabilizador. Esta investigación fue de tipo experimental y cuantitativo, con un enfoque descriptivo-transversal, cuyo objetivo principal fue identificar el porcentaje óptimo de ceniza de coronta de maíz para estabilizar el suelo. Para alcanzar este objetivo, los investigadores realizaron ensayos con cuatro diferentes porcentajes de ceniza (8.5%, 10.5%, 12.5% y 14.5%) añadidos al suelo natural, evaluando su comportamiento. Se observó un aumento progresivo en el índice de CBR, obteniendo valores de 6.42%, 14.57%, 21.66% y 16.55%, respectivamente. En conclusión, se determinó que al incorporar un 12.5% de ceniza de coronta de maíz, el índice de CBR se elevó hasta el 21.66%, mejorando la clasificación de la subrasante de pobre (%CBR<6%) a muy buena (%CBR<30%), conforme a los estándares del MTC, lo que resultó en una mayor resistencia en comparación con el suelo natural.



2.2. MARCO CONCEPTUAL

2.2.1. Suelos

a) Definición

Desde la perspectiva de la Ingeniería Civil, el suelo se define como sedimentos sueltos formados por partículas sólidas que provienen de la descomposición de rocas o que son transportadas por agentes como el agua, el hielo o el viento. La gravedad actúa como una fuerza selectiva en este proceso y el suelo puede incluir materia orgánica, lo que convierte en un sistema natural heterogéneo. (Duque Escobar & Duque Escobar, 2016).

Los suelos cuentan con propiedades físico-químicas y mecánicas que los hacen adecuados para diversas obras, tales como edificios, carreteras y puentes. Su función principal es soportar las construcciones y absorber las cargas que estas generan. (Duque Escobar & Duque Escobar, 2016).

b) Origen de los Suelos

Los suelos se forman a partir de la descomposición y transformación física y/o química de las rocas madre (ígneas, metamórficas o sedimentarias) debido al intemperismo, lo que altera su composición y mineralogía, así como sus propiedades físicas y mecánicas a lo largo del tiempo. (Ibáñez, 2006)

El origen de los suelos, según su formación, se clasifica en dos categorías: suelos residuales y suelos transportados. Los suelos residuales son los más antiguos y se generan por la desintegración mecánica y descomposición causada por el intemperismo o meteorización de las rocas. Suelen ser estables y firmes, ya que permanecen en su lugar de origen, presentando características de heterogeneidad y asentamiento. Por otro lado, los suelos transportados resultan de la descomposición de rocas que contienen materia orgánica vegetal, y son desplazados de su lugar de origen por acciones eólicas o fluviales. A menudo, estos suelos son blandos y sueltos, lo que hace que no se recomiende su uso para obras civiles. (Suarez, 2021)



c) Tipos de suelos

Existen varios tipos de suelos, entre los cuales se encuentran las gravas, que son acumulaciones de fragmentos de rocas compuestas por partículas de cuarzo, feldespato y otros minerales. Debido al transporte por el agua, las gravas suelen tener formas redondeadas y se localizan comúnmente en los lechos y márgenes de los ríos. También están las arenas, que son materiales de grano fino originados por la erosión de rocas o por procesos de trituración artificial. Otro tipo son los limos, que consisten en partículas finas con baja o nula plasticidad; se dividen en limos orgánicos e inorgánicos, y su plasticidad varía según su clasificación. Estos suelos no son recomendables para soportar cargas debido a su baja permeabilidad y alta compresibilidad, considerándose, así como suelos poco adecuados para cimentación. Por último, las arcillas provienen de partículas muy finas y se caracterizan por volverse muy plásticas al entrar en contacto con el agua. Las turbas, otro tipo de suelo, se forman por la descomposición de materiales vegetales y suelen tener un color marrón o negro; definitivamente, son considerados muy inadecuados para la construcción de obras civiles. (Crespo Villalaz, 2004, pág. 22)

d) Propiedades físicas

- **Gravedad específica:** se define como la relación entre el peso unitario de un material y la densidad del agua bajo condiciones de laboratorio, lo que también se relaciona con su peso unitario. Se mide en kg/cm^3 . La gravedad específica de los sólidos del suelo se utiliza comúnmente en varios cálculos de mecánica de suelos y puede determinarse con precisión en el laboratorio. (Centroamericana, 2022)
- **Densidad:** Existen 3 tipos de densidad. Primero, la densidad absoluta de un cuerpo, que se refiere a la masa de ese cuerpo en un volumen específico, excluyendo los espacios vacíos en la muestra, luego está la densidad aparente, que se define como la masa de un cuerpo dentro de una unidad de volumen, incluyendo sus vacíos. Por último, la densidad



relativa de un sólido es la relación entre su densidad y la densidad absoluta del agua destilada a una temperatura de 4°C. (Domingo, 2011)

- **Textura:** Se denomina así a la clasificación o las diversas proporciones de tamaños de las partículas que dormán el suelo. Es decir, se refiere a una característica física de la muestra de suelo que revela las propiedades de las partículas de arena, limo y arcilla en su conjunto. (CSR Laboratorio, s.f.)
- **Estructura:** la estructura del suelo se define como la agrupación de partículas en fragmentos más grandes, que están unidos por coloides presentes en la superficie terrestre. Hay diversas estructuras según la forma de los bloques, tales como granular, prismática y laminar. (Ramon, 2016)
- **Porosidad:** es el volumen de todos los espacios vacíos entre los granos solidos del suelo. Esta propiedad es relevante porque determina la cantidad de agua que puede ser retenida, contribuyendo así al volumen total del suelo. (Huerta, 2018)
- **Permeabilidad:** se refiere al flujo de agua a través del suelo, es decir, a la capacidad del suelo para permitir que el agua atravesase sus poros. Por lo general, el tamaño y la conectividad de los poros determinan si el suelo tiene una alta o baja permeabilidad. (Torres, 2010)
- **Granulometría:** se refiere al análisis de la distribución de tamaños de las partículas en un suelo. Dado que la masa del suelo está compuesta por granos de diferentes dimensiones, es importante conocer su distribución granulométrica para clasificarlo adecuadamente. Para ellos, se lleva a cabo el ensayo granulométrico utilizando tamices. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Manual de diseño de Carreteras, 2008)
- **Contenido de humedad:** es una propiedad del suelo que mide el porcentaje total de humedad que se evaporara en una muestra al ser sometida a secado. Esto se refiere a la



relación entre el suelo en su estado natural y la cantidad de agua que contiene, expresándose en términos porcentuales. (Toledo, 2021)

- **Plasticidad:** es una propiedad del suelo que está determinada por las partículas finas que contiene, lo que le permite alcanzar un cierto grado de humedad y mantenerlo de manera estable. Esta propiedad puede expresarse a través de los límites de Atterberg: el límite líquido y el límite plástico. (Zapata, 2018)

e) Propiedades mecánicas

- **CBR (California Bearing Ratio):** es un parámetro clave en el diseño de pavimentos, ya que proporciona una medida de la resistencia relativa de la subrasante o base que se está evaluando. Para calcular este valor, se lleva a cabo un ensayo que recibe el mismo nombre. (MTC, Glosario de términos de uso frecuente en proyectos de infraestructura vial, 2018)
- **Proctor Modificado:** para construir un terraplén, es fundamental compactar las capas con su humedad óptima. El ensayo que determina esta humedad óptima en relación con la densidad es el ensayo Proctor, que puede ser el tipo estándar o modificado. (Maldonado, 2019)
- **Compactación de Suelos:** se define como la eliminación del aire presente en el suelo, mediante la aplicación de esfuerzos mecánicos y la adición de agua, que actúa como un agente para unir las partículas. En otras palabras, es el proceso de densificación de los suelos de manera mecánica. (DAS, 2013)

2.2.2. Caminos de acceso

Se define como el camino de acceso a una zona o área terreno destinada al tránsito vehicular. En las áreas rurales, se les conoce como carreteras, mientras que en las zonas urbanas se les llama calles. (MTC, Glosario de términos de uso frecuente en proyectos de infraestructura vial, 2013)



Estos caminos de acceso son esenciales porque facilitan el tránsito y el transporte de personas y bienes, además de permitir la conexión entre comunidades y pueblos. Los caminos se dividen en dos categorías: aquellos con superficie de rodadura no pavimentada y los que tienen superficie pavimentada. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Manual de Carreteras, 2014)

En esta investigación, nos enfocaremos en los caminos con superficie de rodadura no pavimentada, que se clasifican en varios tipos. Los caminos de tierra son rutas rurales sin pavimentar, con un bajo nivel de tránsito, que permiten la conexión entre pueblos y comunidades. Su superficie está compuesta de arena, grava o una combinación de ambos. También existen caminos de grava, que generalmente tienen una capa de revestimiento de material propio seleccionado, lo que le proporciona mayor solidez y resistencia al desgaste. Por otro lado, los caminos afirmados cuentan con una capa de revestimiento de material granular compactado, que incluye piedra, arena y finos o arcilla, lo que les otorga mayor resistencia y capacidad para soportar cargas pesadas generadas por el tránsito vehicular. Finalmente, están los caminos estabilizados, que están compuestos por una subrasante, una capa de subbase y una base, y se caracterizan por tener una superficie de rodadura estabilizada con materiales como cemento, cal y aditivos. (MTC, Glosario de términos de uso frecuente en proyectos de infraestructura vial, 2018)

2.2.3. Subrasante

Es la capa que se sitúa debajo de una estructura o pavimento. Su evaluación se realiza a través de sus propiedades físicas y mecánicas, así como su respuesta ante cargas aplicadas, deformaciones y otros factores. El comportamiento de la subrasante es fundamental para la integridad y durabilidad de la superficie de pavimento que se construye sobre ella. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Manual de Carreteras, 2013)



Las características de la subrasante se determinan según su capacidad de soporte CBR y se clasifican de la siguiente manera:

Tabla 1.

Categorías de la Subrasante

Categorías de Subrasante	CBR
S ₀ : Subrasante Inadecuada	CBR < 3%
S ₁ : Subrasante Pobre	De CBR ≥ 3% a CBR < 6%
S ₂ : Subrasante Regular	De CBR ≥ 6% a CBR < 10%
S ₃ : Subrasante Buena	De CBR ≥ 10% a CBR < 20%
S ₄ : Subrasante Muy Buena	De CBR ≥ 20% a CBR < 30%
S ₅ : Subrasante Extraordinaria	De CBR ≥ 30%

Nota. Recuperado de “Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos”; Ministerio de Transporte y Carreteras, 2014, p.151, Lima, Perú.

2.2.4. Estabilización de suelos

La estabilización de suelos tiene como objetivo mejorar sus propiedades físicas mediante métodos mecánicos y la adición de productos químicos, ya sean naturales o sintéticos. Por lo general, se aplica a suelos con subrasantes deficientes o inadecuadas, con el fin de aumentar la resistencia mecánica y prolongar la durabilidad de esa capa a lo largo del tiempo. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Manual de Carreteras, 2014).

Los suelos con un CBR ≥ 6% se consideran adecuados para la utilización en las capas de la subrasante. En el caso de subrasante deficientes o inadecuadas, se llevará a cabo una estabilización de suelos. Generalmente, los suelos que suelen estabilizarse son arcillas, limos y arenas limosas o arcillosas. Por lo tanto, para establecer un ejemplo de estabilización, es necesario identificar el tipo de suelo. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Manual de Carreteras, 2014, pág. 248).



a) Métodos de estabilización

- **Estabilización física y mecánica:** se refiere a la estabilización del suelo mediante la mezcla de dos o más tipos de suelo natural para modificar su gradación y, en consecuencia, mejorar sus propiedades. El proceso de compactación asegura la disminución de la proporción de vacíos y mejora los parámetros de resistencia del suelo. (Romero, 2019)
- **Estabilización química:** es una forma de estabilización de suelos que utiliza compuestos o mezclas químicas, lo que conlleva cambios en las propiedades geotécnicas que suelen ser más complejos que la modificación mecánica. Esta estabilización mejora la resistencia y durabilidad de los suelos, reduce el polco y mejora la trabajabilidad, además de permitir la disminución del grosor del pavimento. Los aditivos químicos más comunes son el cemento en polvo a base de calcio, cal y productos asfálticos. (Jhonathan, 2020)

2.2.5. Cal

La cal se obtiene de la calcinación de las rocas calizas, donde las transformaciones químicas ocurren a altas temperaturas, resultando en un alto contenido de carbonato de calcio. Conocida desde la antigüedad, la cal tiene múltiples aplicaciones, especialmente en la construcción, donde se utiliza para estabilizar suelos, mejorando los suelos arcillosos y secando aquellos que están húmedos. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Manual de diseño de Carreteras, 2008)

Los suelos estabilizados con cal muestran una reducción de la plasticidad, ya que disminuyen el límite líquido y mejoran el límite plástico. Esto proporciona una mayor trabajabilidad, ya que reduce la humedad del suelo, facilitando y acelerando el proceso de compactación. Además, se observa una disminución de potencial de contracción de hinchamiento, así como



un incremento en la capacidad portante del suelo (CBR), junto con un aumento en la resistencia a la tracción del mismo. (Escobar Sulca & Quispe Sánchez, 2020)

2.2.6. Cenizas de mazorca de maíz

En Perú hay una amplia variedad de maíz, gracias a las diversas condiciones climáticas y ecológicas que se presentan a lo largo del año. Se denomina coronta de maíz al conjunto formado por el marlo, los granos de maíz y las hojas que lo cubren. (Ministerio del Ambiente, 2018)

La ceniza de coronta de maíz se obtiene mediante la combustión de los residuos que quedan al desgranar la corona. A través de este proceso, la coronta se transforma en cenizas volantes, que mejoran la resistencia a la comprensión del concreto. Esto se debe a que, al incinerarse a altas temperaturas, la coronta de maíz conserva altos niveles de compuestos químicos que, al entrar en contacto con el agua, producen reacciones que otorgan propiedades similares a los otros materiales como sílice, magnesio, aluminio y calcio. (Delgado Rivera & Mormontoy Peñalba, 2021, pág. 48)

a) Propiedades

Las propiedades de la ceniza de mazorca de maíz, obtenida en condiciones de incineración controlada, se utilizan para obtener sílice de características amorfas, que puede emplearse como puzolana. A través de este proceso de incineración, se elimina la materia orgánica, resultando en un residuo rico en sílice. Se recomienda realizar la incineración a temperaturas entre 500°C y 900°C. (Crespo Villalaz, 2004)

La cantidad de sílice superara el 90% cuando la incineración de la mazorca de maíz se realice en hornos industriales. Si se lleva a cabo al aire libre, las cenizas contendrán sales cristalinas que son algo menos reactivas. Además, las cenizas volátiles suelen estar compuestas por magnesio, fosforo, calcio, boro y hierro. (Suarez, 2021)



Según el análisis llevado a cabo para determinar la composición mineralógica (ver anexos) de la ceniza de mazorca de maíz procedente del Valle de Macate, en Ancash, se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 2.

Composición mineralógica de la ceniza de coronta de maíz

ESPEC.	DETERMINACION	ELEMENTO	DETERMINACION
N°	DESCRIPCIÓN	SÍMBOLO	MUESTRA 01 (%)
1	Humedad	H ₂ O	1.40
2	Ceniza	Cz	0.0024
3	Hierro	Fe	2.70
4	Materia Volatil	M.V.	12.70
5	Carbonato de calcio	CaCO	0.62
6	Oxido de Silicio	Sio ₂	47.85
7	Oxido de Aluminio	Al ₂ O ₃	8.14
8	Oxido de Magnesio	MgO	0.34
9	Óxido Férrico	Fe ₂ O ₃	0.50
10	Óxido de Sodio	Na ₂ O	0.32
11	Óxido de Potasio	K ₂ O	2.07

b) Efecto de los suelos estabilizados con cenizas volátiles

Según nuestro estudio, afirmamos que “las cenizas volátiles son el producto final resultante de la combustión de cualquier materia cálcica molida o en polvo, que es transportada desde los hornos por los gases generados durante el proceso de combustión.”. (Domingo, 2011)

De esta manera, al convertirse en cenizas, la mazorca de maíz presenta una composición mineralógica que la clasifica como ceniza volante para usos constructivos. Su característica



más destacada es su bajo contenido de cal y alto contenido de sílice, lo que hace necesario el uso de un agente activador, siendo la cal su complemento ideal. Esto provoca la formación de cristales de silicato de calcio hidratado, lo que permite su aplicación en la estabilización de suelos, mejorando la resistencia del suelo CBR y reduciendo la expansión en suelos arcillosos. (Del Aguila Sanchez & Garcia Uriarte, 2023)

2.2.7. Ensayos fundamentales

a) Granulometría del suelo (granulometría por tamizado)

Para clasificar un tipo de suelo por SUCS (Sistema Unificado de Clasificación de Suelos) o AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials), es esencial realizar el ensayo de granulometría, ya que este permite determinar la proporción de sus componentes constituyentes. (ROQUE, 2019)

La finalidad del ensayo de granulometría es clasificar y distribuir los diferentes tamaños que posee un agregado. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Manual de Carreteras, 2014, pág. 36)

Tabla 3.

Clasificación de suelos según Tamaño de partículas

Tipo de material		Tamaño de las Partículas (mm)
Grava		75 mm - 4.75
Arena		Arena gruesa: 4.75mm - 2.00mm
		Arena media: 2.00mm - 0.075mm
		Arena fina: 0.425mm - 0.075mm
Material Fino	Limo	0.075mm - 0.005mm
	Arcilla	menor a 0.005mm



Nota. Recuperado de “Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos”; Ministerio de Transporte y Carreteras, 2014, p.36, Lima, Perú.

b) **Análisis Granulométrico por Tamizado NTP 339.128**

La norma NTP 339.128 describe el método para determinar los porcentajes de suelo que pasa por los distintos tamices de la serie empleada en el ensayo, hasta la malla de 74 mm (N°200).

Tabla 4.

Serie de mallas para tamices

TAMICES	ABERTURA (mm)
3”	75,000
2”	50,800
1 ½”	38,100
1”	25,400
¾”	19,000
3/8”	9,500
N°4	4,760
N°10	2,000
N°20	0,840
N°40	0,425
N°60	0,260
N°140	0,106
N°200	0,075

Nota. Recuperado de “Manual de Ensayo de Materiales”; Ministerio de Transporte y Carreteras, 2016, p.44, Lima, Perú.

c) **Contenido de humedad del suelo (MTC E108)**

El contenido de humedad se define como una propiedad que indica la cantidad de agua presente en un material o sustancia, y se expresa de la siguiente manera:



Ecuación 1. *Contenido de humedad*

$$W = \frac{W_w}{W_s} \times 100 (\%) \quad (1)$$

Donde:

- W_w : Peso del agua en la muestra desuelo
- W_s : Peso de solidos en la muestra de suelo
- W : Porcentaje de contenido de humedad en el suelo.

d) Límites de Consistencia de Attergber (NTP 339.129)

El límite de consistencia se puede definir como el grado de cohesión entre las partículas de un suelo y su resistencia a las fuerzas externas que pueden deformar o dañar su estructura. Existen cuatro estados de consistencia: semi-líquido, plástico, semi-sólido y sólido. (Bowles, 1981)

Atterberg cuantifica las propiedades plásticas con tres límites:

- ***Límite Líquido (L_L)***

Es la transición entre los estados semi-líquido y plástico; representa el porcentaje de contenido de humedad en un suelo que le permite comportarse como un material plástico. En otras palabras, es el punto en el que el suelo puede moldearse. (Bowles, 1981, pág. 16)

El límite líquido se establece a través de un ensayo de laboratorio conforme a la norma ASTM D-4318.

- ***Límite Plástico (L_p)***

Frontera entre los estados plástico y semi – sólido, el límite plástico es el porcentaje de humedad que hace que el suelo se desmorone, al ser enrollado y rodado repetidas veces, perdiendo su plasticidad. (Bowles, 1981, pág. 16)

- ***Límite de contracción (L_c)***



Es la transición entre los estados sólidos y semi – sólido; también se puede definir como el límite de contenido de humedad en el que el suelo deja de contraerse al perder agua. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Manual de Carreteras, 2014)

- **Índice de Plasticidad (IP)**

El índice de plasticidad se obtiene al restar el Límite Líquido del Límite Plástico, y refleja la cantidad de arcilla presente en un suelo. (Bowles, 1981, pág. 16)

Ecuación 2. *Índice de plasticidad*

$$IP = LL - LP \quad (2)$$

Donde:

IP: Índice de Plasticidad

LL: Límite Líquido

LP: Límite Plástico

Tabla 5.

Clasificación de suelos según el Índice de Plasticidad.

Índice de Plasticidad	Plasticidad	Características
$Ip > 20$	Alta	Suelos muy arcillosos
$IP \leq 20$ y $IP > 7$	Media	Suelos arcillosos
$IP < 7$	Baja	Suelos poco arcillosos, plasticidad
$IP = 0$	No Plástico (NP)	Suelos exentos de arcilla

Nota. Recuperado de “Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos”; Ministerio de Transporte y Carreteras, 2014, p.37, Lima, Perú.

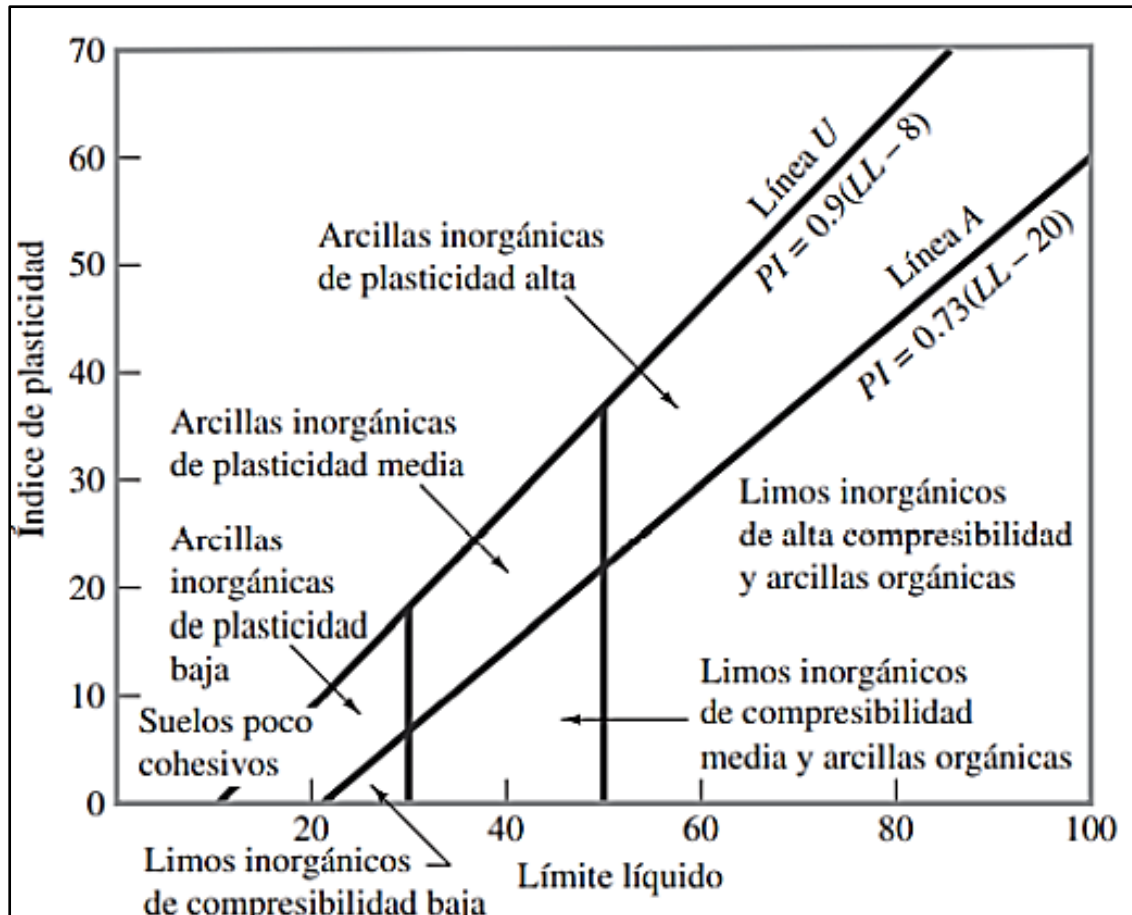
Un índice de plasticidad más alto indica que el suelo es muy arcilloso, mientras que un resultado bajo sugiere que se trata de un suelo con bajo contenido de arcilla.

(Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Manual de Carreteras, 2013)

Para interpretar también los resultados y clasificar los suelos finos se usa el grafico realizado por Casagrande (1932), este grafico nos permite obtener el IP mediante los ensayos que fueron cuantificados.

Figura 2.

Carta de plasticidad



Nota. Recuperado de “Límites de Atterberg”; Braja M Das, 2015.

- **Índice de grupo**

Este índice normado por AASHTO se determina usando una fórmula basada en los límites de Atterberg, para clasificar el suelo.

Ecuación 3. *Índice de grupo*

$$IG = 0.2 (a) + 0.005 (ac) + 0.01 (bd) \quad (3)$$



Donde:

a = F-35 (F = Fracción del porcentaje que pasa el tamiz N° 200-74 micras), expresado por un numero entero positivo comprendido entre 1 y 40.

b = F-15 (F = Fracción del porcentaje que pasa el tamiz N° 200-74 micras), expresado por un numero entero positivo comprendido entre 1 y 40.

c = LL – 40 (LL =Limite liquido) expresado por un numero entero comprendido entre 0 y 20.

d = IP -10 (IP = índice plástico), expresado por un numero entero comprendido entre 0 y 20 o mas

Figura 3.

Índice de Grupo

(IG)=0.2(a) + 0.005(a)(c) + 0.01(b)(d)		
% que pasa Tamiz N°200		
35 % (min)	a	75% (máx.)
0		40
% que pasa Tamiz N°200		
15% (min)	b	55% (máx.)
0		40
Limite Liquido%		
40% (min)	c	60% (máx.)
0		20
Índice Plástico%		
10% (min)	d	30% (máx.)
0		20



El índice de grupo es un valor positivo que varía entre 0 y 20 o más. Si es negativo, se registra como cero, lo que indica que el suelo es de muy buena calidad. En cambio, un índice superior a 20 indica que el suelo no es adecuado para la construcción de caminos. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Manual de Ensayo de Materiales, 2016, pág. 38).

Tabla 6.

Clasificación de suelos según el Índice de Grupo

Índice de Grupo	Suelo de subrasante
IG > 9	Muy Pobre
IG esta entre 4 a 9	Pobre
IG esta entre 2 a 4	Regular
IG esta entre 1 a 2	Bueno
IG esta entre 0 - 1	Muy bueno

Nota. Recuperado de “Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos”; Ministerio de Transporte y Carreteras, 2014, p.38, Lima, Perú

e) Clasificación de Suelos

Una vez que hayamos analizado y determinado las características del suelo mediante ensayos de granulometría, plasticidad e índice de grupo, podremos clasificar el tipo de suelo y entender su comportamiento. En la página 39 del manual de carreteras “Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos”, se presenta la correlación entre los sistemas de clasificación más utilizados, AASHTO y ASTM (SUCS).



Tabla 7.

Correlación de tipos de suelos ASHTO - SUCS

Clasificación de suelos AASHTO	Clasificación de suelos SUCS
AASHTO M-145	ASTM - D-2487
A-1-a	GW, GP, GM, SW, SP, SM
A-1-b	GM, GP, SM, SP
A – 2	GM, GC, SM, SC
A – 3	SP
A – 4	CL, ML
A – 5	ML, MH, CH
A – 6	CL, CH
A – 7	OH, MH, CH

Nota. Recuperado de “Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos”; MTC, 2014, p.38.

- Sistema de Clasificación ASSTHO

La clasificación AASHTO evalúa la calidad relativa de los suelos para terraplenes, subrasantes, subbases y bases. Este sistema clasifica los suelos inorgánicos en 7 grupos, del A-1 al A-7, siendo el grupo A-1 el más adecuado para la subrasante, compuesto por grava y arena, y calificado como excelente a bueno. En contraste, el grupo A-7 es considerado regular a malo para su uso en subrasantes, ya que se caracteriza por su naturaleza arcillosa. Los suelos orgánicos se clasifican como A-8. (Duque Escobar & Duque Escobar, 2016)



- **Sistema de Clasificación SUCS**

El sistema SUCS clasifica a los suelos en granulares o finos. Se considera granular si más del 50% del material es retenido por el tamiz N°200, y fino si el 50% o más pasa a través de dicho tamiz. El sistema se organiza en dos grupos de prefijos y sufijos.

Tabla 8.

Prefijos y sufijos de SUCS

Prefijos		Sufijos	
G (grava)	menos del 50% pasa el tamiz N°200	W	Bien gradado
		P	Mal gradado
		M	Limoso
S (arena)		C	Arcilloso
M (limo)	más del 50% pasa el tamiz N°200	L	Baja plasticidad
C (arcilla)		H	Alta plasticidad
O (orgánico)			
Pt	Turba		

Nota. Recuperado de “Libro de Geomecánica”; Duque y Escobar, 2002.

Tabla 9.

Nombres típicos de los materiales SUCS

Grupo	Nombres típicos del Material
GW	Grava bien gradada, mezclas gravosas, poco o ningún fino
GP	Grava mal gradada, mezclas grava - arena, poco o ningún fino
GM	Grava limosa, mezclas grava, arena, limo
GC	Grava arcillosa, mezclas grava - arena arcillosas
SW	Arena bien gradada
SP	Arena mal gradada, poco o ningún fino
SM	Arenas limosas, mezclas arena - limo



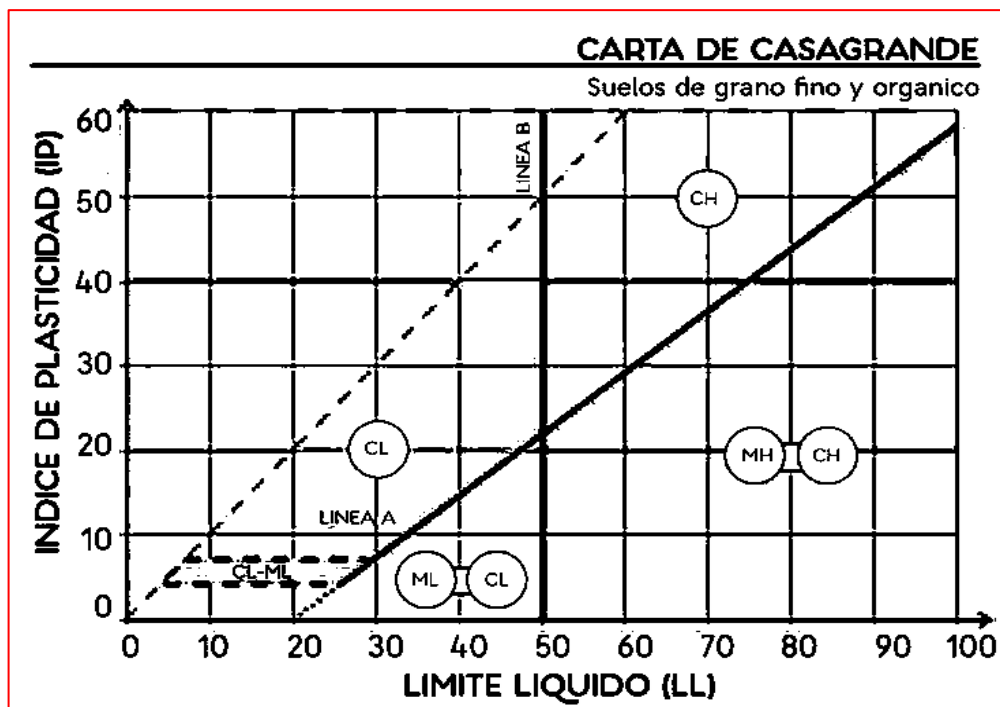
SC	Arenas arcillosas, mezclas arena arcilla
ML	Limos inorgánicos y arenas muy finas
CL	Arcillas orgánicas de baja a media plasticidad
OL	Limos orgánicos baja plasticidad
MH	Limos inorgánicos de alta plasticidad
CH	Arcillas inorgánicas de alta plasticidad
OH	Arcillas orgánicas de alta plasticidad
Pt	Turba

Nota. Recuperado de “Libro de Geomecánica”; Duque y Escobar, 2002.

Este sistema de clasificación de suelos se basa en el límite líquido y el índice de plasticidad, utilizando la prueba plasticidad de Atterberg.

Figura 4.

Carta de Plasticidad Ilustrada para suelos cohesivos



Nota. Recuperado de “Manual de carreteras. Volumen II: construcción y mantenimiento”, de Bañon, L. y Beviá, J., 2000, p.22, España, Alicante: Ortiz e Hijos, Contratista de Obras, S.A.

f) Ensayo Proctor

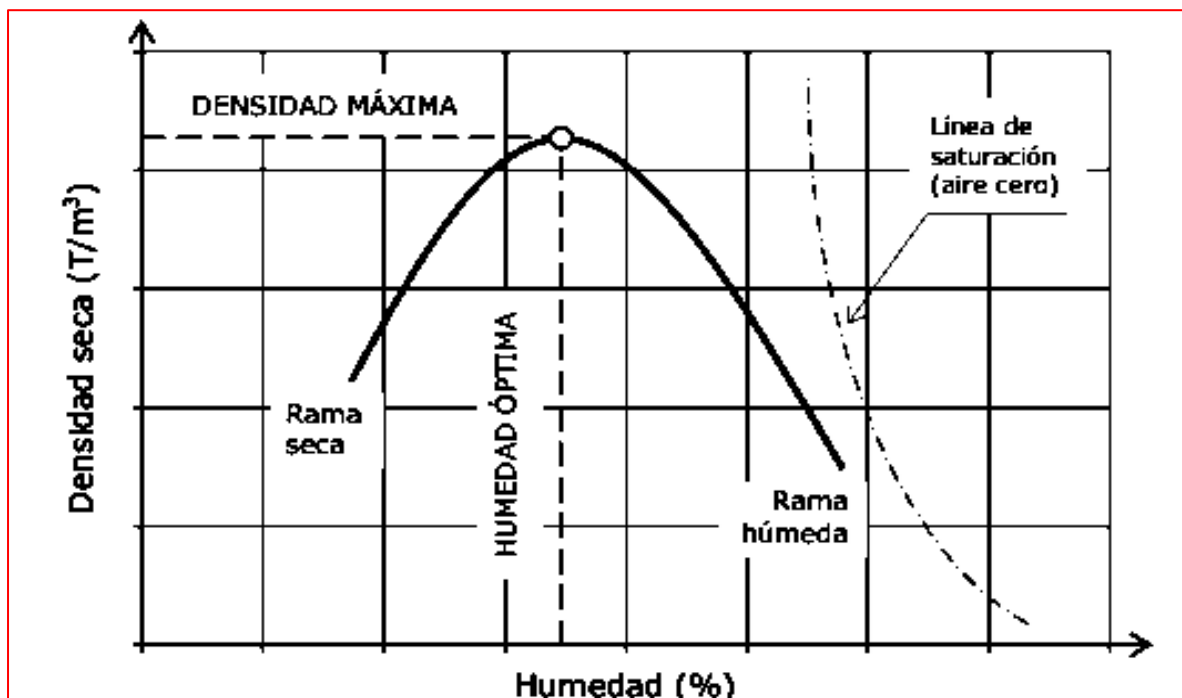
La compactación de los suelos mediante energía mecánica, incrementa el peso unitario y elimina el aire atrapado en el suelo, este proceso hace que aumente la resistencia de los suelos (DAS, 2013, pág. 91).

- Ensayo de Proctor Modificado MTC E 115

El ensayo de Proctor modificado permite determinar la relación entre el contenido de humedad y el peso específico seco, lo que resulta en la curva de compactación del suelo. El objetivo final es establecer la máxima densidad seca para un contenido de humedad óptimo. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Manual de Ensayo de Materiales, 2016)

Figura 5.

Gráfica de la curva contenido de humedad óptimo – densidad máxima



Nota. Adaptado del Manual de carreteras. Volumen II: construcción y mantenimiento”, de Bañon, L. y Beviá, J., 2000, p.13, España, Alicante: Ortiz e Hijos, Contratista de Obras, S.A.



g) Capacidad de Soporte - Ensayos California Bearing Ratio (CBR)-ASTM D-1883)

El ensayo CBR nos permitirá determinar la propiedad más crucial del suelo: su capacidad de soporte o resistencia, que se relaciona con el 95% de la Máxima Densidad Seca (MDS) y una penetración de carga de 2.54 mm. Esto significa que el valor, conocido como índice de CBR, es un porcentaje que refleja la fuerza que se debe aplicar a un pistón de 19.35 m² para lograr una penetración de 2.54 mm en el suelo. (Bowles, 1981, pág. 190)

Mientras el valor del CBR sea más alto, la calidad del suelo aumenta y se califica como un suelo de regular a excelente, por el contrario, si el valor del CBR se aproxima más 0% la calidad del suelo baja calificándola como un suelo pobre. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Manual de Carreteras, 2014)

Para la obtención del valor CBR, se debe tener en cuenta los siguientes aspectos:

- En áreas donde se hayan realizado 6 o más pruebas de CBR para un tipo de suelo representativo o secciones con características homogéneas, se calculará el valor de CBR de diseño para la subrasante utilizando el promedio de todos los valores analizados en cada sector homogéneo. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Manual de Carreteras, 2014)
- En los sectores donde se han realizado menos de 6 pruebas de CBR para un tipo de suelo representativo o secciones con características homogéneas, el valor de CBR de diseño para la subrasante se determinará según ciertos criterios. Si los valores son similares, se calculará el promedio; si no lo son, se optará por el valor crítico. Alternativamente, se puede subdividir la sección para agrupar subsectores con valores de CBR semejantes y así definir el valor promedio. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Manual de Carreteras, 2014)
- Se determina mediante el ensayo de laboratorio de Capacidad de Soporte CBR (ASTM D-1883).



CAPÍTULO III

METODOLOGÍA



3. CAPITULO III: METODOLOGÍA

3.1. Enfoque de investigación

La presente investigación adopta un enfoque cuantitativo, ya que se compone de una serie de procesos que son secuenciales y probatorios. Cada etapa debe seguir a la anterior, sin poder omitir ningún paso. Aunque el orden es estricto, es posible redefinir alguna fase. Se comienza con una idea que se va concretando; una vez delimitada, se derivan los objetivos y preguntas de investigación, se revisa la literatura y se establece un marco teórico. A partir de las preguntas se formulan hipótesis y se definen variables; luego, se elabora un plan para comprobarlas (diseño); se realizan mediciones de las variables en un contexto específico; se analizan los datos obtenidos utilizando métodos estadísticos, y finalmente se extraen conclusiones sobre las hipótesis planteadas. (Hernández Sampieri, Fernández Collado , & Baptista Lucio, 2014)

3.2. Método de investigación

3.2.1. Tipo de investigación

La presente investigación es de tipo aplicada, ya que se llevó a cabo la recolección de datos para medir las variables y probar la hipótesis. Para garantizar la credibilidad del procedimiento, nos enfocamos en seguir un proceso cuantitativo, demostrando de manera experimental que la adición de diferentes porcentajes de cal y ceniza de coronta de maíz en la subrasante del área en estudio mejora sus propiedades físicas y mecánicas. Esto es especialmente relevante, dado que el suelo en estado natural no cumple con los parámetros mínimos requeridos. (Hernández Sampieri, Fernández Collado , & Baptista Lucio, 2014)

3.2.2. Nivel de investigación

La presente investigación es explicativa, ya que se analizó y describió el comportamiento de las propiedades físicas y mecánicas de la subrasante en el área de estudio al agregar cal y ceniza de coronta de maíz. Este análisis se llevó a cabo utilizando métodos sistemáticos, como ensayos de laboratorio y la evaluación de un tramo de prueba.



Los estudios explicativos se adentran en la comprensión de conceptos, ya que buscan identificar las causas detrás de eventos y fenómenos físicos o sociales. Su enfoque se centra en aclarar por qué sucede un fenómeno, en qué condiciones se presenta y cómo se interrelacionan dos o más variables. (Hernández Sampieri, Fernández Collado , & Baptista Lucio, 2014)

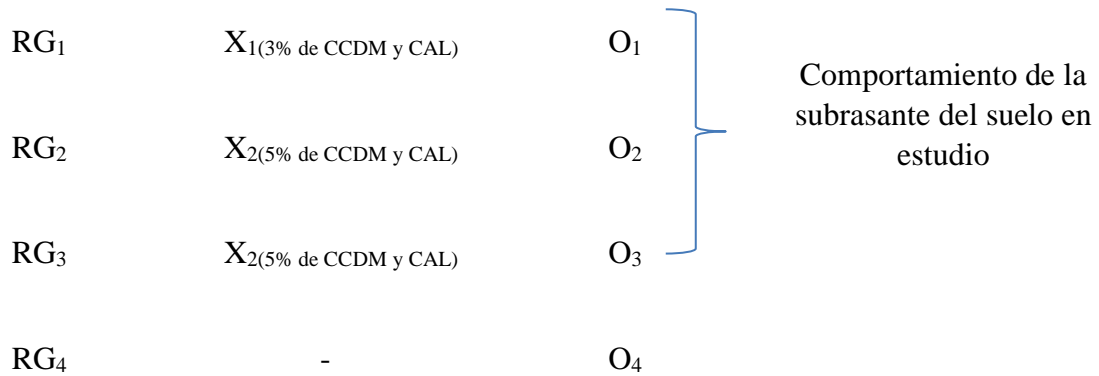
Las investigaciones explicativas son más organizadas que otros tipos de estudios y abarcan propósitos como la exploración, descripción y correlación. Además, ofrecen una comprensión más profunda del fenómeno en cuestión. (Hernández Sampieri, Fernández Collado , & Baptista Lucio, 2014)

3.3. Diseño de la investigación

Nuestro diseño de investigación es cuasiexperimental, ya que el sujeto de estudio está claramente definido. La variable independiente es la cal y la ceniza de coronta de maíz, mientras que la variable dependiente es el comportamiento de la subrasante. Se manipuló la variable independiente en diferentes porcentajes preestablecidos y se observó su efecto sobre la variable dependiente. Esto se llevó a cabo mediante comparaciones de las propiedades físicas y mecánicas de la subrasante a través de ensayos de laboratorio y la ejecución de un tramo de prueba, lo que nos permitió validar nuestra hipótesis. La unidad de análisis consiste en la muestra extraída de la subrasante de la carretera San Blas y sus combinaciones con diferentes porcentajes de ceniza de coronta de maíz y cal.

Figura 6.

Esquema de diseño de la Investigación



3.4. Población

En la presente investigación la población es finita, ya que se delimita al suelo de la subrasante que existe en la carretera San Blas Distrito de Macate – Santa -Ancash, del km 0+000 hasta km 1+500, tramo no pavimentado.

Figura 7.

Imagen Satelital de la Carretera San Blas del Distrito de Macate - Santa - Ancash



Nota. Obtenido de Google Earth, Google, s.f..

3.5. Muestra y muestreo

La muestra utilizada fue obtenida del suelo de la subrasante perteneciente al tramo en estudio, el cual se obtuvo mediante 4 calicatas ubicadas en la zona en estudio:

Tabla 10.

Calicatas tomadas de la Carretera San Blas

Calicatas	Tramo de Carretera
C-01	0+000 km
C-02	0+500 km
C-03	1+000 km
C-04	1+500 km

El tipo de muestreo utilizado es no probabilístico intencional, ya que elegimos las muestras pertinentes en relación a los atributos y la representación de la población para este estudio. (Hernández Sampieri, Fernández Collado , & Baptista Lucio, 2014, pág. 262)

Figura 8.

Enumeración de Calicatas para el Proyecto



Nota. Obtenido de Google Earth, Google, s.f..



Se llevaron a cabo ensayos de mecánica de suelos en laboratorio con las muestras recolectadas del km 0+000 al 1+500, considerando los criterios y requisitos fundamentales del suelo para subrasantes según el “Manual de Carreteras” (2013), de la siguiente manera:

Tabla 11.

Cantidad de Ensayos para el suelo de la subrasante para la investigación

Ensayos	Norma	Subrasante	SN +	SN +	SN +	Total
			1.5%Cal + 1.5%CCM	2.5%Cal + 2.5%CCM	4%Cal + 4%CCM	
Contenido de Humedad	MTC E108	6	0	0	0	6
Análisis Granulométrico por Tamizado	NTP 339,128	6	0	0	0	6
Limites Liquido	NTP 339,129	6	6	6	6	24
Limites Plástico	NTP 339,129	6	6	6	6	24
Índice de Plasticidad	NTP 339,129	6	6	6	6	24
Clasificación según SUCS	ASTM D- 2487	6	0	0	0	6
Clasificación según AASTHO	M-145	6	0	0	0	6
Proctor Modificado (Compactación de suelos)	MTC - E115	4	4	4	4	16
CBR - Capacidad de Soporte	MTC - E132	4	4	4	4	16
Densidad de Campo (Cono de Arena)	ASTM D- 1556	0	0	1	0	1
Total, de ensayos por combinación		50	26	27	26	129



3.6. Operacionalización de variables

3.6.1. Variables de estudio

a) Variable dependiente

Comportamiento de la subrasante

b) Variable independiente

Adición de ceniza de coronta de maíz y cal

3.6.2. Matriz de consistencia



Tabla 12.

Matriz de Consistencia

<p>“ COMPORTAMIENTO DE LA SUBRASANTE DE LA CARRETERA SAN BLAS AL ADICIONAR CAL Y CENIZA DE CORONTA DE MAÍZ, MACATE -2023”</p>	FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	OBJETIVOS DE LA INVESTIGACION	SISTEMA DE HIPÓTESIS
	PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL
	¿Cuál es el comportamiento de la subrasante de la carretera San Blas al adicionar cal y ceniza de coronta de maíz?	Evaluar el comportamiento de la subrasante de la carretera San Blas, al adicionar cal y ceniza de coronta de maíz, Macate-2023.	Al adicionar cal y ceniza de coronta de maíz en la subrasante de la zona de estudio, el comportamiento es bueno ya que mejora la calidad en sus propiedades considerablemente.
	PROBLEMA ESPECÍFICOS	OBJETIVO ESPECÍFICOS	HIPÓTESIS ESPECÍFICOS
	¿Cómo son las propiedades físicas y mecánicas de la subrasante de la carretera de acceso San Blas, Distrito de Macate, Provincia del Santa, departamento de Ancash?	Determinar las propiedades físicas y mecánicas de la subrasante de la carretera de acceso San Blas, Distrito de Macate, Provincia del Santa, departamento de Ancash.	Las propiedades físicas y mecánicas de la subrasante son pobres e inadecuadas.
	¿Cuáles son las propiedades físicas y mecánicas de la subrasante de la zona en estudio, al adicionar Cal y Ceniza de coronta de maíz en los porcentajes de 3%, 5% y 8%?	Determinar las propiedades físicas y mecánicas de la subrasante de la zona en estudio, al adicionar Cal y Ceniza de coronta de maíz en los porcentajes de 3%, 5% y 8%.	Las propiedades físicas y mecánicas de la subrasante del suelo en estudio mejoran al adicionar Cal y Ceniza de coronta de maíz en los porcentajes de 3%, 5% y 8%.
¿Cuál es la variación entre el índice CBR de la subrasante de la zona en estudio, con y sin adición de Cal y Ceniza de coronta de maíz?	Evaluar la variación entre el índice CBR de la subrasante de la zona en estudio, con y sin adición de Cal y Ceniza de coronta de maíz	La variación del índice CBR de la subrasante de la zona en estudio tiene un incremento mayor al 5% al adicionar cal y ceniza de coronta de maíz.	
¿Cómo se comporta la subrasante del tramo de prueba realizado al adicionar cal y ceniza de coronta de maíz?	Realizar un tramo de prueba para observar el comportamiento de la subrasante al adicionar Cal y Ceniza de coronta de maíz.	La adición de cal y ceniza de coronta de maíz mejora el comportamiento de la subrasante del tramo de prueba realizado.	



3.6.3. Matriz de operacionalización de variables

Tabla 13.

Matriz de Operacionalización de Variable

	VARIABLES	DEFINICION CONCEPTUAL DE LA VARIABLE	DEFINICION OPERACIONAL DE LA VARIABLE	DIMENSIONAMIENTO DE LAS VARIABLES	INDICADORES	HERRAMIENTAS	MÉTODOS	ESCALA DE MEDICIÓN
INDEPENDIENTE	Adición de ceniza de coronta de maíz y cal	La adición de cal y ceniza de coronta de maíz, actúan como un agente estabilizador, ya que poseen compuestos químicos que mejoran significativamente las propiedades del suelo.	El uso de diversos porcentajes de la adición de cal y cenizas de coronta de maíz, se interpretará de manera cuasi-experimental, y nos permitirá evaluar datos de manera rápida y sencilla.	Dosificación	0%, 3%, 5% y 8% de la mezcla de ceniza de coronta de maíz con cal	Ensayos de laboratorio, Excel	Recolección de Información, estudio de laboratorio	Razón numérica
DEPENDIENTE	Comportamiento de la subrasante	La subrasante es el asiento directo de la estructura del pavimento y forma parte del prisma de la carretera que se construye entre el terreno natural y la estructura del pavimento.	El análisis del comportamiento de la subrasante se interpretará a través del Método Cuasi-experimental, el cual nos permitirá evaluarlas mediante una serie de patrones con el fin de obtener resultados numéricos.	Propiedades físicas y mecánicas	-Análisis granulométrico -Contenido de Humedad -Clasificación de Suelos -Limite líquido -Limite plástico -Ensayo CBR	Ensayos de laboratorio, Excel	Estudio de Mecánica de Suelos y recolección de datos	Razón numérica



3.7. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

3.7.1. Determinar las propiedades físicas y mecánicas de la subrasante de la carretera de acceso San Blas, Distrito de Macate, Santa, Ancash.

a) Técnicas

- Ensayos de Laboratorio

b) Instrumentos

- Obtención en laboratorio de muestras representativas (MTC E 105)
- Análisis granulométrico de suelos por tamizado (MTC E 107)
- Determinación del contenido de humedad de un suelo (MTC E 108)
- Determinación del límite líquido de los suelos (MTC E 110)
- Determinación del límite plástico (L.P) de los suelos e índice de plasticidad (I.P) (MTC E 111)
- Compactación de suelos en laboratorio utilizando una energía modificada (Proctor Modificado) (MTC E 115)
- CBR en laboratorio (MTC E 132)

Estas técnicas e instrumentos están validadas por Manual de Ensayo de Materiales en su versión 2016, aprobado por el R.D N° 18-2016-MTC/14 el 03 de marzo del 2016, aplicables a nivel nacional y que deben cumplir los organismos gubernamentales del país encargados de la gestión de la infraestructura vial.

3.7.2. Determinar las propiedades físicas y mecánicas de la subrasante de la zona de estudio, al adicionar cal y ceniza de coronta de maíz en los porcentajes de 3%, 5% y 8%.

a) Técnicas

- Ensayos de Laboratorio

b) Instrumentos



- Obtención en laboratorio de muestras representativas (MTC E 105)
- Análisis granulométrico de suelos por tamizado (MTC E 107)
- Determinación del contenido de humedad de un suelo (MTC E 108)
- Determinación del límite líquido de los suelos (MTC E 110)
- Determinación del límite plástico (L.P) de los suelos e índice de plasticidad (I.P) (MTC E 111)
- Compactación de suelos en laboratorio utilizando una energía modificada (Proctor Modificado) (MTC E 115)
- CBR en laboratorio (MTC E 132)

Estas técnicas e instrumentos están validadas por Manual de Ensayo de Materiales en su versión 2016, aprobado por el R.D N° 18-2016-MTC/14 el 03 de marzo del 2016, aplicables a nivel nacional y que deben cumplir los organismos gubernamentales del país encargados de la gestión de la infraestructura vial.

3.7.3. Evaluar la variación entre el índice CBR de la subrasante de la zona de estudio, con y sin adición cal y ceniza de coronta de maíz.

a) Técnicas

- Método de análisis de datos de laboratorio

b) Instrumentos

- Programa Microsoft Excel

3.7.4. Realizar un tramo de prueba para observar el comportamiento de la subrasante al adicionar cal y ceniza de coronta de maíz.

a) Técnicas

- Ensayos de campo y laboratorio

b) Instrumentos

- Compactación del suelo con plancha



- Ensayo para determinar la densidad y peso unitario del suelo In Situ mediante el método de cono de arena (MTC 117)

Estos instrumentos, son normas técnicas desarrolladas por la ASTM Internacional y por el MTC (Ministerio de Transportes y Comunicaciones).

3.7.5. Procedimientos para recolección de datos

3.7.5.1 ensayos ejecutados en campo

a) Muestreo de suelos (MTC E 101)

Para la evaluación geotécnica del suelo se realizó 4 calicatas de 1.50 m de profundidad por debajo de la subrasante, ubicadas dentro del ancho correspondiente de la vía San Blas.

Instrumentos

Barrenos, palanas, pico, sacos, wincha de 5.00 m, equipos de protección personal.

Procedimiento

Primero se ubicó los puntos de acuerdo a las distancias establecidas por kilómetro, luego se limpió el terreno superficialmente en cada punto para la excavación de las 4 calicatas a una profundidad de 1.50 metros y finalmente se procedió cuidadosamente extraer y almacenar en sacos las respectivas muestras.

Tabla 14.

Ubicación de Calicatas en la Vía de Acceso a la Carretera de San Blas

Calicata	Ubicación		Profundidad
	N	E	
C-01 (km 0+000.0)	9031176.00	818772.00	1.50 m
C-02 (km 0+500.0)	9030751.151	818878.52	1.50 m
C-03 (km 1+000.0)	9030550.319	818878.66	1.50 m
C-04 (km 1+500.0)	9030800.625	818486.08	1.50 m

Figura 9.

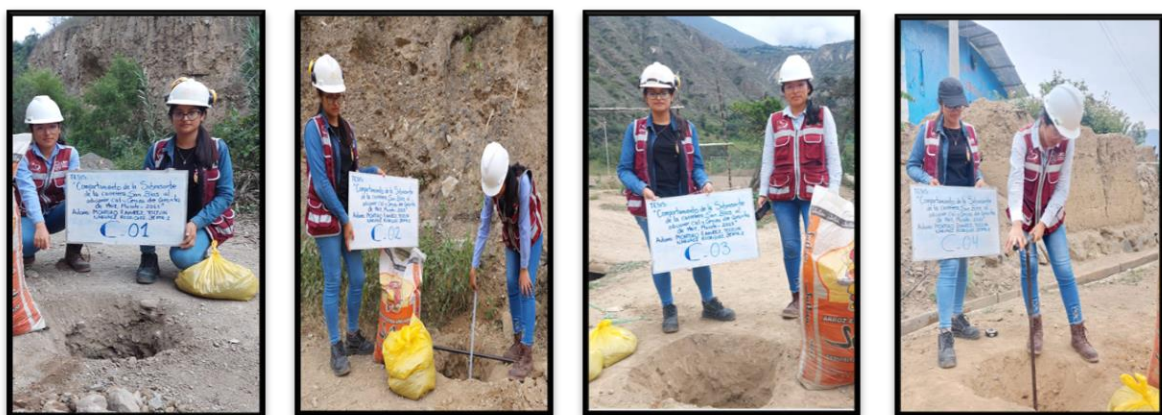
Delimitación del tramo en estudio – Carretera San Blas



Nota. Obtenido de Google Earth, Google, s.f..

Fotografía 1.

Obtención de muestras de suelo natural de las calicatas C-01,C-02,C-03,C-04

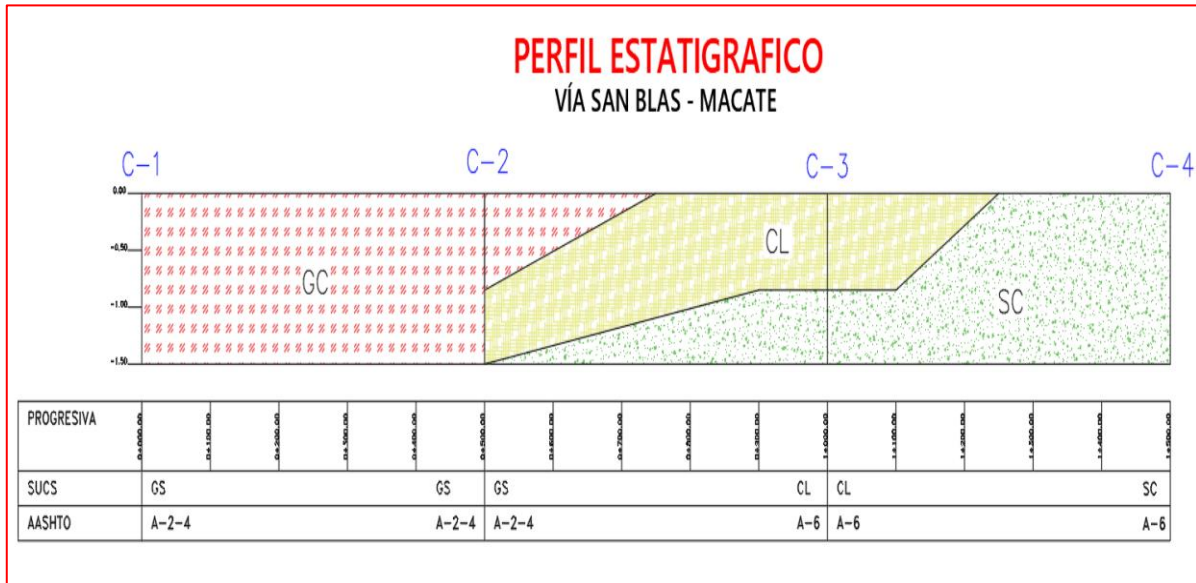


Toma de datos

Cada calicata requiere un perfil estratigráfico que describa con mayor precisión el tipo de suelo hallado en el área de estudio, elaborado en función de las muestras recolectadas.

Figura 10.

Perfil Estratigráfico del Tramo en Estudio



3.7.5.2 Ensayos ejecutados en laboratorio

a) Determinación del contenido de humedad de la muestra de suelo natural en estudio

Instrumentos

Balanza calibrada, taras, horno de secado con capacidad de mantener una temperatura de mantener una temperatura uniforme de 110 ± 5 °C, guantes, cucharón metálico.

Procedimiento

- Se procede a pesar las taras en la balanza y se registra el número de recipiente en la ficha de toma de datos.
- Se hace un proceso de cuarteo del material tomado de la calicata a estudiar, para seleccionar las muestras.
- Se añade muestras de la tierra húmeda en las taras y se procede a pesar.

- Se registran los datos del peso de la tara y la muestra húmeda, luego se colocan en el horno de 115 ± 5 °C de temperatura por 24 horas, pasado este tiempo se procede a pesar las taras con las muestras secas.
- Se registran los pesos en la balanza de precisión de 0.01g de las muestras en la ficha de datos.

Fotografía 2.

Cuarteo de la muestra de subrasante proveniente de la carretera San Blas.



Toma de datos

Para cada muestra de suelo correspondiente a una calicata se realizó tres ensayos, estos datos nos servirá para calcular el contenido de humedad promedio.

Tabla 15.

Tomas de Datos del Ensayo de Contenido de Humedad a la Subrasante

Procedimiento	C-01	C-02	C-02	C-03	C-03	C-04
		(E-01)	(E-02)	(E-01)	(E-02)	(E-01)
1. Peso Tara, [gr]	26.54	27.6	29.65	28.63	25.36	32.36
2. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]	129.41	127.14	133.36	133.63	128.36	133.36



3. Peso Tara + Suelo Seco,	121.36	121.86	125.02	127.41	120.36	126.36
[gr]						
4. Peso Agua, [gr]	8.05	5.28	8.34	6.22	8	7
5. Peso Suelo Seco, [gr]	94.82	94.26	95.37	98.78	95	94

b) Análisis granulométrico de suelos por tamizado (NTP 339.128)

Instrumentos y Equipos

Horno de secado con temperatura uniforme de 110 ± 5 °C, balanza de 0.1g de sensibilidad, taras, recipientes para el material, cepillo para la limpieza de tamices, serie de tamices (N° 2”, N° 1 ½”, N° ¾”, N° ½”, N° 3/8”, N° 4, N° 10, N° 20. N° 40, N° 60, N° 100, N° 200, fondo y tapa)

Procedimiento

- Se realizó un cuarteo de las muestras, se pesó la muestra y se saturó por 24 horas, todo esto se realizó para obtener una masa constante.
- Después de 24 horas en el horno, se lavaron las muestras con una malla N°200, separando los finos del suelo y conservando únicamente el material que quedó en la malla, el cual se secará posteriormente en el horno.
- Una vez que el material se secó, se procedió a pesar, determinando así la pérdida por lavado.
- El material se colocó en los tamices en forma que su abertura sea descendente. Se movió los tamices de un lado a otro, en forma de circunferencias por alrededor de 10 min. Luego procedimos a pesar y registrar las muestras retenidas en cada malla. Se verificó que la suma total de toda la muestra retenida, tenga el mismo peso que la muestra inicial, o en todo caso podría variar en no más del 1%.

Fotografía 3.

Tamizado del material obtenido de la subrasante proveniente de la carretera San Blas.



Toma de datos

Se registran los datos de cada muestra de suelo correspondiente a cada calicata para posteriormente dibujar la curva granulométrica y hallar los coeficientes de uniformidad y curvatura.

Tabla 16.

Toma de datos para el Ensayo de Granulometría

Mallas	Abertura [mm]	Muestras de suelo					
		C-01	C-02		C- 03		C- 04
			(E1)	(E2)	(E1)	(E2)	
		Pesos iniciales (gr)					
		2750.00	2770.00	2963.00	695.00	544.00	844.00
		% pasa					
2.5	63.30	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
2"	50.80	90.18	100.00	93.25	100.00	100.00	100.00
1 1/2"	38.10	83.27	92.42	87.65	100.00	100.00	100.00
1"	25.40	70.91	80.87	77.93	100.00	100.00	100.00



“COMPORTAMIENTO DE LA SUBRASANTE DE LA CARRETERA SAN BLAS AL ADICIONAR CAL Y CENIZA DE CORONTA DE MAÍZ, MACATE -2023”

3/4"	19.05	61.45	71.12	70.91	100.00	95.22	93.84
1/2"	12.50	50.18	58.12	58.96	100.00	84.93	82.46
3/8"	9.50	44.36	51.62	53.26	90.22	76.84	74.76
N° 04	4.75	33.82	40.43	41.95	84.17	67.46	67.89
N° 10	2.00	25.82	33.21	34.69	78.42	60.85	62.20
N° 20	0.84	21.45	27.44	28.08	72.09	54.78	56.75
N° 40	0.42	18.91	24.55	24.74	66.33	51.84	52.84
N° 60	0.25	17.82	22.38	21.87	62.73	48.90	48.93
N° 100	0.15	16.36	20.22	19.34	56.98	43.75	45.73
N° 200	0.07	14.91	17.33	17.01	51.80	36.76	40.88
< N°200	-	-	-	-	-	-	-

c) Determinación del límite líquido de los suelos (NTP 339.129)

Instrumentos y Equipos

- Horno o estufa de secado con capacidad de mantener una temperatura uniforme de 110 ± 5 °C, vasija de porcelana, balanza con sensibilidad de 0.01 gr, cuchara de casa grande, taras o recipientes metálicos, acanalador o ranurador, calibrador, pipeta, tamiz N°40, espátula de hoja flexible y mortero.

Procedimiento

- Se calibró la cuchara de Casa Grande para que tenga una caída de 1 cm.
- Se pasó una porción de muestra a través de la malla N°40, seleccionando entre 150 y 250 gramos para la preparación de la muestra.
- La porción se mezcló con agua en un recipiente de porcelana para lograr una consistencia homogénea y pegajosa.



- Se colocó la muestra en la cuchara de Casa Grande, con un grosor aproximado de 1 cm, y se niveló la superficie.
- Se dividió el material de la cuchara en dos partes, trazando una línea en el centro con el acanalador.
- Luego, se giró la manija del aparato de Casa Grande a una velocidad constante, elevando la cuchara a 1 cm y golpeándola varias veces para que la muestra se uniera; se registró el número de golpes necesarios.
- Se tomó una muestra representativa de aproximadamente 1 pulgada de ancho, perpendicular a la ranura, se colocó en un recipiente metálico (tara) y se registró su peso para determinar el contenido de humedad, repitiendo este proceso según sea necesario para cumplir con los intervalos de golpes requeridos en la ficha de datos.
- Después de obtener los números de golpes, se pesó y secó en el horno durante 24 horas la muestra separada en las taras.

Fotografía 4.

Determinación del límite líquido de los suelos.



Toma de datos

El registro de los datos se muestra en las siguientes tablas:



Tabla 17.

Toma de Datos de la Subrasante para el Ensayo de Limite Liquido%

PROCEDIMIENTO SUBRASANTE	1. NO DE GOLPES	2. PESO TARA, [GR]	3. PESO TARA + SUELO HÚMEDO, [GR]	4. PESO TARA + SUELO SECO, [GR]	5. PESO AGUA, [GR]	6. PESO SUELO SECO, [GR]	7. CONTENIDO DE HUMEDAD, [%]
M-01	35	25.366	73.824	63.525	10.299	38.159	26.990
C01	M-02	28	24.746	77.260	64.974	12.286	40.228
	M-03	14	26.341	72.361	60.025	12.336	33.684
	M-01	33	26.214	73.024	63.744	9.280	37.530
C02-E01	M-02	26	25.310	71.312	61.004	10.308	35.694
	M-03	16	25.770	66.410	55.477	10.933	29.707
	M-01	34	26.371	69.142	59.391	9.751	33.020
C02-E02	M-02	23	25.471	68.395	57.335	11.060	31.864
	M-03	15	25.774	66.453	55.000	11.453	29.226
	M-01	33	25.741	75.301	64.134	11.167	38.393
C03-E01	M-02	26	25.140	73.471	62.234	11.237	37.094
	M-03	14	26.334	69.341	58.005	11.336	31.671
	M-01	39	26.431	70.147	61.035	9.112	34.604
C03-E02	M-02	27	26.558	69.930	59.866	10.064	33.308
	M-03	16	27.041	69.120	57.896	11.224	30.855
	M-01	39	27.501	39.906	37.109	2.797	9.608
C04	M-02	27	28.544	41.531	38.102	3.429	9.558
	M-03	16	28.498	37.555	34.989	2.566	6.491



Tabla 18.

Toma de Datos de la SN+3%(CAL+CCM) para el Ensayo de Limite Liquido%

PROCEDIMIENTO	1. NO DE SN+3%(CAL+CCM)	1. NO DE GOLPES	2. PESO	3. PESO	4. PESO	5. PESO	6. PESO	7.
			TARA, [GR]	TARA + SUELO HÚMEDO, [GR]	TARA + SUELO SECO, [GR]	AGUA, [GR]	SUELO SECO, [GR]	CONTENIDO DE HUMEDAD, [%]
C01	M-01	36	26.251	77.524	67.123	10.401	40.872	25.448
	M-02	26	25.855	78.254	66.600	11.654	40.745	28.602
	M-03	16	26.368	77.365	64.336	13.029	37.968	34.316
C02-E01	M-01	35	25.471	77.452	67.940	9.512	42.469	22.398
	M-02	27	25.639	78.457	67.245	11.212	41.606	26.948
	M-03	14	26.332	77.326	64.254	13.072	37.922	34.471
C02-E02	M-01	34	24.369	75.369	64.365	11.004	39.996	27.513
	M-02	23	25.654	76.341	63.856	12.485	38.202	32.682
	M-03	15	26.354	74.524	61.365	13.159	35.011	37.585
C03-E01	M-01	33	25.741	75.301	64.134	11.167	38.393	29.086
	M-02	26	25.140	73.471	62.234	11.237	37.094	30.293
	M-03	14	26.334	69.341	58.861	10.480	32.527	32.219
C03-E02	M-01	35	25.163	75.630	65.760	9.870	40.597	24.312
	M-02	27	25.254	75.210	64.254	10.956	39.000	28.092
	M-03	16	25.471	75.330	62.036	13.294	36.565	36.357
C04	M-01	35	25.436	75.365	64.562	10.803	39.126	27.611
	M-02	27	26.354	74.336	63.569	10.767	37.215	28.932
	M-03	16	25.160	75.310	63.365	11.945	38.205	31.266



Tabla 19.

Toma de Datos de la SN+5%(CAL+CCM) para el Ensayo de Limite Liquido%

PROCEDIMIENTO SN+5%(CAL+CCM)	1. NO DE GOLPES	2. PESO TARA, [GR]	3. PESO TARA + SUELO HÚMEDO, [GR]	4. PESO TARA + SUELO SECO, [GR]	5. PESO AGUA, [GR]	6. PESO SUELO SECO, [GR]	7. CONTENIDO DE HUMEDAD, [%]	
M-01	35	25.365	76.455	66.142	10.313	40.777	25.291	
C01	M-02	28	26.354	77.658	66.047	11.611	39.693	29.252
	M-03	14	25.485	78.632	65.657	12.975	40.172	32.299
	M-01	33	25.684	77.658	67.813	9.845	42.129	23.369
C02-E01	M-02	26	25.487	78.560	67.294	11.266	41.807	26.948
	M-03	16	26.152	78.652	66.012	12.640	39.860	31.711
	M-01	34	27.445	76.930	67.065	9.865	39.620	24.899
C02-E02	M-02	23	27.365	76.885	64.820	12.065	37.455	32.212
	M-03	14	28.320	77.821	64.136	13.685	35.816	38.209
	M-01	33	25.378	76.365	64.863	11.502	39.485	29.130
C03-E01	M-02	26	25.524	76.854	64.965	11.889	39.441	30.144
	M-03	14	26.774	77.252	64.942	12.310	38.168	32.252
	M-01	35	25.658	75.885	66.810	9.075	41.152	22.052
C03-E02	M-02	27	26.582	76.365	65.860	10.505	39.278	26.745
	M-03	16	25.325	77.325	64.860	12.465	39.535	31.529
	M-01	35	28.542	77.632	67.923	9.709	39.381	24.654
C04	M-02	27	28.652	78.732	67.865	10.867	39.213	27.713
	M-03	16	27.332	77.254	65.720	11.534	38.388	30.046



Tabla 20.

Toma de Datos de la SN+8%(CAL+CCM) para el Ensayo de Limite Liquido%

PROCEDIMIENTO SN+8%(CAL+CCM)	1. NO DE GOLPES	2. PESO TARA, [GR]	3. PESO	4. PESO	5. PESO AGUA, [GR]	6. PESO SUELO SECO, [GR]	7. CONTENIDO DE HUMEDAD, [%]	
			TARA + SUELO HÚMEDO, [GR]	TARA + SUELO SECO, [GR]				
C01	M-01	35	25.862	76.325	66.492	9.833	40.630	24.201
	M-02	27	26.542	76.325	65.587	10.738	39.045	27.502
	M-03	14	25.452	75.335	63.194	12.141	37.742	32.168
C02-E01	M-01	33	25.136	74.253	65.513	8.740	40.377	21.646
	M-02	26	25.365	76.210	65.632	10.578	40.267	26.270
	M-03	16	26.152	77.954	65.923	12.031	39.771	30.251
C02-E02	M-01	34	27.045	76.458	67.062	9.396	40.017	23.480
	M-02	24	27.330	76.165	64.865	11.300	37.535	30.105
	M-03	15	27.314	77.671	63.980	13.691	36.666	37.340
C03-E01	M-01	33	25.143	76.452	64.850	11.602	39.707	29.219
	M-02	26	26.489	76.331	64.632	11.699	38.143	30.671
	M-03	14	26.332	77.152	64.770	12.382	38.438	32.213
C03-E02	M-01	35	25.451	74.320	66.210	8.110	40.759	19.897
	M-02	27	26.435	75.850	65.765	10.085	39.330	25.642
	M-03	16	26.130	75.250	63.856	11.394	37.726	30.202
C04	M-01	35	25.489	74.536	65.986	8.550	40.497	21.113
	M-02	27	25.463	74.336	64.423	9.913	38.960	25.444
	M-03	16	25.395	74.452	63.231	11.221	37.836	29.657

d) Determinación del límite Plástico (L.P.) e índice de plasticidad (I.P.) (NTP 339.129)

Instrumentos y Equipos

- Horno con temperatura uniforme de 110 ± 5 °C, vasija de porcelana, vidrio esmerilado, balanza con sensibilidad de 0.01 gr, taras o recipientes metálicos, tamiz N°40, espátula de hoja flexible.

Procedimiento

- Con las mismas muestras del ensayo que hicimos el límite líquido procedimos a tomar muestras de 1.5 a 2.0 gramos, luego deslizamos la muestra sobre el vidrio esmerilado, con la yema de los dedos le damos forma de pequeños cilindros o rollitos, regulares y uniformes de 3.20 mm aproximadamente.
- Los pequeños cilindros se desmoronarán a un diámetro total de aproximadamente 3.20 mm al perder humedad, momento en el cual finaliza el ensayo.
- Repetiremos este proceso hasta alcanzar el peso adecuado en los recipientes; antes de introducirlas en el horno por 24 horas, se pesarán y registrarán las muestras.
- Tras las 24 horas, se anotan los pesos secos de los recipientes y se procede a determinar el contenido de humedad, que representa su límite plástico.

Fotografía 5.

Determinación del límite plástico del suelo.



Toma de datos



Tabla 21.

Toma de Datos de la Subrasante para el Ensayo de Limite Plástico%

PROCEDIMIENTO SUBRASANTE		1. PESO	2. PESO	3. PESO	4. PESO	5. PESO	6.
		TARA, [GR]	TARA + SUELO HÚMEDO, [GR]	TARA + SUELO SECO, [GR]	AGUA, [GR]	SUELO SECO, [GR]	CONTENIDO DE HUMEDAD, [%]
C01	M-01	25.360	31.410	30.295	1.115	4.935	22.594
	M-02	25.110	30.741	29.722	1.019	4.612	22.095
	M-03	25.187	30.661	29.675	0.986	4.488	21.970
C02-E01	M-01	26.300	31.660	30.695	0.965	4.395	21.957
	M-02	25.360	30.450	29.525	0.925	4.165	22.209
	M-03	25.880	30.630	29.770	0.860	3.890	22.108
C02-E02	M-01	27.310	35.592	33.997	1.595	6.687	23.852
	M-02	27.332	35.554	33.945	1.609	6.613	24.331
	M-03	27.324	35.330	33.815	1.515	6.491	23.340
C03-E01	M-01	24.668	30.410	29.425	0.985	4.757	20.706
	M-02	25.741	31.241	30.285	0.956	4.544	21.039
	M-03	25.698	30.641	29.775	0.866	4.077	21.241
C03-E02	M-01	25.883	28.654	28.179	0.475	2.296	20.688
	M-02	26.041	28.881	28.388	0.493	2.347	21.006
	M-03	26.335	28.456	28.092	0.364	1.757	20.717
C04	M-01	27.303	31.573	30.765	0.808	3.462	23.339
	M-02	27.453	30.694	30.090	0.604	2.637	22.905
	M-03	28.201	33.418	32.455	0.963	4.254	22.638



Tabla 22.

Toma de Datos de la SN+3%(CAL+CCM) para el Ensayo de Limite Plástico%

PROCEDIMIENTO SN+3%(CAL+CCM)		1. PESO	2. PESO	3. PESO	4. PESO	5. PESO	6.
		TARA, [GR]	TARA + SUELO HÚMEDO, [GR]	TARA + SUELO SECO, [GR]	AGUA, [GR]	SUELO SECO, [GR]	CONTENIDO DE HUMEDAD, [%]
C01	M-01	25.360	33.524	31.860	1.664	6.500	25.600
	M-02	25.110	35.653	33.482	2.171	8.372	25.932
	M-03	25.187	35.314	33.245	2.069	8.058	25.676
C02-E01	M-01	26.300	31.660	30.578	1.082	4.278	25.292
	M-02	25.360	30.450	29.525	0.925	4.165	22.209
	M-03	25.880	30.630	29.770	0.860	3.890	22.108
C02-E02	M-01	27.684	35.365	33.876	1.489	6.192	24.047
	M-02	27.584	36.452	34.713	1.739	7.129	24.393
	M-03	26.865	36.325	34.396	1.929	7.531	25.614
C03-E01	M-01	25.668	30.750	29.853	0.897	4.185	21.434
	M-02	25.741	30.641	29.813	0.828	4.072	20.334
	M-03	25.698	31.041	30.087	0.954	4.389	21.736
C03-E02	M-01	24.774	32.361	30.982	1.379	6.208	22.213
	M-02	25.634	32.145	30.954	1.191	5.320	22.387
	M-03	25.641	31.421	30.350	1.071	4.709	22.744
C04	M-01	27.456	32.336	31.406	0.930	3.950	23.544
	M-02	26.368	32.942	31.693	1.249	5.325	23.455
	M-03	26.154	33.040	31.700	1.340	5.546	24.162



Tabla 23.

Toma de Datos de la SN+5%(CAL+CCM) para el Ensayo de Limite Plástico%

PROCEDIMIENTO SN+5%(CAL+CCM)		1. PESO	2. PESO	3. PESO	4. PESO	5. PESO	6.
		TARA, [GR]	TARA + SUELO HÚMEDO, [GR]	TARA + SUELO SECO, [GR]	AGUA, [GR]	SUELO SECO, [GR]	CONTENIDO DE HUMEDAD, [%]
C01	M-01	26.426	34.516	32.889	1.627	6.463	25.174
	M-02	26.846	35.159	33.415	1.744	6.569	26.549
	M-03	26.549	34.784	33.075	1.709	6.526	26.188
C02-E01	M-01	25.675	32.242	31.004	1.238	5.329	23.231
	M-02	25.685	32.495	31.157	1.338	5.472	24.452
	M-03	25.663	32.322	31.072	1.250	5.409	23.110
C02-E02	M-01	26.865	35.646	33.901	1.745	7.036	24.801
	M-02	26.365	35.365	33.590	1.775	7.225	24.567
	M-03	26.495	35.495	33.680	1.815	7.185	25.261
C03-E01	M-01	25.778	31.684	30.623	1.061	4.845	21.899
	M-02	26.325	32.653	31.484	1.169	5.159	22.659
	M-03	25.845	32.452	31.234	1.218	5.389	22.602
C03-E02	M-01	26.487	32.558	31.413	1.145	4.926	23.244
	M-02	26.854	32.532	31.453	1.079	4.599	23.462
	M-03	25.854	32.752	31.471	1.281	5.617	22.806
C04	M-01	25.886	33.452	31.995	1.457	6.109	23.850
	M-02	26.635	34.165	32.706	1.459	6.071	24.032
	M-03	25.851	34.352	32.706	1.646	6.855	24.012



Tabla 24.

Toma de Datos de la SN+8%(CAL+CCM) para el Ensayo de Limite Plástico%

PROCEDIMIENTO SN+8%(CAL+CCM)		1. PESO	2. PESO	3. PESO	4. PESO	5. PESO	6.
		TARA, [GR]	TARA + SUELO HÚMEDO, [GR]	TARA + SUELO SECO, [GR]	AGUA, [GR]	SUELO SECO, [GR]	CONTENIDO DE HUMEDAD, [%]
C01	M-01	27.658	36.357	34.545	1.812	6.887	26.310
	M-02	27.467	36.251	34.368	1.883	6.901	27.286
	M-03	27.546	36.352	34.575	1.777	7.029	25.281
C02-E01	M-01	25.365	31.245	30.089	1.156	4.724	24.471
	M-02	25.745	32.456	31.154	1.302	5.409	24.071
	M-03	26.112	32.251	31.101	1.150	4.989	23.051
C02-E02	M-01	25.365	32.565	31.084	1.481	5.719	25.896
	M-02	26.452	33.652	32.165	1.487	5.713	26.028
	M-03	25.154	31.525	30.212	1.313	5.058	25.959
C03-E01	M-01	25.348	31.523	30.312	1.211	4.964	24.396
	M-02	26.798	32.410	31.305	1.105	4.507	24.517
	M-03	26.452	32.784	31.540	1.244	5.088	24.450
C03-E02	M-01	25.654	31.103	30.050	1.053	4.396	23.954
	M-02	26.452	32.520	31.356	1.164	4.904	23.736
	M-03	26.882	32.470	31.423	1.047	4.541	23.057
C04	M-01	26.047	34.528	32.862	1.666	6.815	24.446
	M-02	26.145	34.187	32.613	1.574	6.468	24.335
	M-03	26.854	34.268	32.812	1.456	5.958	24.438



e) Compactación de suelos en laboratorio utilizando una energía modificada (Proctor modificado ASTM D-1557)

Se utilizó el Método “C”

- Molde: 152,4 mm (6 ") de diámetro, Muestra de suelo que pasa el tamiz 3/4" (19 mm)
- Capas: 5
- Golpes: 56
- Uso: Cuando más del 20% en peso del material se retiene en el tamiz 9,5 mm (3/8 pulg.) y menos de 30% en peso es retenido en el tamiz 19,0 mm (3/4 pulg.).
- Otros usos: Este método de prueba generalmente producirá un Peso Unitario Seco Máximo bien definido para suelos que no drenan libremente.

Instrumentos y Equipos

- Tamices 3/4", 3/8" y N°4, molde de 6", balanza con aproximación de 0.01 g, horno o estufa de secado con temperatura uniforme de 110 ± 5 °C, pisón o martillo, bandeja o recipiente metálico, extractor de muestras, cucharón, badilejo, espátula, enrasador o regla de metálica.

Procedimiento

- Se secó la muestra de suelo en el horno y luego se tamizó a través de los tamices de malla de 3/4", 3/8" y N°4.
- La muestra se secó y pesó adecuadamente, luego se dividió en porciones de 6 kg para cada punto de Proctor. Se pesó el molde con la base, sin el collar superior, y una vez pesado se volvió a colocar el collar.
- También se pesaron los porcentajes en gramos de cal y ceniza de mazorca de maíz (ver tabla 9).
- Se añadió agua a las muestras en diferentes porcentajes y se mezcló en una bandeja metálica hasta que la mezcla se homogenizara.



- Luego, la muestra se dividió en cinco partes iguales y se colocó dentro del molde, asegurando que la altura fuera uniforme.
- El suelo se compactó en cinco capas sucesivas, aplicando 56 golpes con el pistón en cada capa.
- Una vez completadas las cinco capas, se retiró el collarín de extensión, dejando la superficie plana y nivelándola con una regla metálica.
- Se pesó y registró el peso de la muestra extraída axialmente del centro del molde, lo que permitió determinar el contenido de humedad según el ensayo NTP 339.127.
- Estas muestras se introdujeron en el horno durante 24 horas y luego se pesaron en estado seco para calcular el contenido de humedad.
- Este proceso se repitió hasta completar los cinco ensayos de Proctor, a partir de los cuales se elaboró la curva de compactación (Densidad / Humedad).

Fotografía 6.

Ensayo de Proctor modificado de la subrasante de la carretera San Blas.





Toma de datos

Tabla 25.

Toma de Datos de la Subrasante para el Ensayo de Proctor Modificado

PROCEDIMIENTO SUBRASANTE	1. VOLUMEN DEL MOLDE (CM3)	2. PESO DEL MOLDE (GR)	3. PESO DEL MOLDE + MUESTRA	4. PESO DE LA MUESTRA HÚMEDA (GR)	5. DENSIDAD HÚMEDA DE LA MUESTRA (GR/CM3)	6. PESO DE LA TARA (GR)	7. PESO DE LA TARA + SUELO HÚMEDO (GR)	8. PESO DE LA TARA + SUELO	9. PESO DEL AGUA (GR)	10. PESO DEL SUELO SECO (GR)	11. CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	12. DENSIDAD SECA DE LA MUESTRA (GR/CM3)	
C01	Pto. I	2133.80	6323.40	11040.00	4716.60	2.21	25.63	131.32	127.54	3.78	101.91	3.71	2.131
	Pto. II	2133.80	6323.40	11350.00	5026.60	2.36	25.17	129.86	124.12	5.74	98.95	5.80	2.227
	Pto. III	2133.80	6323.40	11485.00	5161.60	2.42	25.33	130.11	122.71	7.40	97.38	7.60	2.248
	Pto. IV	2133.80	6323.40	11464.00	5140.60	2.41	28.65	129.36	119.98	9.38	91.33	10.27	2.185
	Pto. V	2133.80	6323.40	11407.00	5083.60	2.38	25.22	136.65	124.33	12.32	99.11	12.43	2.119
C02	Pto. I	2133.80	6323.40	11056.00	4732.60	2.22	26.36	133.63	130.15	3.48	103.79	3.35	2.146
	Pto. II	2133.80	6323.40	11294.00	4970.60	2.33	25.14	130.69	125.16	5.53	100.02	5.53	2.207



“COMPORTAMIENTO DE LA SUBRASANTE DE LA CARRETERA SAN BLAS AL ADICIONAR CAL Y CENIZA DE CORONTA DE MAÍZ, MACATE -2023”

	Pto. III	2133.80	6323.40	11496.00	5172.60	2.42	25.69	132.30	124.86	7.44	99.17	7.50	2.255
	Pto. IV	2133.80	6323.40	11487.00	5163.60	2.42	26.36	133.14	124.18	8.96	97.82	9.16	2.217
	Pto. V	2133.80	6323.40	11412.00	5088.60	2.38	25.34	135.32	124.26	11.06	98.92	11.18	2.145
C03	Pto. I	2133.80	6323.40	10050.00	3270.00	1.53	25.77	130.32	120.66	9.66	94.89	10.18	1.391
	Pto. II	2133.80	6323.40	10214.00	3634.00	1.70	25.14	135.65	124.01	11.64	98.87	11.77	1.524
	Pto. III	2133.80	6323.40	10154.00	4149.20	1.95	27.25	139.03	125.40	13.63	98.15	13.88	1.716
	Pto. IV	2133.80	6323.40	10004.00	3976.60	1.87	27.25	135.96	120.30	15.66	93.05	16.83	1.600
	Pto. V	2133.80	6323.40	10024.00	3965.60	1.70	25.33	134.36	117.12	17.24	91.79	18.78	1.434
	Pto. I	2133.80	6323.40	10355.00	4031.60	1.89	25.96	130.36	124.40	5.97	98.44	6.06	1.781
	Pto. II	2133.80	6323.40	10704.00	4380.60	2.05	25.66	134.13	125.31	8.82	99.65	8.85	1.886
C04	Pto. III	2133.80	6323.40	10990.00	4666.60	2.19	26.36	134.27	122.55	11.71	96.19	12.18	1.950
	Pto. IV	2133.80	6323.40	10820.00	4496.60	2.11	27.36	136.25	122.06	14.19	94.70	14.99	1.833
	Pto. V	2133.80	6323.40	10614.00	4290.60	2.01	25.14	133.24	117.33	15.91	92.19	17.26	1.715



Tabla 26.

Toma de Datos de la SN+3%(CAL+CCM) para el Ensayo de Proctor Modificado

PROCEDIMIENTO SN+3%(CAL+CCM)	1. VOLUMEN DEL MOLDE (CM3)	2. PESO DEL MOLDE (GR)	3. PESO DEL MOLDE + MUESTRA HÚMEDA (GR)	4. PESO DE LA MUESTRA HÚMEDA (GR)	5. DENSIDAD HÚMEDA DE LA MUESTRA (GR/CM3)	6. PESO DE LA TARA (GR)	7. PESO DE LA TARA + SUELO HÚMEDO (GR)	8. PESO DE LA TARA + SUELO SECO (GR)	9. PESO DEL AGUA (GR)	10. PESO DEL SUELO SECO (GR)	11. CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	12. DENSIDAD SECA DE LA MUESTRA (GR/CM3)
Pto. I	2133.80	6323.40	11096.00	4772.60	2.24	26.33	127.54	125.14	2.41	98.81	2.43	2.183
Pto. II	2133.80	6323.40	11345.00	5021.60	2.35	26.15	127.15	123.03	4.13	96.88	4.26	2.257
C01 Pto. III	2133.80	6323.40	11589.00	5265.60	2.47	25.33	126.33	119.73	6.60	94.40	7.00	2.306
Pto. IV	2133.80	6323.40	11607.00	5283.60	2.48	26.15	126.25	117.79	8.47	91.63	9.24	2.267
Pto. V	2133.80	6323.40	11574.00	5250.60	2.46	25.85	126.75	116.46	10.29	90.61	11.35	2.210
Pto. I	2133.80	6323.40	11042.00	4718.60	2.21	25.33	126.46	124.13	2.33	98.80	2.36	2.160
C02 Pto. II	2133.80	6323.40	11294.00	4970.60	2.33	26.31	126.34	122.36	3.97	96.05	4.14	2.237
Pto. III	2140.80	6323.40	11534.00	5365.60	2.51	26.26	126.99	120.42	6.57	94.16	6.97	2.343



“COMPORTAMIENTO DE LA SUBRASANTE DE LA CARRETERA SAN BLAS AL ADICIONAR CAL Y CENIZA DE CORONTA DE MAÍZ, MACATE -2023”

	Pto. IV	2133.80	6323.40	11554.00	5230.60	2.45	26.49	127.37	118.96	8.40	92.48	9.09	2.247
	Pto. V	2133.80	6323.40	11476.00	5152.60	2.41	26.35	127.33	117.24	10.09	90.89	11.10	2.174
	Pto. I	2133.80	6323.40	10313.00	3989.60	1.87	26.57	126.87	124.65	2.21	98.08	2.26	1.828
	Pto. II	2133.80	6323.40	10948.00	4624.60	2.17	26.34	127.34	123.13	4.21	96.79	4.35	2.077
C03	Pto. III	2133.80	6323.40	11276.00	4952.60	2.32	27.15	128.34	122.37	5.98	95.22	6.28	2.184
	Pto. IV	2133.80	6323.40	11087.00	4763.60	2.23	26.37	128.39	120.66	7.72	94.30	8.19	2.063
	Pto. V	2133.80	6323.40	10788.00	4464.60	2.09	26.75	128.37	118.67	9.70	91.92	10.55	1.893
	Pto. I	2133.80	6323.40	10338.00	4014.60	1.88	27.54	128.37	126.10	2.27	98.56	2.30	1.839
	Pto. II	2133.80	6323.40	10805.00	4481.60	2.10	26.37	129.33	124.79	4.54	98.42	4.61	2.008
C04	Pto. III	2133.80	6323.40	11308.00	4984.60	2.34	25.89	130.25	123.75	6.50	97.87	6.64	2.191
	Pto. IV	2133.80	6323.40	11128.00	4804.60	2.25	24.33	128.54	120.33	8.21	96.01	8.55	2.074
	Pto. V	2133.80	6323.40	10766.00	4442.60	2.08	25.37	128.77	118.75	10.02	93.39	10.73	1.880



Tabla 27.

Toma de Datos de la SN+5%(CAL+CCM) para el Ensayo de Proctor Modificado

PROCEDIMIENTO SN+5%(CAL+CCM)	1. VOLUMEN DEL MOLDE (CM3)	2. PESO DEL MOLDE (GR)	3. PESO DEL MOLDE + MUESTRA HÚMEDA (GR)	4. PESO DE LA MUESTRA HÚMEDA (GR)	5. DENSIDAD HÚMEDA DE LA MUESTRA (GR/CM3)	6. PESO DE LA TARA (GR)	7. PESO DE LA TARA + SUELO HÚMEDO (GR)	8. PESO DE LA TARA + SUELO SECO (GR)	9. PESO DEL AGUA (GR)	10. PESO DEL SUELO SECO (GR)	11. CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	12. DENSIDAD SECA DE LA MUESTRA (GR/CM3)
Pto. I	2133.80	6323.40	11134.00	4810.60	2.25	25.14	126.45	124.12	2.33	98.98	2.35	2.203
Pto. II	2133.80	6323.40	11439.00	5115.60	2.40	26.36	128.35	124.06	4.29	97.70	4.39	2.297
C01 Pto. III	2133.80	6323.40	11616.00	5292.60	2.48	25.41	129.14	122.92	6.22	97.51	6.38	2.332
Pto. IV	2133.80	6323.40	11645.00	5321.60	2.49	25.85	129.15	121.04	8.12	95.19	8.53	2.298
Pto. V	2133.80	6323.40	11609.00	5285.60	2.48	26.04	128.37	118.76	9.61	92.72	10.36	2.244
Pto. I	2133.80	6323.40	11093.00	4769.60	2.24	27.32	128.47	126.15	2.32	98.83	2.35	2.184
C02 Pto. II	2133.80	6323.40	11386.00	5062.60	2.37	26.15	127.37	123.15	4.22	97.00	4.35	2.274
Pto. III	2133.80	6323.40	11634.00	5310.60	2.49	26.27	127.18	121.28	5.90	95.02	6.21	2.343



“COMPORTAMIENTO DE LA SUBRASANTE DE LA CARRETERA SAN BLAS AL ADICIONAR CAL Y CENIZA DE CORONTA DE MAÍZ, MACATE -2023”

	Pto. IV	2133.80	6323.40	11586.00	5262.60	2.47	26.31	127.16	119.16	8.00	92.84	8.62	2.271
	Pto. V	2133.80	6323.40	11507.00	5183.60	2.43	27.02	128.03	118.48	9.56	91.45	10.45	2.199
	Pto. I	2133.80	6323.40	10463.00	4139.60	1.94	27.41	128.21	125.90	2.32	98.48	2.35	1.895
	Pto. II	2133.80	6323.40	11014.00	4690.60	2.20	25.32	126.15	122.13	4.01	96.81	4.15	2.111
C03	Pto. III	2133.80	6323.40	11314.00	4990.60	2.34	26.15	128.37	122.58	5.78	96.44	6.00	2.206
	Pto. IV	2133.80	6323.40	11124.00	4800.60	2.25	25.37	128.32	120.32	8.00	94.96	8.43	2.075
	Pto. V	2133.80	6323.40	10869.00	4545.60	2.13	24.33	128.15	118.01	10.13	93.68	10.81	1.922
	Pto. I	2133.80	6323.40	10368.00	4044.60	1.90	26.15	128.66	126.37	2.29	100.22	2.29	1.853
	Pto. II	2133.80	6323.40	10769.00	4445.60	2.08	26.31	128.14	124.15	3.99	97.84	4.08	2.002
C04	Pto. III	2133.80	6323.40	11361.00	5037.60	2.36	26.48	128.37	122.37	6.00	95.89	6.26	2.222
	Pto. IV	2133.80	6323.40	11151.00	4672.60	2.19	26.37	129.15	121.36	7.78	94.99	8.19	2.024
	Pto. V	2133.80	6323.40	10806.00	4482.60	2.10	26.19	129.33	119.46	9.87	93.27	10.59	1.900



Tabla 28.

Toma de Datos de la SN+8%(CAL+CCM) para el Ensayo de Proctor Modificado

PROCEDIMIENTO SN+8%(CAL+CCM)	1. VOLUMEN DEL MOLDE (CM3)	2. PESO DEL MOLDE (GR)	3. PESO DEL MOLDE + MUESTRA HÚMEDA (GR)	4. PESO DE LA MUESTRA HÚMEDA (GR)	5. DENSIDAD HÚMEDA DE LA MUESTRA (GR/CM3)	6. PESO DE LA TARA (GR)	7. PESO DE LA TARA + SUELO HÚMEDO (GR)	8. PESO DE LA TARA + SUELO SECO (GR)	9. PESO DEL AGUA (GR)	10. PESO DEL SUELO SECO (GR)	11. CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	12. DENSIDAD SECA DE LA MUESTRA (GR/CM3)
Pto. I	2133.80	6323.40	11106.00	4782.60	2.24	25.33	125.87	123.77	2.10	98.44	2.13	2.195
Pto. II	2133.80	6323.40	11549.00	5225.60	2.45	25.46	126.99	122.45	4.54	96.99	4.68	2.339
C01 Pto. III	2133.80	6323.40	11837.00	5513.60	2.58	26.37	127.35	121.14	6.21	94.78	6.55	2.425
Pto. IV	2133.80	6323.40	11824.00	5500.60	2.58	25.48	126.34	118.64	7.70	93.15	8.27	2.381
Pto. V	2133.80	6323.40	11730.00	5406.60	2.53	25.34	126.14	116.34	9.81	90.99	10.78	2.287
Pto. I	2133.80	6323.40	11014.00	4690.60	2.20	26.66	128.35	126.34	2.01	99.68	2.02	2.155
C02 Pto. II	2133.80	6323.40	11496.00	5172.60	2.42	26.88	127.42	123.45	3.97	96.57	4.11	2.328
Pto. III	2133.80	6323.40	11834.00	5510.60	2.58	25.77	126.56	120.63	5.93	94.87	6.25	2.431



“COMPORTAMIENTO DE LA SUBRASANTE DE LA CARRETERA SAN BLAS AL ADICIONAR CAL Y CENIZA DE CORONTA DE MAÍZ, MACATE -2023”

	Pto. IV	2133.80	6323.40	11808.00	5484.60	2.57	26.34	127.54	119.69	7.86	93.35	8.42	2.371
	Pto. V	2133.80	6323.40	11724.00	5400.60	2.53	27.42	128.25	118.43	9.82	91.01	10.78	2.285
	Pto. I	2133.80	6323.40	10786.00	4462.60	2.09	26.19	126.36	124.14	2.22	97.96	2.26	2.045
	Pto. II	2133.80	6323.40	11289.00	4965.60	2.33	26.23	128.34	124.16	4.18	97.93	4.27	2.232
C03	Pto. III	2133.80	6323.40	11534.00	5210.60	2.44	26.85	128.99	123.02	5.97	96.17	6.20	2.299
	Pto. IV	2133.80	6323.40	11345.00	5021.60	2.35	26.37	128.65	120.36	8.29	94.00	8.82	2.163
	Pto. V	2133.80	6323.40	11148.00	4824.60	2.26	26.18	128.46	118.64	9.82	92.46	10.62	2.044
	Pto. I	2133.80	6323.40	10674.00	4350.60	2.04	27.55	128.36	126.06	2.30	98.51	2.34	1.992
	Pto. II	2133.80	6323.40	11196.00	4872.60	2.28	26.85	129.67	125.36	4.31	98.50	4.37	2.188
C04	Pto. III	2133.80	6323.40	11533.00	5209.60	2.44	26.75	130.45	124.49	5.97	97.74	6.10	2.301
	Pto. IV	2133.80	6323.40	11366.00	5042.60	2.36	27.12	130.37	122.74	7.63	95.63	7.97	2.189
	Pto. V	2133.80	6323.40	11048.00	4724.60	2.21	27.25	130.11	120.03	10.09	92.78	10.87	1.997



f) CBR de suelos (laboratorio) (MTC E132)

Instrumentos y Equipos

- Pisón de compactación, molde de metal de 6” con collarín, tamices N°4, $\frac{3}{4}$ ” y 2”, balanza con aproximación de 0.01 g, cucharón y enrasador, disco espaciador de metal, con forma circular, aparato medidor de expansión, pesas cerradas para CBR de 2.71 kg, placa de expansión en bronce, pesas ranuradas de metal (Pesas abiertas) cada una con peso de 2.293 kg, trípode de expansión para CBR y diales con recorrido mínimo de 25 mm (1”) y divisiones lecturas en 0.025 mm (0.001”), aparato para aplicar la carga: Prensa hidráulica con anillo de carga. $V = 0.05$ pulg/min, pozo de agua, papel filtro o hojas de papel.

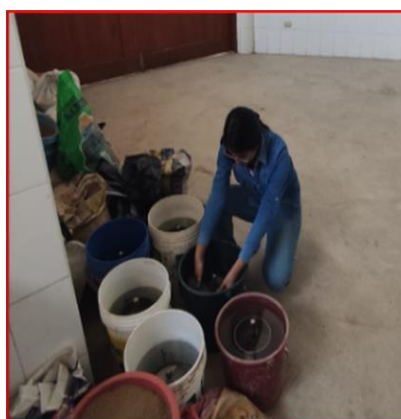
Procedimiento

- Se utilizaron los datos de contenido de humedad óptimo del ensayo de Proctor modificado, luego se pesaron los moldes y se prepararon para el ensayo, colocando el collarín, disco espaciador y papel filtro en los tres moldes de CBR.
- Las muestras se prepararon en una bandeja metálica, mezclando el suelo con los porcentajes de cal y CCM según el ensayo a realizar, añadiendo agua para alcanzar el contenido de humedad óptimo.
- La mezcla homogénea se dividió en cinco porciones iguales, que se usaron para llenar las cinco capas del molde; este proceso se repitió tres veces con una muestra de 6500 g como 100% para completar los tres ensayos de CBR (12, 25 y 56 golpes) para cada dosificación de suelo natural, cal y ceniza de mazorca de maíz.
- Una vez compactadas las muestras con el número determinado de golpes, se separó el collarín y se niveló con una regla metálica, girando el molde para que la parte superior quedara hacia abajo, asegurándolo con la base y retirando el disco espaciador, donde luego se colocarán las sobrecargas (pesas).

- Se registró el peso de la muestra compacta junto con la base y el molde, y se colocó papel filtro en la parte superior, luego se instaló la placa perforada con vástago ajustable y se añadieron las pesas de sobrecarga.
- Se realizó la lectura con el trípode y el dial, marcando los puntos de apoyo del trípode; luego las muestras se sumergieron en agua durante 4 días, registrando las variaciones de volumen con el trípode y el dial, asegurándose de que las patas del trípode estuvieran en los puntos marcados.
- Después de 4 días, se sacaron las muestras del pozo de inmersión y se dejaron drenar durante 15 minutos; se retiró el vástago y la placa, manteniendo las pesas en la muestra, y se llevó a cabo el ensayo de penetración en el equipo de CBR, verificando que los diales de presión y deformación estuvieran en cero.
- La velocidad de penetración se fijó en 0.05 pulgadas por minuto, registrando los datos de presión a las distintas profundidades de penetración.
- Finalmente, se retiró la muestra del equipo de CBR y las sobrecargas, para tomar una muestra del suelo ensayado y determinar la humedad final.

Fotografía 7.

Ensayo de CBR de la subrasante de la carretera San Blas.





Toma de datos

Tabla 29.

Toma de Datos de la Subrasante para el Ensayo de CBR

PROCEDIMIENTO DE CBR - SUBRASANTE Molde N°	CALICATA 01			CALICATA 02			CALICATA 03			CALICATA 04		
	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
N° de capas	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
N° de golpes por capa	56	26	12	56	26	12	56	26	12	56	26	12
1 Peso del molde + suelo compactado [gr]	20125	19895	19310	20285	19965	19440	19750	19420	18450	20150	19950	18760
2 Peso del molde [gr]	14952	15221	15071	14952	15221	15071	14952	15221	15071	14952	15221	15071
3 Peso de suelo compactado [gr] (1)-(2)	5173	4674	4239	5333	4744	4369	4798	4199	3379	5198	4729	3689
4 Volumen de molde [cm3]	2113.95	2113.95	2113.95	2113.95	2113.95	2113.95	2113.95	2113.95	2113.95	2113.95	2113.95	2113.95
5 Densidad húmeda [gr/cm3] (3)/(4)	2.45	2.21	2.01	2.52	2.24	2.07	2.27	1.99	1.60	2.46	2.24	1.75
Tara N°	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
6 Peso de la tara, [gr]	25.32	26.41	25.78	25.36	25.49	26.45	24.65	24.66	25.45	24.65	24.66	25.45
7 Peso de la tara + suelo húmedo, [gr]	65.33	66.31	70.57	120.65	105.96	125.42	105.33	108.37	110.55	108.54	102.37	106.01
8 Peso de la tara + suelo seco, [gr]	62.52	63.52	67.42	114.02	100.36	118.45	95.44	98.10	100.10	99.53	93.98	108.36
9 Peso del agua, [gr] (7)-(8)	2.81	2.79	3.14	6.63	5.60	6.97	9.89	10.26	10.44	9.01	8.39	2.34
10 Peso del suelo seco, [gr] (8)-(6)	37.19	37.11	41.65	88.66	74.87	92.01	70.79	73.45	74.66	74.88	69.32	82.91
11 Contenido de humedad, [%] (9)/(10)x100	7.56	7.52	7.54	7.48	7.48	7.57	13.96	13.97	13.99	12.03	12.10	2.83
12 Densidad seca de la muestra, [gr/cm3] 5/(1+(11)/100)	2.28	2.06	1.86	2.35	2.09	1.92	1.99	1.74	1.40	2.19	2.00	1.70



“COMPORTAMIENTO DE LA SUBRASANTE DE LA CARRETERA SAN BLAS AL ADICIONAR CAL Y CENIZA DE CORONTA DE MAÍZ, MACATE -2023”

Tabla 30.

Toma de Datos de la SN+3%(CAL+CCM) para el Ensayo de CBR

PROCEDIMIENTO DE CBR SN+3%(CAL+CCM)		Calicata 01			C02			C03			C04		
		I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
Molde N°													
N° de capas		5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
N° de golpes por capa		56	26	12	56	26	12	56	26	12	56	26	12
1	Peso del molde + suelo compactado [gr]	20202	19965	19241	20350	19995	19410	19975	19865	19368	20010	19870	19505
2	Peso del molde [gr]	14952	15221	15071	14952	15221	15071	14952	15221	15071	14952	15221	15071
3	Peso de suelo compactado [gr] (1)-(2)	5250	4744	4170	5398	4774	4339	5023	4644	4297	5058	4649	4434
4	Volumen de molde [cm3]	2113.95	2113.95	2113.95	2113.95	2113.95	2113.95	2113.95	2113.95	2113.95	2113.95	2113.95	2113.95
5	Densidad húmeda [gr/cm3] (3)/(4)	2.48	2.24	1.97	2.55	2.26	2.05	2.38	2.20	2.03	2.39	2.20	2.10
Tara N°		1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
6	Peso de la tara, [gr]	25.32	26.41	26.41	25.32	26.41	26.41	25.32	26.41	26.41	25.32	26.41	26.41
7	Peso de la tara + suelo húmedo, [gr]	125.30	118.31	110.23	109.55	110.57	103.56	105.23	121.45	112.45	108.35	111.54	115.48
8	Peso de la tara + suelo seco, [gr]	118.75	112.29	104.72	104.09	105.09	98.45	100.57	115.97	107.42	103.23	106.21	109.90
9	Peso del agua, [gr] (7)-(8)	6.55	6.02	5.50	5.46	5.48	5.11	4.67	5.49	5.03	5.12	5.33	5.58
10	Peso del suelo seco, [gr] (8)-(6)	93.43	85.88	78.31	78.76	78.68	72.04	75.24	89.56	81.01	77.91	79.80	83.49
11	Contenido de humedad, [%] (9)/(10)x100	7.01	7.00	7.03	6.93	6.97	7.10	6.20	6.13	6.21	6.57	6.67	6.69
12	Densidad seca de la muestra, [gr/cm3] 5/(1+(11)/100)	2.32	2.10	1.84	2.39	2.11	1.92	2.24	2.07	1.91	2.25	2.06	1.97



“COMPORTAMIENTO DE LA SUBRASANTE DE LA CARRETERA SAN BLAS AL ADICIONAR CAL Y CENIZA DE CORONTA DE MAÍZ, MACATE -2023”

Tabla 31.

Toma de Datos de la SN+5%(CAL+CCM) para el Ensayo de CBR

PROCEDIMIENTO DE CBR - SN+5%(CAL+CCM)	Calicata 01			C02			C03			C04			
	Molde N°	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
N° de capas	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
N° de golpes por capa	56	26	12	56	26	12	56	26	12	56	26	12	12
1 Peso del molde + suelo compactado [gr]	20320	19950	19320	20375	20040	19600	20095	19865	19368	20102	19930	19602	
2 Peso del molde [gr]	14952	15221	15071	14952	15221	15071	14952	15221	15071	14952	15221	15071	
3 Peso de suelo compactado [gr] (1)-(2)	5368	4729	4249	5423	4819	4529	5143.00	4644	4297	5150	4709	4531	
4 Volumen de molde [cm3]	2113.95	2113.95	2113.95	2113.95	2113.95	2113.95	2113.95	2113.95	2113.95	2113.95	2113.95	2113.95	2113.95
5 Densidad húmeda [gr/cm3] (3)/(4)	2.54	2.24	2.01	2.57	2.28	2.14	2.43	2.20	2.03	2.44	2.23	2.14	
Tara N°	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
6 Peso de la tara, [gr]	25.32	26.41	26.41	25.32	26.41	26.41	25.32	26.41	26.41	25.32	26.41	26.41	
7 Peso de la tara + suelo húmedo, [gr]	95.37	89.96	103.53	103.27	111.03	117.33	104.65	117.45	121.48	90.57	96.90	93.45	
8 Peso de la tara + suelo seco, [gr]	91.20	86.12	98.86	98.71	106.06	112.03	100.12	112.29	116.09	86.72	92.72	89.57	
9 Peso del agua, [gr] (7)-(8)	4.16	3.84	4.66	4.56	4.98	5.30	4.53	5.17	5.39	3.84	4.17	3.88	
10 Peso del suelo seco, [gr] (8)-(6)	65.88	59.71	72.45	73.38	79.65	85.62	74.80	85.88	89.68	61.40	66.31	63.16	
11 Contenido de humedad, [%] (9)/(10)x100	6.32	6.43	6.44	6.21	6.25	6.19	6.06	6.02	6.01	6.26	6.29	6.14	
12 Densidad seca de la muestra, [gr/cm3] 5/(1+(11)/100	2.39	2.10	1.89	2.42	2.15	2.02	2.29	2.07	1.92	2.29	2.10	2.02	



Tabla 32.

Toma de Datos de la SN+8%(CAL+CCM) para el Ensayo de CBR

PROCEDIMIENTO DE CBR - SN+8%(CAL+CCM)	Calicata 01			C02			C03			C04		
	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
N° de capas	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
N° de golpes por capa	56	26	12	56	26	12	56	26	12	56	26	12
1 Peso del molde + suelo compactado [gr]	20935	20235	19765	20650	20135	19750	20185	19910	19505	20250	20030	19695
2 Peso del molde [gr]	14952	15221	15071	14952	15221	15071	14952	15221	15071	14952	15221	15071
3 Peso de suelo compactado [gr] (1)-(2)	5983	5014	4694	5698	4914	4679	5233	4689	4434	5298	4809	4624
4 Volumen de molde [cm3]	2113.95	2113.95	2113.95	2113.95	2113.95	2113.95	2113.95	2113.95	2113.95	2113.95	2113.95	2113.95
5 Densidad húmeda [gr/cm3] (3)/(4)	2.83	2.37	2.22	2.70	2.32	2.21	2.48	2.22	2.10	2.51	2.27	2.19
Tara N°	1.0	2.0	3.0	1	2	3	1	2	3	1	2	3
6 Peso de la tara, [gr]	25.32	26.41	26.41	25.32	26.41	26.41	25.32	26.41	26.41	25.32	26.41	26.41
7 Peso de la tara + suelo húmedo, [gr]	115.30	101.65	107.74	105.25	122.22	100.45	103.25	111.03	107.53	100.63	101.86	106.56
8 Peso de la tara + suelo seco, [gr]	109.69	97.04	102.81	100.56	116.53	96.08	98.63	106.16	102.80	96.23	97.55	101.98
9 Peso del agua, [gr] (7)-(8)	5.61	4.61	4.93	4.68	5.68	4.37	4.63	4.88	4.73	4.40	4.31	4.58
10 Peso del suelo seco, [gr] (8)-(6)	84.37	70.63	76.40	75.24	90.12	69.67	73.30	79.75	76.39	70.91	71.14	75.57
11 Contenido de humedad, [%] (9)/(10)x100	6.65	6.52	6.45	6.22	6.30	6.27	6.31	6.12	6.19	6.20	6.06	6.06
12 Densidad seca de la muestra, [gr/cm3] 5/(1+(11)/100	2.65	2.23	2.09	2.54	2.19	2.08	2.33	2.09	1.98	2.36	2.14	2.06



3.7.5.3 Ensayos para el tramo de prueba

Instrumentos

- Equipo para densidad de campo (Cono, arena calibrada, placa metálica hueca, cincel, cucharón metálico, comba), horno eléctrico a temperatura uniforme de $110 \pm 5^\circ \text{C}$ ($230 \pm 9^\circ \text{F}$), balanza, plancha compactadora, baldes, tinas, rastrillo, palanas, escobas, bolsas herméticas, petróleo, brocha.

Procedimiento

- Se trasladó todos los equipos y materiales al lugar de estudio.
- Se determinó el lugar para el tramo de prueba teniendo en cuenta las características del suelo.
- Se limpió con el rastrillo y se homogenizó el espacio, el tramo tuvo las siguientes medidas 6.00 m de largo y 3.00 m de ancho, se excavó alrededor de 15 a 20 cm aproximadamente hasta llegar a la subrasante.
- De acuerdo a los datos determinados en el laboratorio, se pesó los insumos de cal y ceniza de coronta de maíz.
- Se homogenizó la mezcla de insumos en un recipiente y se esparció manualmente por todo nuestro tramo de prueba, para esto se usó un rastrillo.
- De forma manual se humedeció el suelo en estudio, teniendo en cuenta la condición (+/- 2%) obtenida en el laboratorio con respecto a la humedad óptima de compactación.
- Luego del humedecimiento y aireación de nuestro tramo de prueba, se procedió a compactar de manera uniforme con una plancha compactadora hasta obtener una superficie plana y sin deformaciones.
- Se realizó el ensayo de densidad de campo in situ, fijamos la placa metálica y con ayuda de la comba, cincel y un cucharón se excavó 15 cm, se guardó el suelo extraído en bolsas herméticas.



- Se pesó el cono metálico, con la arena calibrada.
- Se asentó el cono metálico sobre la placa, se abrió la válvula para dejar caer la arena y se cerró inmediatamente después de ver que se había llenado.
- Se pesó nuevamente el cono metálico con la arena calibrada sobrante, calculando así la arena que se utilizó en el agujero, con estos datos obtuvimos el volumen del agujero excavado.
- Se calculó la densidad natural del suelo con los datos obtenidos, y se llevó una muestra para determinar el contenido de humedad de nuestro tramo de prueba.

Fotografía 8.

Ensayo de densidad de campo realizado en la carretera San Blas.



Toma de datos

Después de analizar los resultados del CBR se realizó el tramo de prueba de la calicata N°03 con la combinación SN + 2.5% Cal + 2.5% CCM, se realizó el ensayo “Densidad de Campo” por el método de Cono de Arena, bajo la norma (ASTM D-1556) y para la compactación del suelo se utilizó una plancha compactadora.



Tabla 33.

Toma de Datos para la Densidad de Campo por el método de Cono de Arena

DENSIDAD DE CAMPO (ASTM D -1556)		
VOLUMEN DEL HOYO		
1	Peso del frasco + arena conocida(gr)	5546.000
2	Peso del frasco + arena sobrante (gr)	2455.000
3	Peso de arena empleada (gr) (1-2)	3091.000
4	Peso de arena en el cono (gr)	1520.000
5	Peso de la arena en el hoyo (gr) (3-4)	1571.000
6	Densidad de la arena (gr/cm ³)	1.360
7	Volumen del hoyo (cm ³) (5/6)	1155.147
DENSIDAD SECA IN SITU DE LA MUESTRA		
8	Peso del suelo + grava (gr)	2554.800
9	Peso retenido en el tamiz 3/4" (gr)	127.750
10	Peso específico de grava (gr/cm ³)	2.680
11	Volumen de la grava (cm ³) (9/10)	47.668
12	Peso de la muestra extraída del hoyo (gr)	2554.800
13	Volumen del suelo (cm ³)	1155.147
14	Densidad humedad in situ (gr/cm ³)	2.212
15	Contenido de humedad (%)	5.480
16	Densidad Seca in situ (gr/cm ³)	2.097
GRADO DE COMPACTACION		
17	Máxima Densidad seca (gr/cm ³) (Proctor)	2.206
18	Optimo Contenido de Humedad (%)	6.000



3.8 Método de análisis de datos

Hernández Sampieri recomienda utilizar un análisis estadístico inferencial para evaluar la hipótesis y hacer predicciones basadas en la información obtenida. Para la siguiente investigación que tiene un enfoque cuantitativo, se utilizará la Prueba t de Student, dado que emplearemos la formulación de hipótesis para comparar las medias y distribuciones de dos grupos. Esta prueba se realizará con el programa Microsoft Excel, se recolectarán todos los datos y luego se analizarán, observando si las diferencias observadas son significativas.

Para el análisis de datos de las pruebas de laboratorio de la tesis, Sampieri recomienda usar herramientas visuales que cumplan varias funciones importantes tales como:

Gráficos

- Los gráficos utilizados en una tesis sirven para una mejor comprensión, ya que presentan detalles complejos de forma clara y accesible, lo que permite a los lectores captar rápidamente tendencias y patrones.
- Es un apoyo al argumento de la investigación, ya que es la evidencia visual de procedimiento o resultado de la investigación, facilitando así la comunicación de una futura conclusión.
- Es un atractivo visual para la audiencia y lectores, ya que mantiene así la atención de los lectores.

Tablas

- Las tablas ayudan a organizar los datos obtenidos en el proceso de la elaboración de la tesis. Estas tablas permiten que la información que se quiera brindar sea mas rápida.
- Simplifican gran cantidad de datos, brindando un resumen de toda la información recolectada.
- Facilitan la comparación de dos o más variables o categorías.



- Facilitan la interpretación con más claridad, muestran transparencia en estudios cuantitativos, ya que permiten mostrar detalles sobre muestras, variables y métodos de análisis utilizados.

Diagramas de Barras

- Permiten la identificación de tendencias a lo largo del tiempo.
- Los diagramas de barras tienen respaldo de datos que son clave para la investigación.
- Se utiliza como una herramienta de evidencia gráfica para los argumentos y conclusiones, dando credibilidad a lo investigado.



CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN



4. CAPITULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN

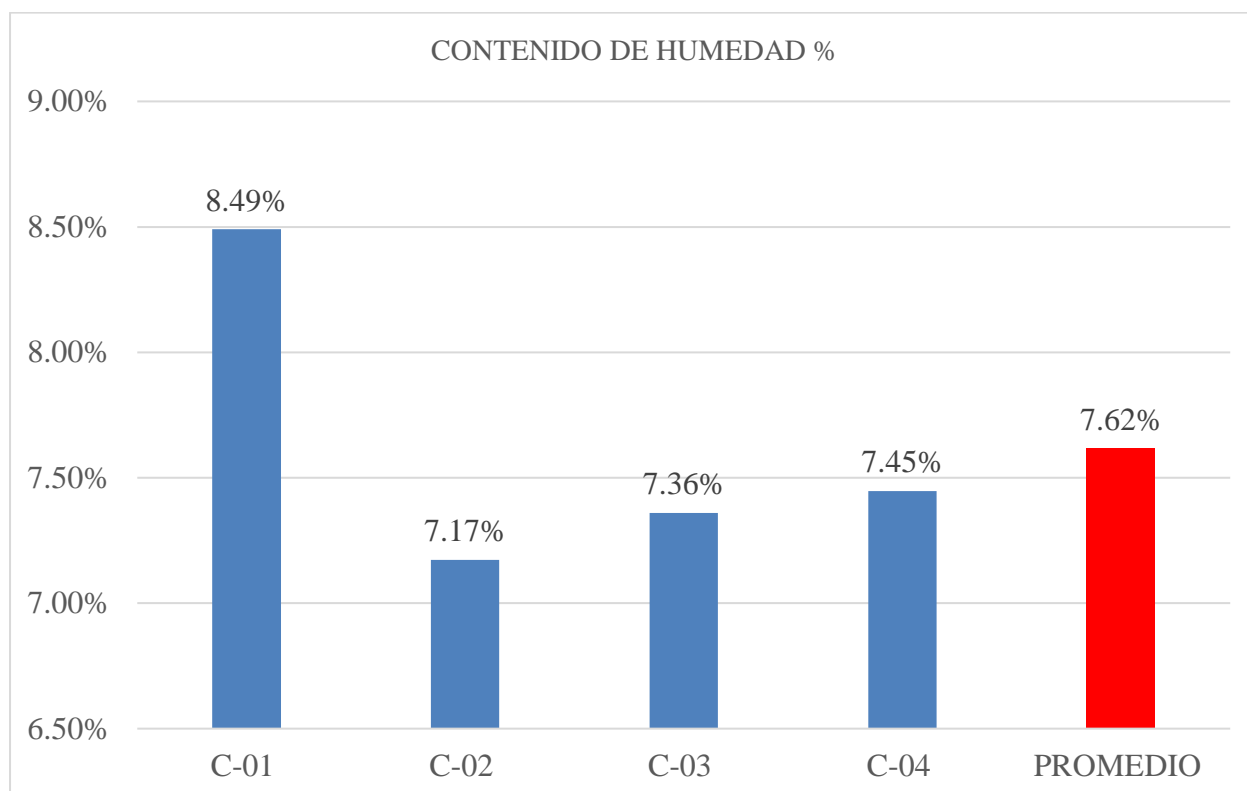
4.1. Resultados

4.1.1. Propiedades físicas y mecánicas de la subrasante

a) Contenido de humedad – MTC E108

Figura 11.

Resultados de Contenido de Humedad% - Subrasante



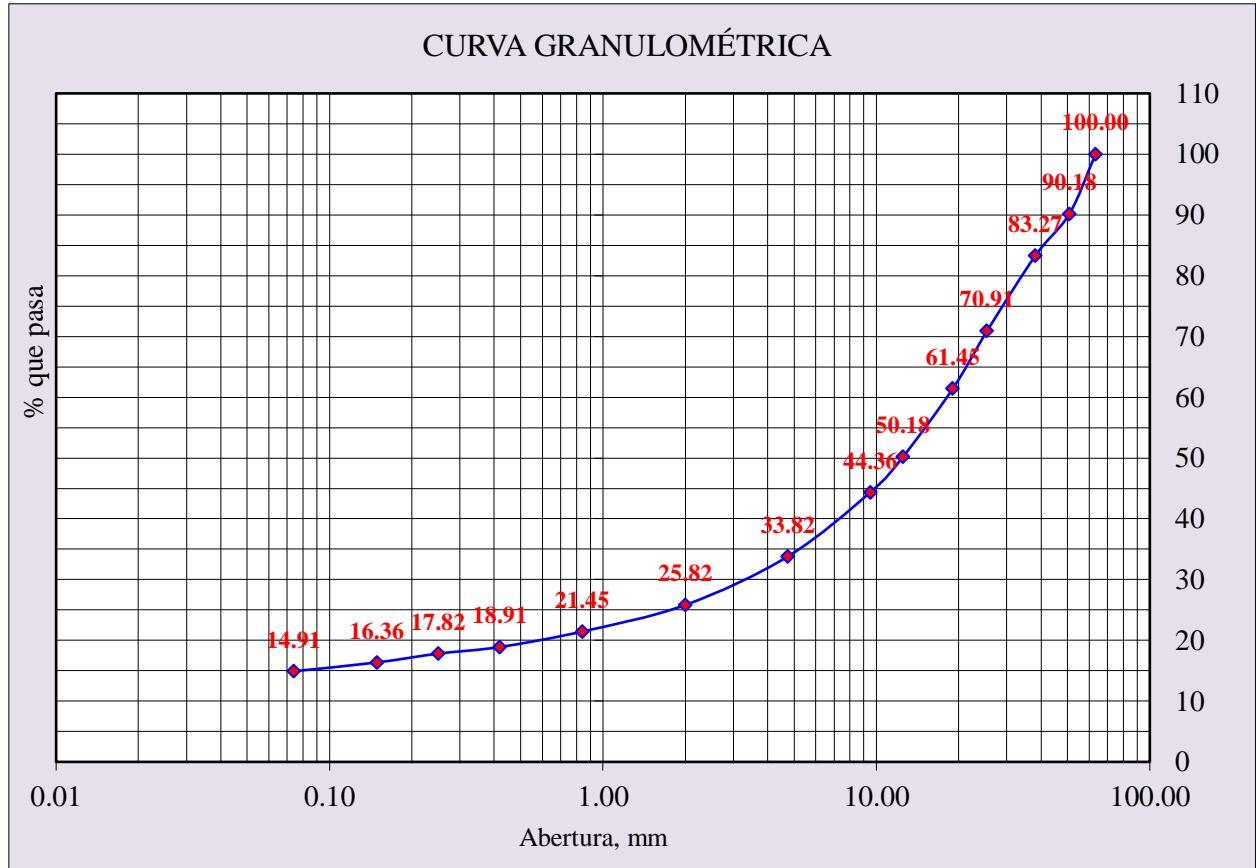
Interpretación: En la figura 11 se estableció el contenido de humedad de la muestra de subrasante de la carretera de acceso a San Blas, obteniendo un valor promedio de 7.62%. Esta figura indica que la calicata N°01 presenta el mayor porcentaje de contenido de humedad, mientras que la calicata N°02 muestra el menor. Un alto contenido de humedad influye y afecta el comportamiento y la estabilidad de la subrasante.



b) Análisis granulométrico por tamizado – (NTP 339,128)

Figura 12.

Curva granulométrica Calicata N°01

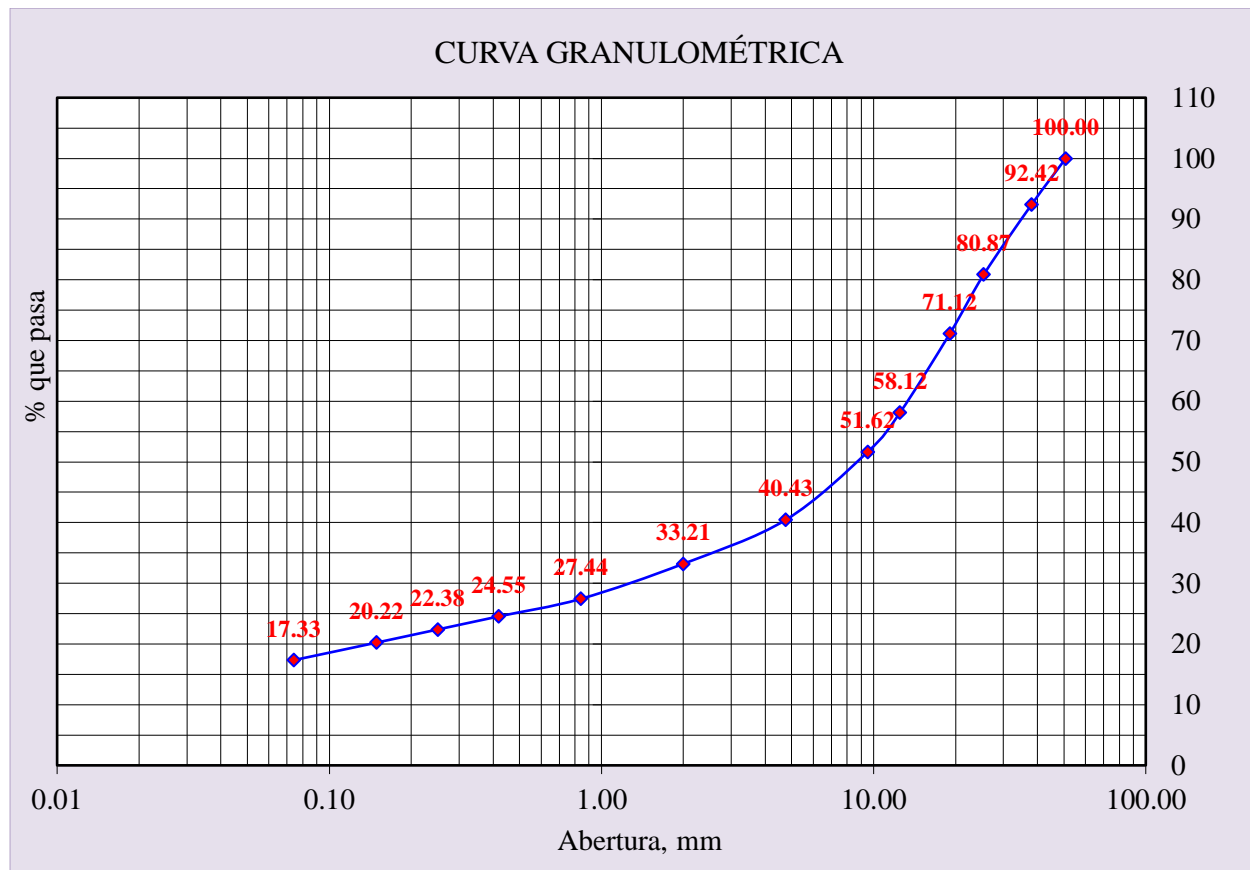


Interpretación: En la figura 12 se presenta la curva granulométrica de la subrasante de la calicata N°01, donde se encontró que la muestra contiene 66.18% de grava, 18.91% de arena y 14.91% de finos. Al graficar la curva, se observa que el porcentaje de finos que pasa por la malla #200 es inferior al 35%, lo que indica que se trata de una muestra granular. Aunque se determinan D60 y D30, no se encuentra D10, por lo que no es posible calcular el Coeficiente de Uniformidad (Cu) ni el Coeficiente de Curvatura (Cc), lo que impide evaluar la uniformidad de la composición de la muestra de suelo y determinar si está bien o mal gradada, o si todas las partículas son del mismo tamaño.



Figura 13.

Curva Granulométrica Calicata C-02 / E-01



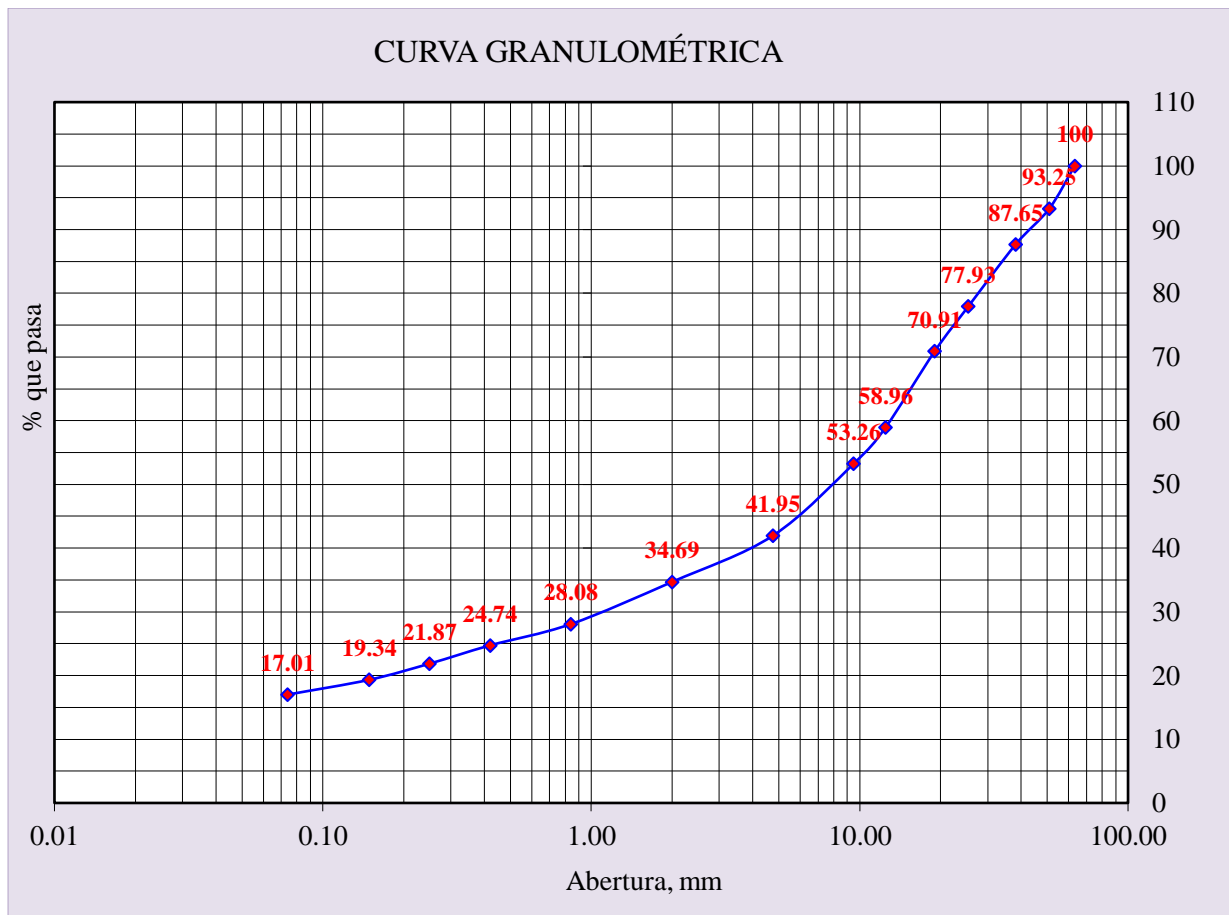
Nota: Calicata C-02, estrato N°01 de 0.00 m a -0.85 m

Interpretación: En la figura 13 se muestra la curva granulométrica de la subrasante de la calicata N°02/E-01, donde la muestra presentó un 59.57% de grava, 23.10% de arena y 17.33% de finos. Al graficar la curva, se observa que el porcentaje de finos que pasa por la malla #200 es inferior al 35%, lo que indica que se trata de una muestra granular. La muestra tiene valores de D60 y D30, pero no presenta D10; por lo tanto, no se puede calcular el Coeficiente de Uniformidad (Cu) ni el Coeficiente de Curvatura (Cc), lo que significa que no es posible determinar la uniformidad de la composición de la muestra de suelo ni si está bien gradada, mal gradada o si todas las partículas son del mismo tamaño.



Figura 14.

Curva Granulométrica Calicata C-02 / E-02



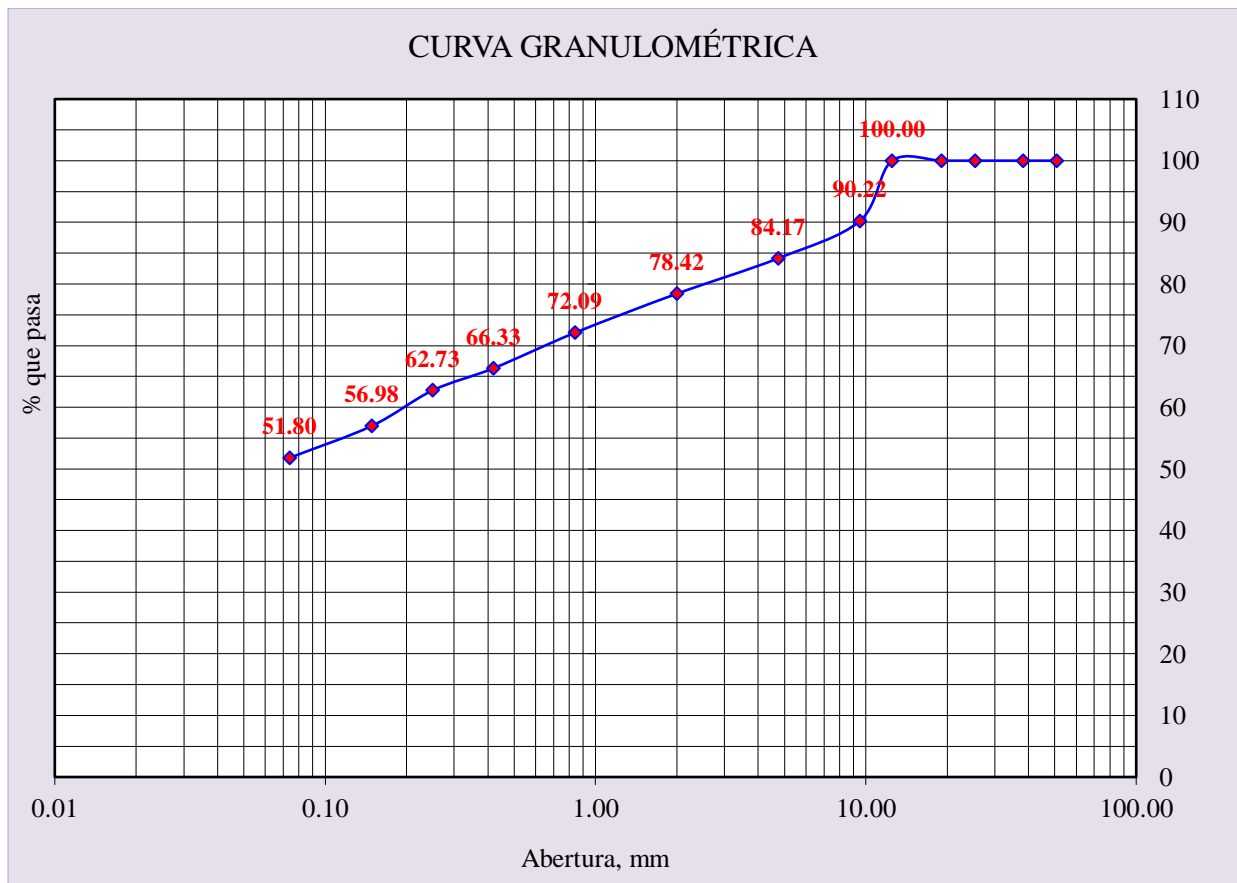
Nota: Calicata C-02, estrato N°02 de -0.85 m a -1.50 m

Interpretación: En la figura 14 se presenta la curva granulométrica de la subrasante de la calicata N°02/E-02, donde la muestra mostró un 58.05% de grava, 24.94% de arena y 17.01% de finos. Al graficar la curva granulométrica, se observa que el porcentaje de finos que pasa por la malla #200 es inferior al 35%, lo que indica que se trata de una muestra granular. La muestra de suelo incluye D60 y D30, pero no se encuentra D10, por lo que no es posible calcular el Coeficiente de Uniformidad (Cu) ni el Coeficiente de Curvatura (Cc). Esto significa que no se puede determinar la uniformidad de la composición de la muestra de suelo, ni si está bien o mal gradada, o si todas las partículas son del mismo tamaño.



Figura 15.

Curva Granulométrica Calicata C-03 / E-01



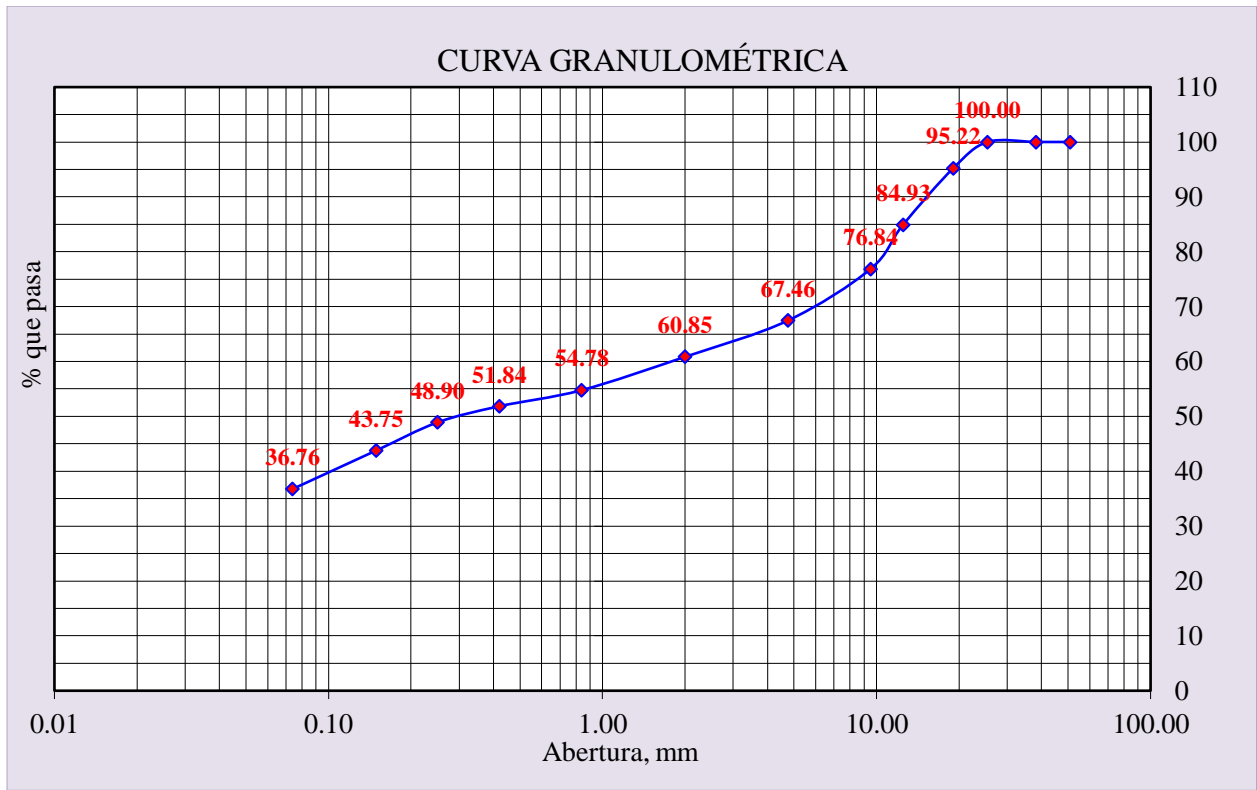
Nota: Calicata C-03, estrato N°01 de 0.00 m a -0.85 m

Interpretación: En la figura 15 se presenta la curva granulométrica de la subrasante de la calicata N°03/E-01, donde la muestra mostró un 15.83% de grava, 32.37% de arena y 51.80% de finos. Al graficar la curva, se observa que el porcentaje de finos que pasa por la malla #200 es superior al 35%, lo que indica que se trata de una muestra limo-arcillosa. Aunque la muestra incluye D60 y D30, no se encuentra D10, por lo que no es posible calcular el Coeficiente de Uniformidad (Cu) ni el Coeficiente de Curvatura (Cc). Esto significa que no se puede determinar la uniformidad de la composición de la muestra de suelo, ni si está bien o mal gradada, o si todas las partículas son del mismo tamaño.



Figura 16.

Curva Granulométrica Calicata C-03 / E-02



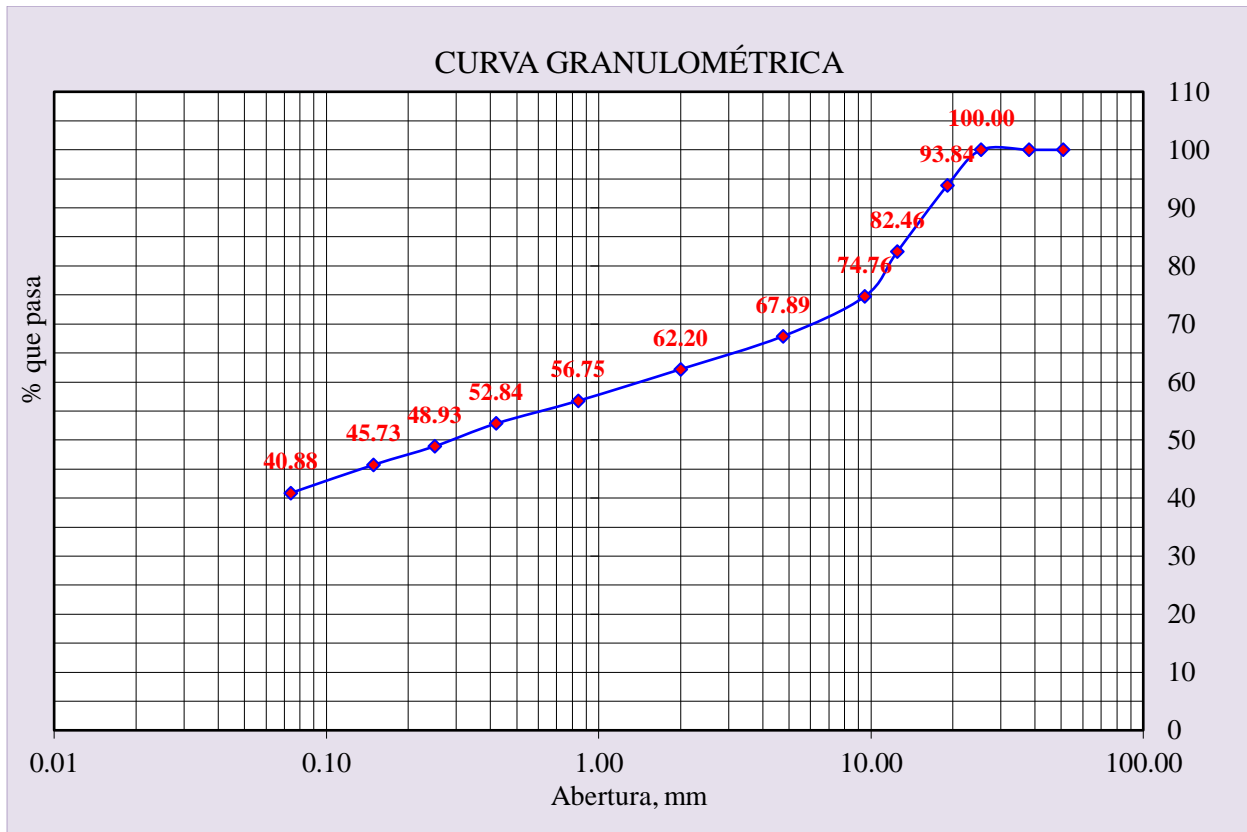
Nota: Calicata C-03, estrato N°02 de -0.85 m a -1.50 m

Interpretación: En la figura 16 se muestra la curva granulométrica de la subrasante de la calicata N°03/E-02, donde la muestra presentó un 32.54% de grava, 30.70% de arena y 36.76% de finos. Al graficar la curva, se observa que el porcentaje de finos que pasa por la malla #200 es superior al 35%, lo que indica que se trata de una muestra limo-arcillosa. Aunque la muestra incluye D60 y D30, no se encuentra D10, lo que impide calcular el Coeficiente de Uniformidad (Cu) y el Coeficiente de Curvatura (Cc). Esto significa que no se puede determinar la uniformidad de la composición de la muestra de suelo, ni si está bien o mal gradada, o si todas las partículas son del mismo tamaño.



Figura 17.

Curva Granulométrica Calicata C-04 / E-01



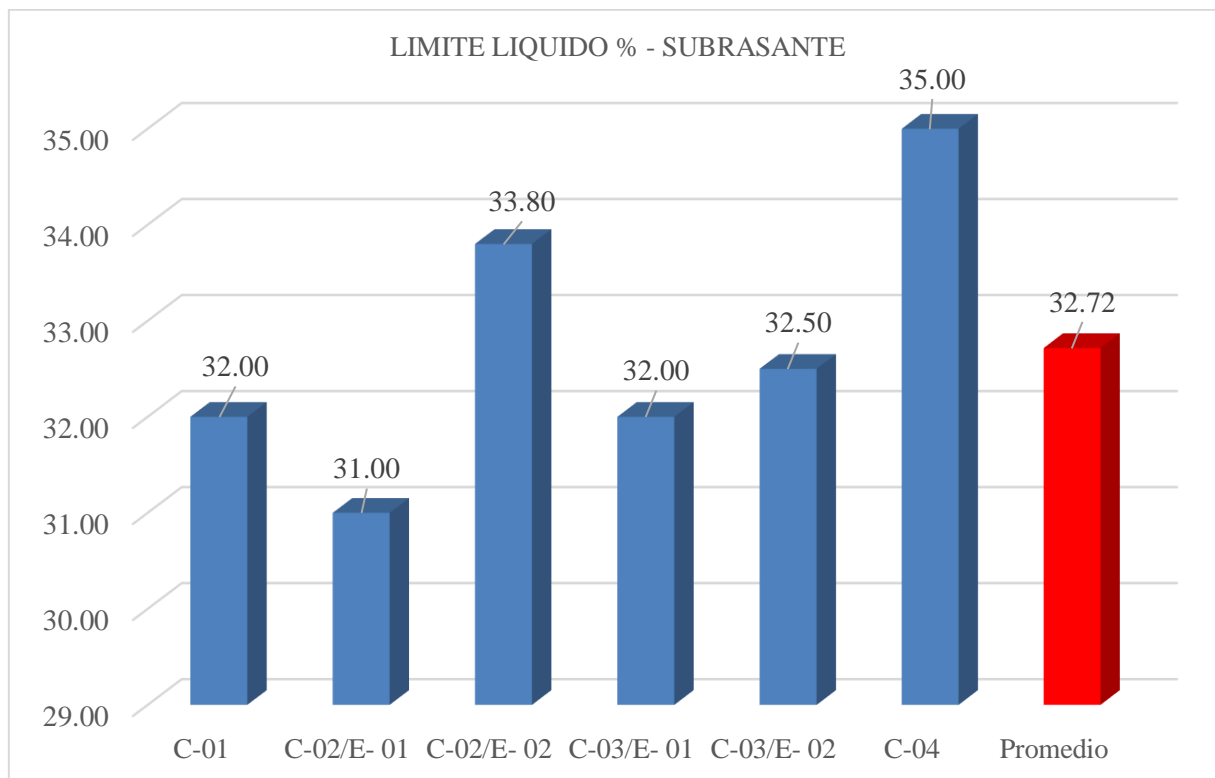
Interpretación: En la figura 17 se muestra la curva granulométrica de la subrasante de la calicata N°04, donde la muestra mostró un 32.11% de grava, 27.01% de arena y 40.88% de finos. Al graficar la curva, se observa que el porcentaje de finos que pasa por la malla #200 es superior al 35%, indicando que se trata de una muestra limo-arcillosa. Aunque la muestra incluye D60 y D30, no se encuentra D10, lo que impide calcular el Coeficiente de Uniformidad (Cu) y el Coeficiente de Curvatura (Cc). Esto significa que no se puede determinar la uniformidad de la composición de la muestra de suelo, ni si está bien o mal gradada, o si todas las partículas son del mismo tamaño.



c) Límite líquido (LL%) – NTP 339,129

Figura 18.

Resultados de Limite Liquido% - Subrasante



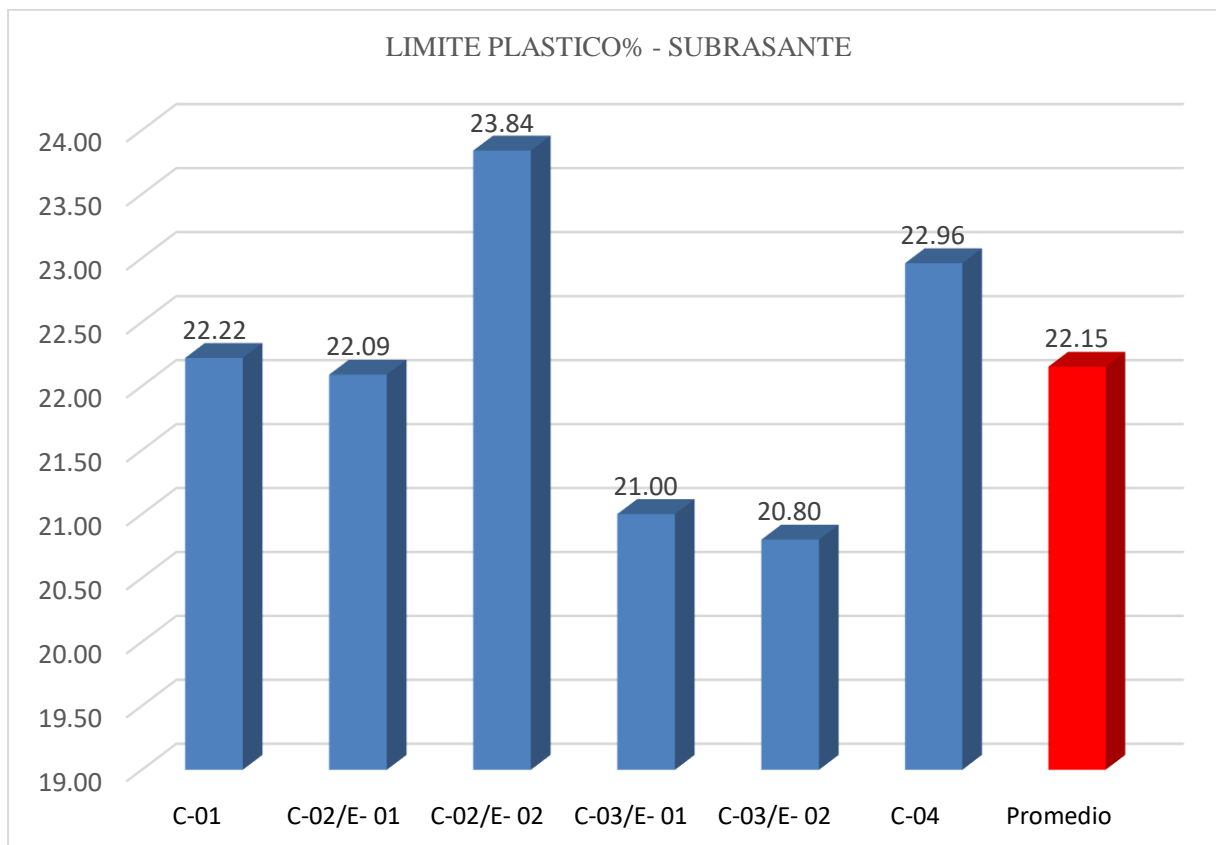
Interpretación: En la figura 18 se determinó el límite líquido de la muestra de subrasante de la carretera de acceso a San Blas, obteniendo un valor promedio de 32.72%. Los resultados del límite líquido indican que la C-04 presenta el mayor porcentaje de contenido de humedad, mientras que la C-02 (E-01) muestra el menor. Esto afecta los resultados del índice plástico, ya que un límite líquido más bajo se traduce en un mejor índice plástico.



d) Límite plástico (LP%) – NTP 339,129

Figura 19.

Resultados de Limite Plástico% - Subrasante



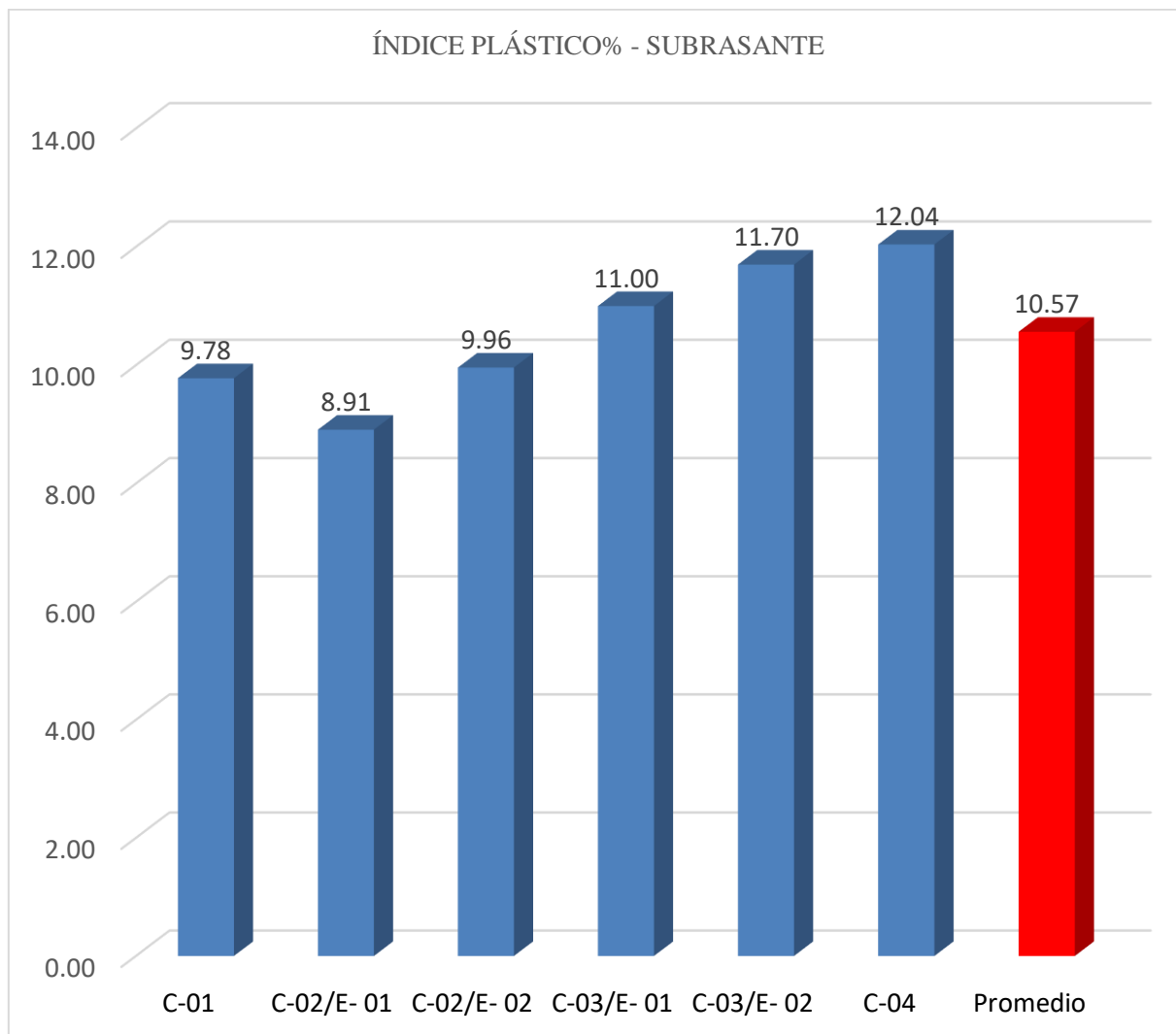
Interpretación: En la figura 19 se determinó el límite plástico de la muestra de subrasante de la carretera de acceso a San Blas, con un valor promedio de 22.15%. Los resultados del límite plástico indican que la C-02 (E-01) presenta el mayor porcentaje, mientras que la C-03 (E-02) tiene el menor. Estos resultados afectan el índice plástico, ya que este porcentaje representa el contenido de humedad en el que el suelo transita de una consistencia plástica a una semisólida al disminuir su humedad.



e) Índice de plasticidad (IP%) – NTP 339,129

Figura 20.

Resultados del Índice de Plasticidad% - Subrasante



Interpretación: En la figura 20 se calculó el índice de plasticidad de la muestra de suelo en su estado natural de la carretera de acceso a San Blas, obteniendo un valor promedio de 10.57%. Los resultados del índice de plasticidad de la muestra de suelo natural indican valores de $IP > 7$ y $IP \leq 20$, lo que sugiere que se trata de un suelo arcilloso con características plásticas.



f) Clasificación de la subrasante según SUCS y AASHTO

Tabla 34.

Resultados Clasificación SUCS y AASHTO

Calicatas	Clasificación SUCS		Clasificación AASHTO	
	Grupo	Descripción	Grupo	Descripción
C-01	GC	Grava Arcillosa	a-2-4 (0)	Grava y arena limosas o arcillosas (Excelente a Bueno)
C-02	GC	Grava Arcillosa	a-2-4 (0)	Grava y arena limosas o arcillosas (Excelente a Bueno)
C-03	CL	Arcillas Inorgánicas de Plasticidad Media	A-6 (4)	Suelos Arcillosos (Regular a Malo)
C-04	SC	Arenas Arcillosa, con Gravas	A-6 (2)	Suelos Arcillosos (Regular a Malo)

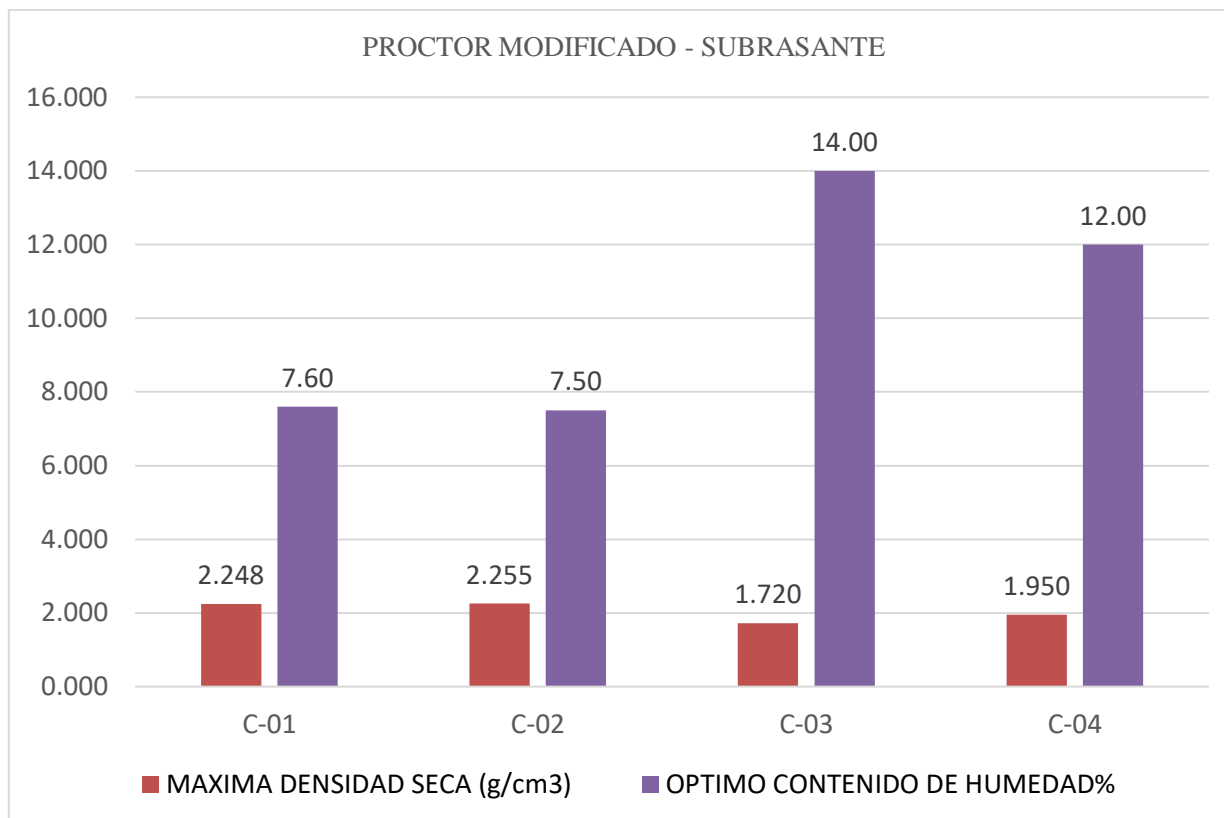
Interpretación: En la tabla 34 se determinó, de acuerdo con la clasificación SUCS y AASHTO, que el tramo estudiado de la carretera San Blas, desde el km 0+00 hasta el 1+500 en el distrito de Macate, está compuesto por gravas y arenas limosas o arcillosas, así como por suelos arcillosos. Los resultados de la clasificación de la subrasante según SUCS y AASHTO indican que la C-03 presenta las propiedades menos favorables para la estabilidad del suelo, ya que está compuesta por suelos arcillosos A-6(4), caracterizados por tener partículas muy finas que retienen una gran cantidad de líquido, lo que los hace propensos a la erosión.



g) Proctor modificado – MTC E 115

Figura 21.

Resultados Proctor Modificado - Subrasante



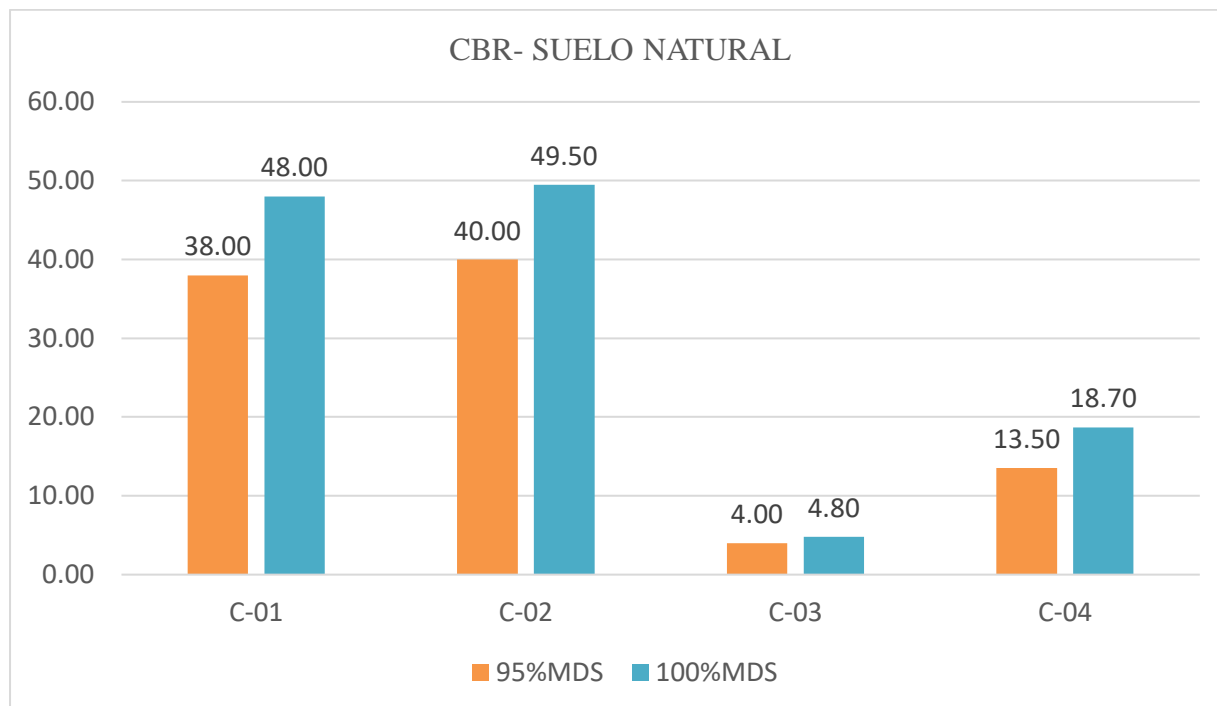
Interpretación: En la figura 21 se determinaron la Máxima Densidad Seca y el Óptimo Contenido de Humedad de las muestras de subrasante, con mejores resultados obtenidos en la C-02, que presentó una MDS de 2.255 g/cm³ y un OCH de 7.50%. Los resultados muestran que las calicatas C-01 y C-02 no requieren altos porcentajes para alcanzar las mejores MDS, mientras que las C-03 y C-04, al ser sometidas a una energía de compactación específica, necesitan porcentajes más altos de OCH (14% y 12%) para lograr una MDS de 1.72 g/cm³ y 1.95 g/cm³, respectivamente, lo que representa densidades más bajas en comparación con las demás muestras. El aumento en la densidad del suelo afecta su capacidad de carga.



h) Ensayo california bearing ratio C.B.R. – ASTM D-1883

Figura 22.

Resultados CBR – Subrasante



Interpretación: En la figura 22 se determinó el CBR de las muestras de subrasante del tramo estudiado de la carretera San Blas, desde el km 0+00 hasta el 1+500 en el distrito de Macate, obteniendo porcentajes superiores al 10% en las calicatas C01, C02 y C04, lo que indica que la subrasante es adecuada en esos tramos. Sin embargo, la C03 presentó un CBR de 4.00% al 95% MDS y 4.80% al 100% MDS, lo que evidencia una subrasante deficiente. Los resultados muestran que la C03 tiene porcentajes de CBR inferiores al 6%, indicando una subrasante pobre, lo que afecta su capacidad de resistencia. Por esta razón, se planea estabilizar la subrasante con cal y ceniza de coronta de maíz en este tramo.

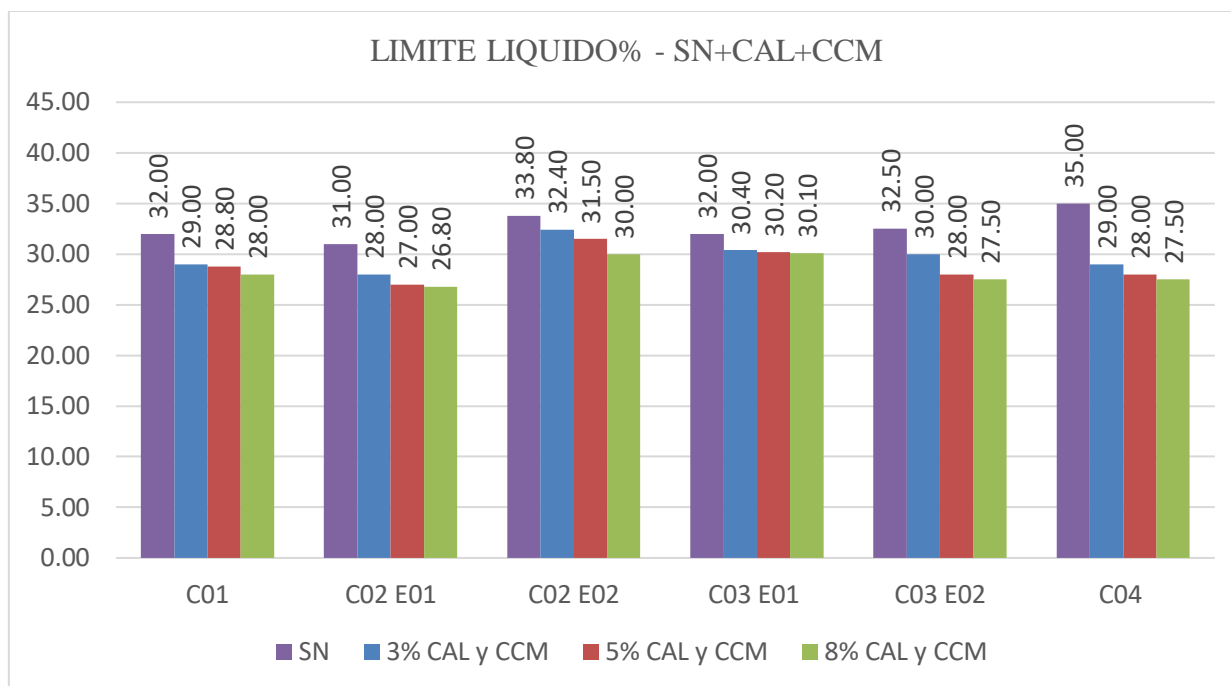


4.1.2. Propiedades físicas y mecánicas de la subrasante al adicionar cal y ceniza de coronta de maíz en los porcentajes de 3%, 5% y 8%.

a) Limite liquido (LL%) – NTP 339,129

Figura 23.

Resultados del Limite Liquido% adicionando a la subrasante Cal y CCM



Interpretación: En la figura 23 se determinó el límite líquido de la subrasante al añadir 3%, 5% y 8% de cal y ceniza de coronta de maíz, obteniendo un 26.8% en la combinación SN + 8% de cal y CCM de la C02-E01, que representa el menor porcentaje. La reducción en los valores de límite líquido (LL) influye positivamente en las propiedades de una subrasante óptima y estable. Los resultados indican que el LL disminuye con la adición de los estabilizantes, lo cual es un signo de mejora, ya que un LL elevado afecta negativamente las características de una subrasante adecuada. La combinación que mostró el mejor desempeño fue la de SN + 8% de cal y CCM, que presentó el menor LL en todas las calicatas analizadas. En la calicata C-04, este mejoramiento se evidencia al observar que el LL de la subrasante es

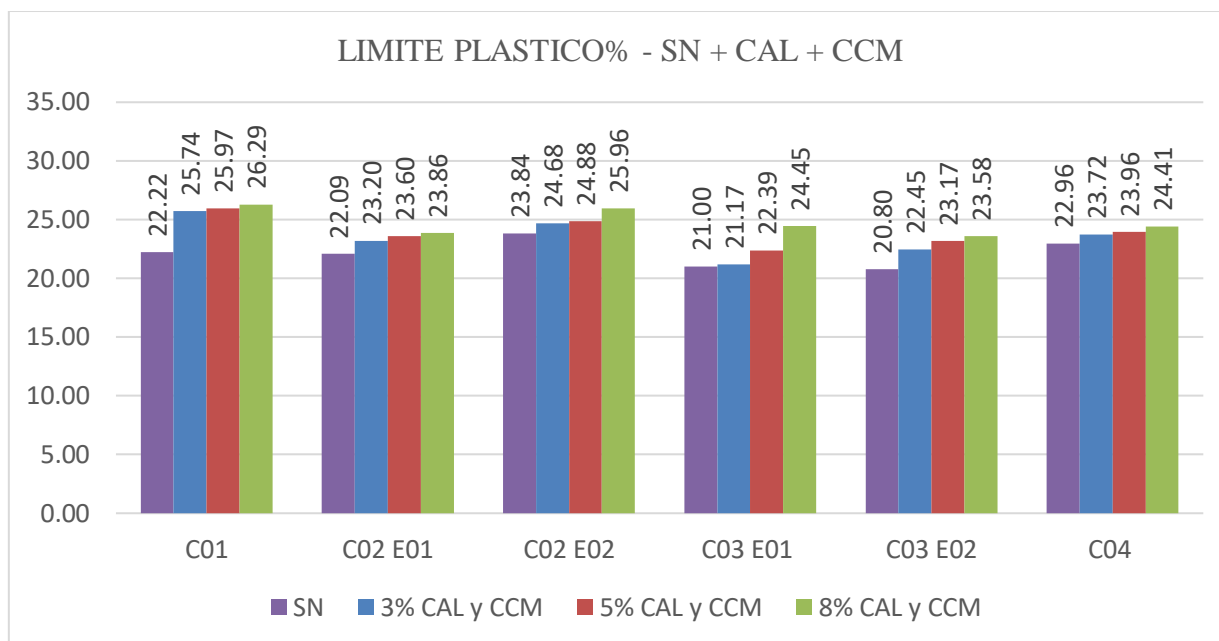


del 35%, y se reduce en un 27.5% al añadir 8% de cal y CCM, lo que equivale a una disminución de 7.50%.

b) Limite plástico (LP%) – NTP 339,129

Figura 24.

Resultados del Limite Plástico% adicionando a la subrasante Cal y CCM



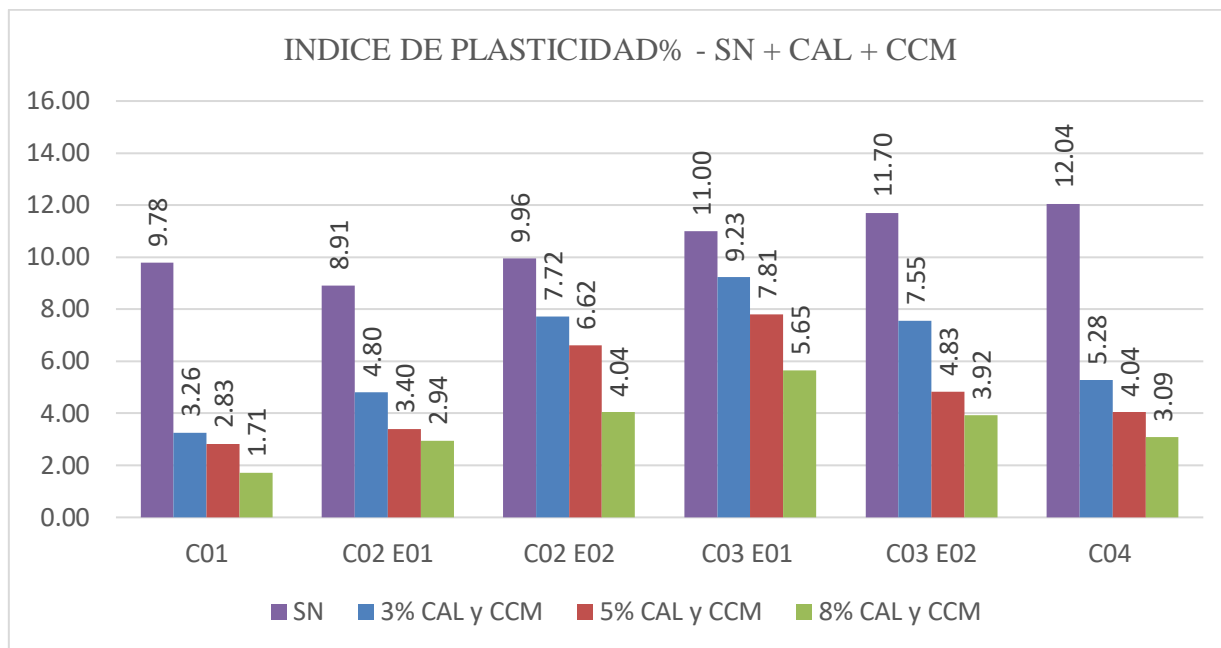
Interpretación: En la figura 24 se determinó el límite plástico de la subrasante al añadir 3%, 5% y 8% de cal y ceniza de coronta de maíz, obteniendo un LP de 26.29% en la combinación SN + 8% de cal y CCM de la C01, que representa el mayor porcentaje de LP. A medida que aumentan los porcentajes de LP, esto influye positivamente en los resultados del Índice de Plasticidad. Los resultados indican que el porcentaje de límite plástico se incrementa al añadir los estabilizantes de cal y ceniza de coronta de maíz. La combinación que mostró el mejor desempeño fue SN + 8% de cal y CCM, ya que esta muestra tiene el LP más alto de todas las calicatas analizadas. En la muestra de la C-01, este mejoramiento es evidente, ya que el LP de la subrasante es de 22.22% y se incrementa en un 26.29% al añadir 8% de cal y CCM, lo que equivale a un aumento de 4.07%.



c) Índice de plasticidad (IP%) – NTP 339,129

Figura 25.

Resultados del Índice de Plasticidad% adicionando a la subrasante Cal y CCM



Interpretación: En la Figura 25, se determinó el índice de plasticidad de la subrasante adicionando 3%, 5% y 8% de cal y ceniza de coronta de maíz, obteniendo un IP de 1.7% en la combinación SN + 8% de Cal y CCM de la C01, siendo este el menor porcentaje de IP. Al disminuir los porcentajes de IP, este tendrá una influencia positiva en las características de la subrasante, ya que a menor IP tendremos una subrasante pobremente arcillosa. De los resultados se muestra que el índice de plasticidad reduce significativamente en todas las calicatas, esto es un indicativo positivo de mejora en su capacidad portante. La combinación que mejor se comporta es SN + 8% de Cal y CCM, esta muestra tiene el menor IP en todas las calicatas estudiadas. En la muestra de la C-04 se refleja este mejoramiento, ya que el IP de la subrasante es de 12.04% y al agregar los aditivos estabilizantes, su IP es de 3.09%, es decir disminuye en un 8.95%.

Con los resultados obtenidos podemos darnos cuenta que al agregar 3%, 5% y 8% de aditivo de cal y ceniza de coronta de maíz estos mejoran progresivamente sus límites de consistencia,

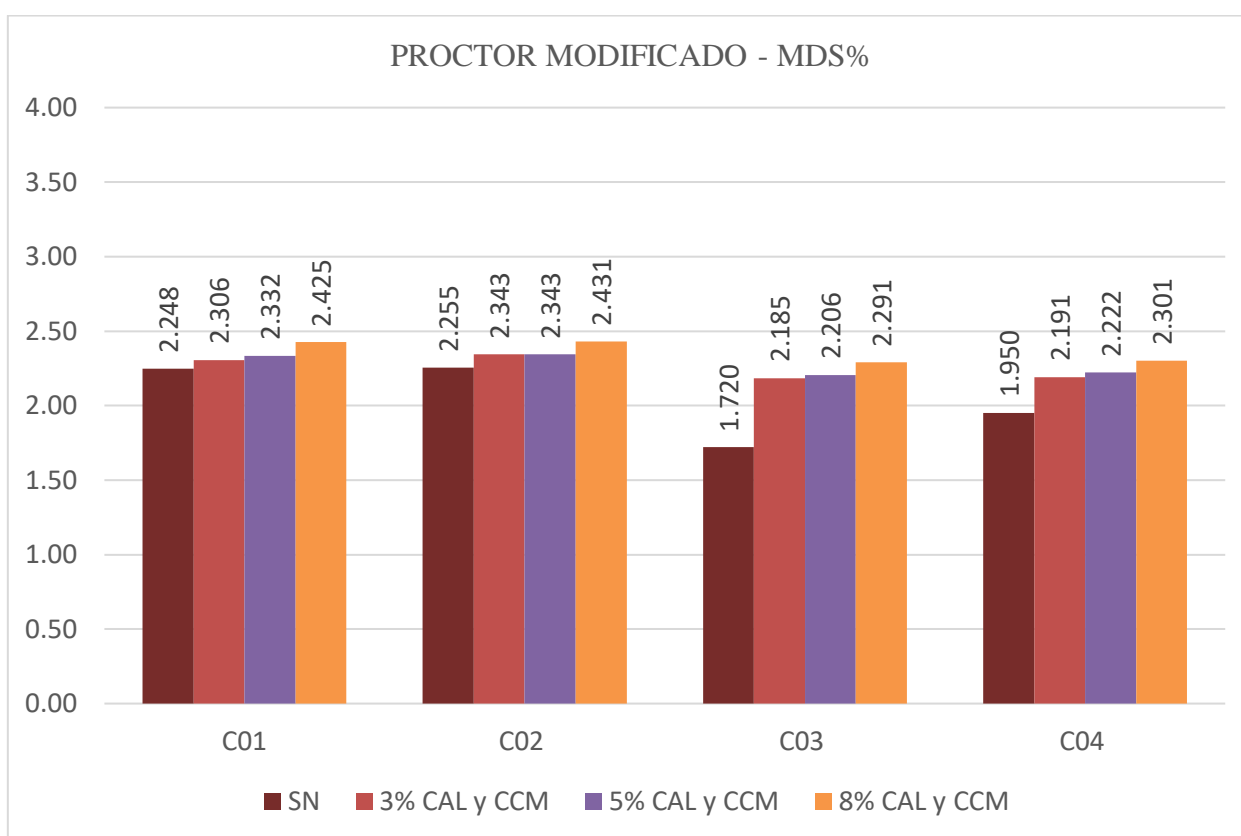


por ende, mejoran sus propiedades para una adecuada subrasante. La combinación que tiene mejores resultados es SN + 8% de Cal y CCM ya que presenta un Índice Plástico menor a todos los suelos estudiados. Cabe resaltar que los resultados obtenidos en el SN + 3% de Cal y CCM y SN+ 5% de Cal y CCM, son favorables para una subrasante de buena calidad.

d) Proctor modificado – MTC E 115

Figura 26.

Resultados Proctor Modificado - MDS% al adicionar Cal y CCM

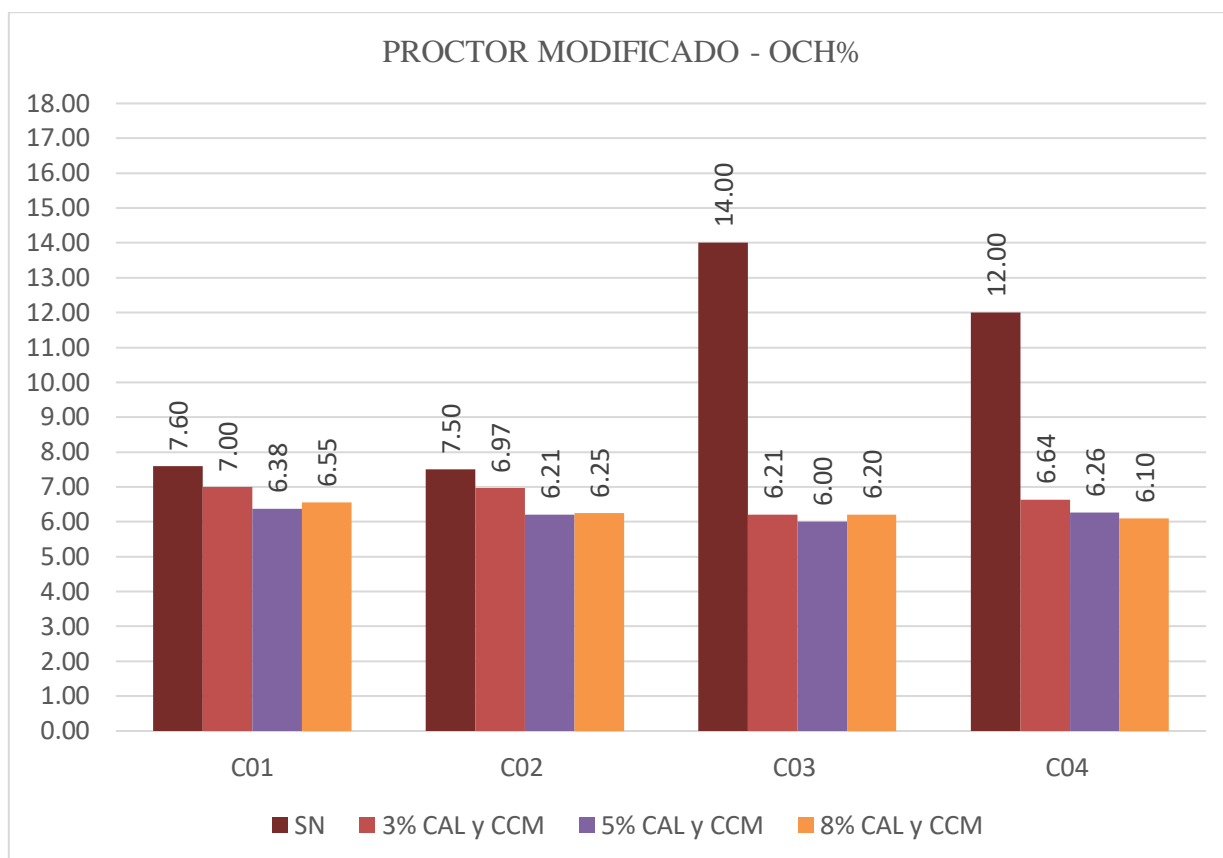


Interpretación: En la figura 26 se determinó la Máxima Densidad Seca de las muestras de subrasante al añadir 3%, 5% y 8% de cal y ceniza de coronta de maíz, obteniendo porcentajes de MDS más elevados en comparación con los resultados previos de la subrasante. El resultado más alto, de 2.431%, se registró en la C-02 con la combinación SN + 8% de cal y CCM. El aumento en la densidad del suelo afecta positivamente su capacidad portante.



Figura 27.

Resultados Proctor Modificado - OCH% al adicionar Cal y CCM



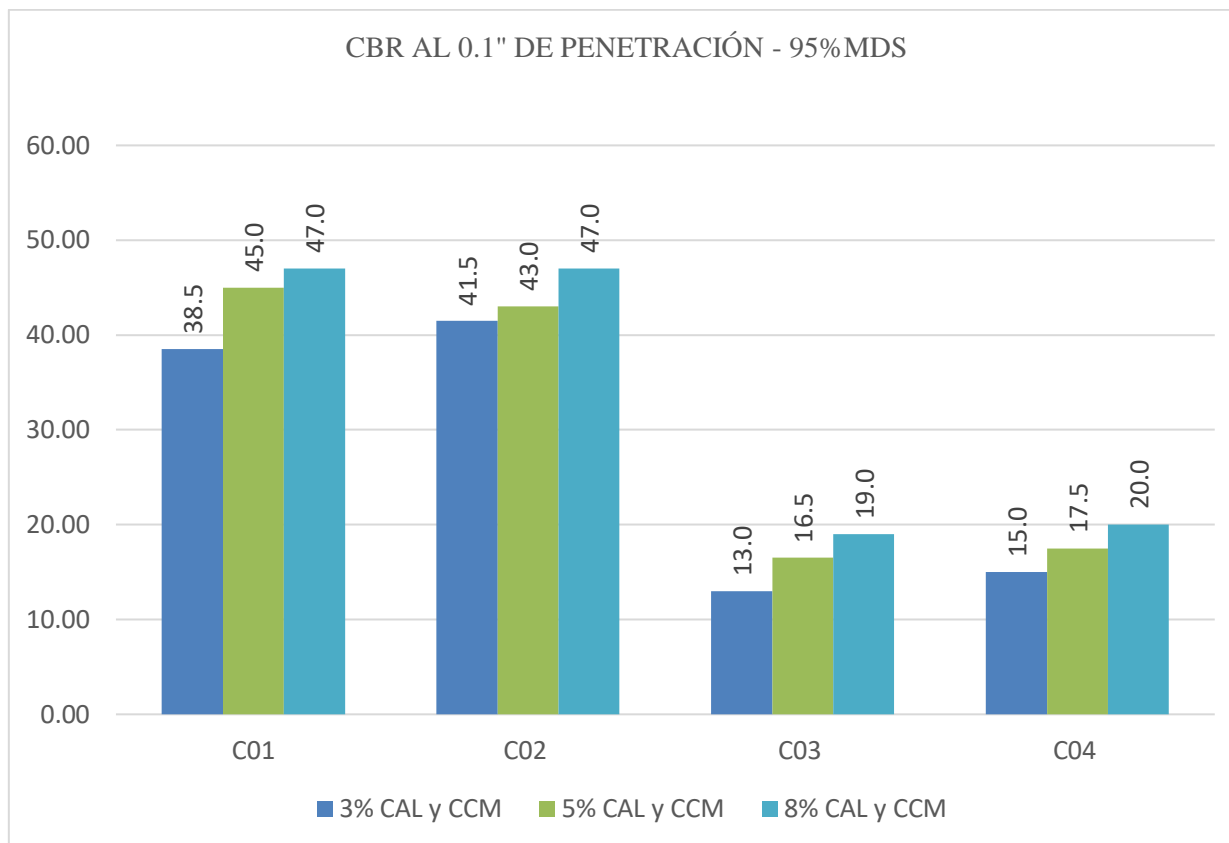
Interpretación: En la figura 27 se determinó el Óptimo Contenido de Humedad de la subrasante al añadir 3%, 5% y 8% de cal y ceniza de coronta de maíz, obteniendo porcentajes de OCH más bajos que los de la subrasante original. El resultado más bajo fue de 6.00% en la C-03 con la combinación SN + 5% de cal y CCM. Esta reducción del OCH se atribuye al incremento de finos en las muestras, lo que indica que al agregar cal y CCM a la subrasante se requieren menores porcentajes de humedad para alcanzar la máxima densidad seca o una adecuada compactación.



e) Ensayo california Bearing ratio C.B.R. – ASTM D-1883

Figura 28.

Resultados de CBR al 95%MDS al adicionar Cal y CCM



Interpretación: En la figura 28 se evaluó el CBR de las muestras de subrasante al añadir 3%, 5% y 8% de cal y ceniza de coronta de maíz, obteniendo el valor más alto de 47% de CBR al 95% MDS en las muestras C02 y C01 con la combinación SN + 8% de cal y CCM, lo que indica una subrasante excepcional. Por otro lado, el menor valor de 13% de CBR al 95% MDS se registró en la C03 con la combinación SN + 3% de cal y CCM, resultando en una subrasante buena. El aumento del porcentaje de CBR tiene un efecto positivo en la capacidad portante del suelo.

Los resultados muestran que el CBR al 95% de MDS mejora significativamente en todas las calicatas estudiadas, alcanzando valores superiores al 30% en las C01 y C02, lo que indica que estas subrasantes son extraordinarias. En cambio, la C03 y C04 presentaron porcentajes entre

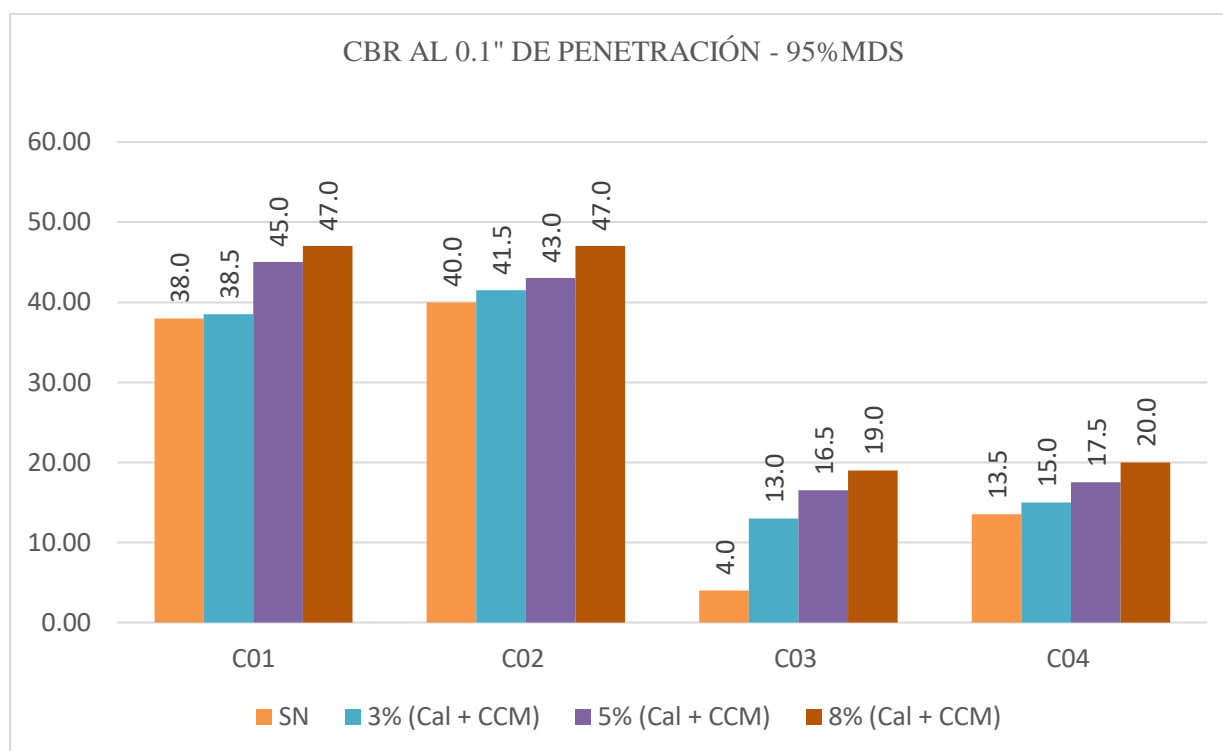


13% y 20%, evidenciando subrasantes de buena calidad. La combinación más efectiva es la de SN + 8% de cal y CCM, que arroja los resultados más altos de CBR; sin embargo, las combinaciones SN + 3% y SN + 5% de cal y CCM también son adecuadas para una subrasante de buena calidad.

4.1.3. Variación entre el índice CBR de la subrasante con y sin adición de cal y CCM

Figura 29.

Variación del CBR al 95%MDS de la subrasante con y sin adición de Cal y CCM



Interpretación: En la figura 29 se analizó la variación del CBR al 95% MDS de la subrasante, tanto con y sin la adición de cal y CCM. Se observó una mejora en todas las calicatas estudiadas, con variaciones del 9.00%, 7.00%, 15.00% y 6.50% en las C01, C02, C03 y C04, respectivamente. Este aumento en el CBR contribuye positivamente a la capacidad de soporte del suelo, transformando una subrasante pobre en una de muy buena calidad.

Los resultados indican que al añadir cal y CCM en porcentajes de 3%, 5% y 8%, el CBR de la subrasante mejora significativamente en todas las calicatas. La combinación más efectiva fue



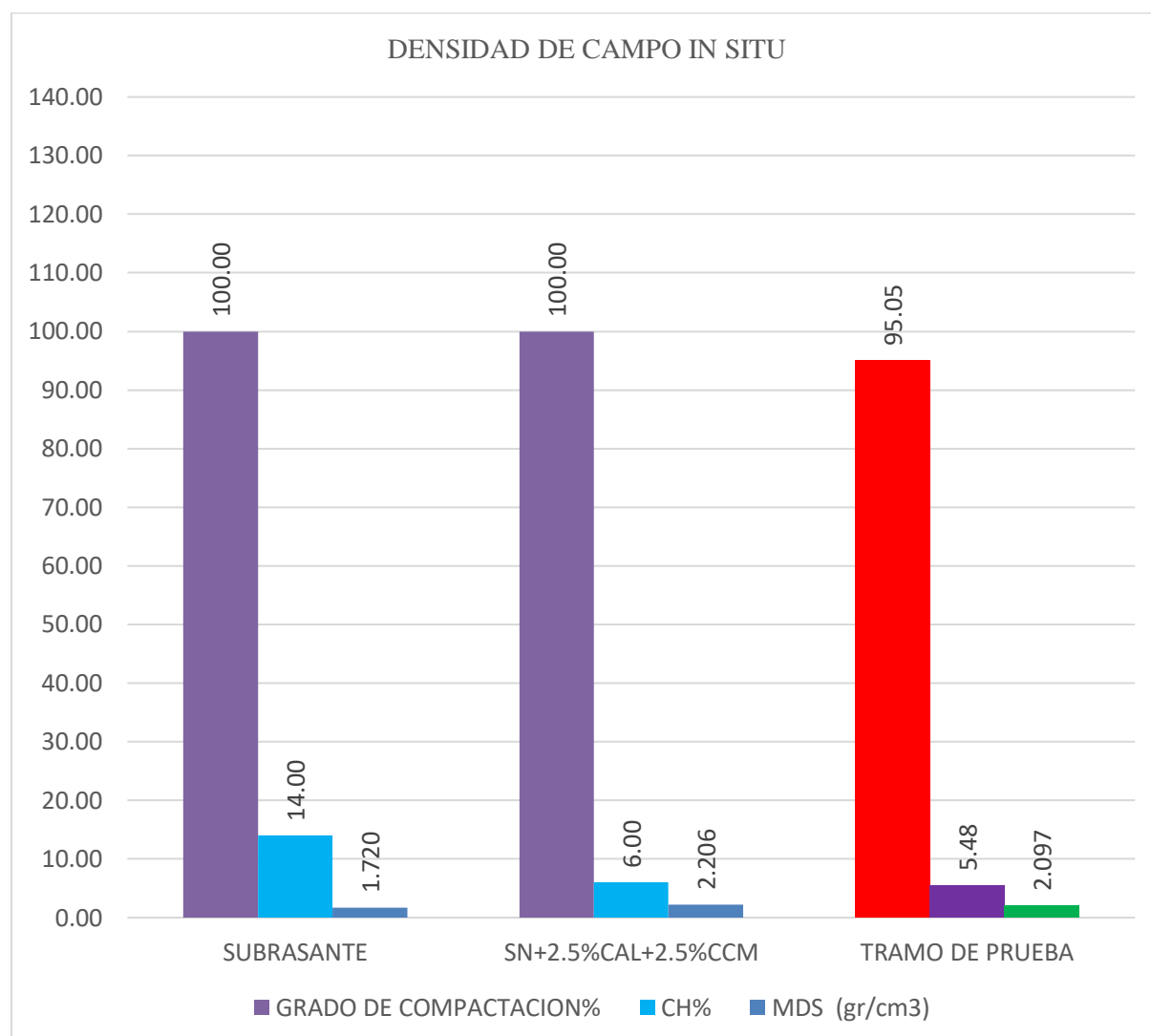
SN + 8% de cal y CCM, alcanzando el mejor resultado de CBR al 95% MDS en la C03, donde el CBR pasó de 4.00% a 19.00% con la adición del 8%. Además, las combinaciones SN + 3% y SN + 5% de cal y CCM también mostraron resultados favorables para una subrasante adecuada. Por lo tanto, se optará por la dosificación de SN + 5% de cal y CCM para el tramo de prueba, ya que es más económica.

4.1.4. Comportamiento del tramo de prueba

a) Densidad de Campo In situ – Método Cono de Arena - ASTM D -1556

Figura 30.

Resultado del Ensayo de Densidad de Campo In situ – Método Cono de Arena



Nota: Esta prueba se realizó en la C03 con una dosificación de SN + 5% Cal y CCM.



Interpretación: En la figura 30, se llevó a cabo el ensayo de "Densidad de Campo" utilizando el método de cono de arena para determinar el grado de compactación del tramo de prueba, obteniendo un resultado favorable del 95.05%. Este resultado es relevante para el comportamiento de la subrasante, ya que un porcentaje superior al 95% indica una buena compactación, lo que a su vez implica una disminución en el esponjamiento y la contracción del suelo.

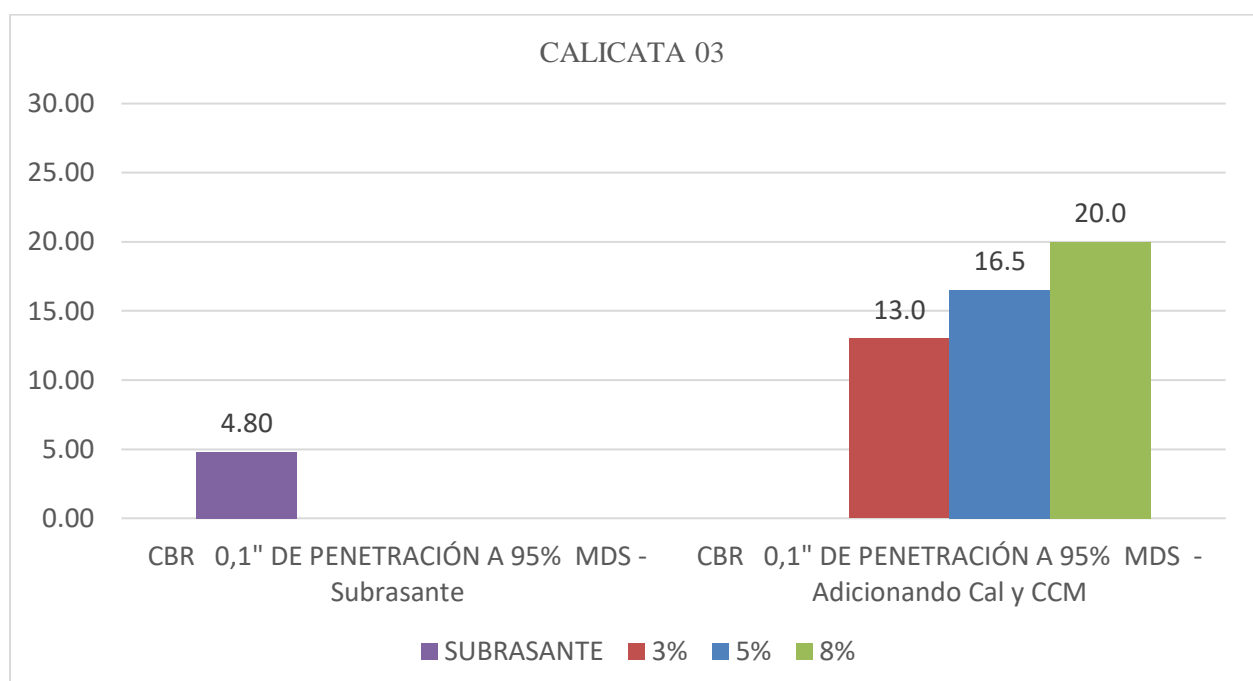
b) Evolución del tramo de prueba por 15 días

Se observó y evaluó el tramo de prueba 15 días después de aplicar el mejoramiento con cal y ceniza de coronta de maíz, observando una superficie regular y sin hundimientos ni deflexiones que afecten el tránsito vehicular. Además, se notó que el espesor del tramo se mantuvo sin disminuciones. También se confirmó que el tramo seguía compactado y firme después de dos semanas, lo que indica que el comportamiento del tramo tras la adición de cal y ceniza es positivo, mejorando así las propiedades y resistencia del suelo.

4.1.5. Contraste de hipótesis

Figura 31.

Resultados de CBR al 95% MDS en la C-03





Interpretación: En la Figura 31, se pueden observar dos varianzas desiguales. Para validar la hipótesis general del proyecto, procederemos a realizar la prueba de hipótesis usando el Método T de Student.

Tabla 35.

Varianzas Desiguales en la Prueba de Hipótesis

VARIANZAS DESIGUALES		
HIPÓTESIS NULA	H0: Al adicionar cal y ceniza de coronta de maíz en porcentaje de 3%, 5% y 8% en la subrasante de la zona de estudio, el comportamiento de sus propiedades físicas y mecánicas no mejoran.	P > α: Se acepta la hipótesis Nula.
HIPÓTESIS ALTERNATIVA	H1: Las propiedades físicas y mecánicas de la subrasante en estudio, mejoran al adicionar cal y ceniza de coronta de maíz en porcentaje de 3%, 5% y 8%.	P < α: Se acepta la hipótesis Alternativa.

Tabla 36.

Resultados de la Prueba t Student para Dos muestras Suponiendo Varianzas Desiguales

	<i>CBR 0,1" DE PENETRACIÓN A 95% MDS - Subrasante</i>	<i>CBR 0,1" DE PENETRACIÓN A 95% MDS - Adicionando Cal y CCM</i>
Media	4.8	16.5
Varianza	7.68	12.25
Observaciones	1	3
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	2	
Estadístico t	-5.780870577	



P(T<=t) una cola	0.002223935
Valor crítico de t (una cola)	2.131846786
P(T<=t) dos colas	0.004447871
Valor crítico de t (dos colas)	2.776445105

Interpretación: En la Tabla 36, se obtuvo un valor de P(T<=t) dos colas menores a α (alfa), esto significa que se acepta la hipótesis alternativa H1.

Tras realizar la verificación de la hipótesis, se concluye que la investigación fue exitosa, ya que la adición de cal y ceniza de coronta de maíz a la subrasante mejora sus propiedades físicas y mecánicas.

4.2. Discusiones

- En esta investigación se observó que los resultados obtenidos son consistentes con otros estudios sobre la estabilización de suelos utilizando cal y cenizas volátiles. Varios estudios han demostrado que la combinación de cenizas volátiles con cal mejora las propiedades físicas y mecánicas del suelo. La ceniza de coronta de maíz, al ser producida, presenta una composición mineralógica similar a la de las cenizas volantes, destacándose por su bajo contenido de cal y alto contenido de sílice. Esto, al combinarse con cal, promueve la formación de cristales de silicato de calcio hidratado, lo que contribuye a la estabilización del suelo y mejora su capacidad de soporte.

Cortes & Rincón (2020) llevaron a cabo un análisis sobre el impacto de diferentes mezclas de suelo natural con la adición de cal y ceniza de bagazo de caña de azúcar. Encontraron un notable aumento en el CBR, que pasó de 23% (suelo natural) a 87% con la mezcla que incluía 12% de ceniza de bagazo de caña y 5% de cal, lo que representa una mejora del 33.4%. Esta combinación no solo incrementa la resistencia y la capacidad de soporte del suelo, sino que también reduce la expansión. Estos hallazgos son consistentes con los resultados de la presente investigación, donde la adición de cal y ceniza de coronta de maíz a la subrasante en la zona de estudio también mejora el



comportamiento del suelo en su estado natural. La mezcla más efectiva fue la del suelo natural SN con 4% de cal y 4% de ceniza de coronta, que elevó el CBR de 4% (SN) a 19% (con 8% de cal y CCM), además de mejorar las características de los límites de consistencia. Esto demuestra que las cenizas volantes actúan como estabilizadores y la cal como un agente activador, siendo su combinación el complemento ideal para estabilizar suelos y aumentar su resistencia CBR, además de reducir la expansión en suelos arcillosos. Es importante considerar que factores como las condiciones geológicas de la zona, el tipo de maíz utilizado o las condiciones del ensayo pueden causar variaciones en los resultados.

La hipótesis inicial propuso que la incorporación de ceniza de coronta de maíz y cal en proporciones de 3%, 5% y 8% en la subrasante de la zona de estudio mejoraría significativamente sus propiedades. Esta hipótesis se verificó, ya que los resultados evidencian una mejora en el comportamiento del suelo analizado.

El método empleado para el análisis de datos de laboratorio fue el adecuado para alcanzar los objetivos planteados. Las técnicas utilizadas y la metodología de los ensayos permitieron obtener resultados específicos y precisos. No obstante, es importante considerar que pueden existir ciertas limitaciones, como el hecho de que las condiciones controladas en el laboratorio no siempre reflejan las características del suelo in situ en la zona de estudio. Además, es relevante señalar que esta investigación no abordó el tema de la durabilidad del tratamiento con la adición de ceniza de coronta de maíz y cal.

Mediante la presente investigación se obtuvo que el más grande aporte es la prueba de la eficacia de la mezcla de CCM y cal como agente estabilizador del suelo. Los resultados ofrecen una alternativa sostenible y viable para mejorar los suelos en futuros proyectos viales en la zona, lo que también ayuda a reducir costos. Además, el estudio



detalla de forma práctica y comprensible cómo aplicar estos materiales. Se resalta el uso de ceniza de coronta de maíz, la cual a menudo se desperdicia en la región, y se explora su reutilización como una solución ecológica para la estabilización del suelo, gestionando eficazmente estos residuos y contribuyendo a la sostenibilidad.

- Los resultados de la investigación sobre las propiedades físico-mecánicas de la subrasante de la carretera San Blas son consistentes con estudios previos. Se aplicaron metodologías estandarizadas para los ensayos y pruebas de laboratorio. Además, se observó que la reducción de la plasticidad y el contenido de humedad, así como el aumento del CBR, coinciden con hallazgos anteriores que demuestran que la cal y las cenizas volátiles son efectivas en la estabilización de suelos. La hipótesis inicial planteaba que la adición de ceniza de coronta de maíz y cal mejora las propiedades de la subrasante, lo cual fue respaldado por los resultados, que mostraron un incremento significativo en el CBR y una disminución en la plasticidad.
- Delgado y Mormontoy (2021) llevaron a cabo un estudio sobre el efecto de la adición de ceniza de coronta de maíz y cal en suelos arcillosos, determinando que la mejor combinación era suelo natural + 5% de cal + 3% de ceniza. Esta mezcla reduce el índice de plasticidad, lo que a su vez disminuye significativamente la compresibilidad del suelo en comparación con el estado natural, haciendo que sea adecuado para subrasantes gracias a su baja compresibilidad, lo que le permite soportar las cargas mínimas requeridas. Además, la adición de cal y ceniza de maíz mejoró la capacidad de soporte CBR, incrementando el valor de 4.02% (suelo natural) a 12.84% (suelo + 5% cal + 3% ceniza), lo que indica una mejora considerable en su capacidad para soportar cargas sin asentamientos significativos. Al comparar esta información con la presente investigación, se observa que al añadir cal y ceniza de coronta/mazorca de maíz al suelo natural, se reduce el índice de plasticidad de 11.70% (suelo natural) a 3.92% (suelo +



4% cal + 4% ceniza), además de mejorar la capacidad de soporte CBR de 4% a 19%. Esto demuestra una mejora progresiva en las propiedades del suelo con el aumento de la ceniza de coronta de maíz y cal, destacando el potencial de estos aditivos estabilizadores como una solución viable para estabilizar suelos de baja calidad en subrasantes, evitando la necesidad de materiales de préstamo. Sin embargo, es importante considerar que pueden surgir discrepancias en los resultados debido a las diferencias en las características del suelo o las condiciones climáticas del área de estudio, ya que estas condiciones no pueden replicarse completamente en un entorno de laboratorio.

- A través de los ensayos de laboratorio realizados, se identificaron las características físico-mecánicas de la subrasante de la carretera San Blas. Las muestras analizadas, según la clasificación SUCS y AASHTO, clasificaron el suelo como arenas arcillosas, gravas arcillosas y arcillas inorgánicas. Se determinó que el suelo menos adecuado pertenece a la calicata N°03 (arcillas inorgánicas), que presentó un CBR de 4%, lo que indica una baja capacidad de soporte en su estado natural.

Capuñay y Pastor (2020), a través de análisis y ensayos, investigaron la influencia de la ceniza de bagazo de caña de azúcar en la estabilización de suelos. Determinaron que una proporción del 45% de ceniza en suelos clasificados como “arena mal graduada” según SUCS y AASHTO como A-1-b, mejora notablemente las propiedades mecánicas, especialmente el valor CBR, que aumentó de 8.84% (suelo sin estabilizar) a 15.80% (suelo estabilizado), lo que representa un incremento de 6.96% gracias a las propiedades de la ceniza. En comparación con la presente investigación, se observa que la combinación de cal y ceniza volátil genera un mayor aumento del CBR, con mejores resultados que al estabilizar solo con ceniza. Esto se debe a que la cal y la ceniza producen reacciones químicas puzolánicas que otorgan características cementosas,



logrando un incremento del 15% en el CBR para suelos arcillosos al añadir 4% de cal y 4% de ceniza de coronta de maíz. Aunque en la investigación de Capuñay y Pastor se utilizó un 45% de ceniza, en ambos casos se demuestra una mejora en las propiedades físico-mecánicas del suelo, siendo más efectiva la estabilización de suelos arcillosos que de arenas mal graduada.

El principal aporte en la investigación fue demostrar la eficacia de la adición de la cal con la ceniza de coronta de maíz como agentes estabilizadores del suelo, proporcionando así una alternativa viable.

- Los resultados de la investigación de las propiedades físicas y mecánicas de la subrasante del suelo al adicionar la cal y CCM coinciden con resultados de estudios e investigaciones anteriores en las cuales se muestra la mejora del índice CBR, la reducción del índice de plasticidad y variación en la MDS observados son consistentes con estudios anteriores que investigaron el uso de estos agentes. Cabe señalar que pueden suceder ciertas discrepancias en resultados debido posiblemente a factores como la variación en la composición química de la cal o la ceniza de coronta de maíz, en lo que respecta al procedimiento no se presentaron errores significativos que expliquen estas posibles diferencias.

La hipótesis inicial fue que la adición de cal y CCM en porcentajes de 3%, 5% y 8% de la mezcla mejora el comportamiento de la subrasante, esta teoría fue confirmada por los datos obtenidos en laboratorio, puesto que se ve el incremento del índice CBR y la disminución de la plasticidad del suelo. El método utilizado para evaluar las propiedades físicas y mecánicas de la subrasante de la carretera San Blas fueron estandarizados y de acuerdo a normativas como clasificación de suelos, evaluación de límites de consistencia, Proctor Modificado, CBR. Si bien es cierto a pesar de que el enfoque sea el más adecuado para el cumplimiento de los objetivos planteados para el



estudio, podrían presentarse ciertas limitaciones ya sea porque los materiales no son del mismo lote o porque las condiciones controladas en laboratorio no reflejan exactamente las condiciones reales de campo.

Ccansaya & Tello (2022), realizaron un análisis comparativo entre métodos de mejora tanto mecánica como química para tratar estos suelos y aumentar sus propiedades de resistencia, trabajabilidad y durabilidad, demostrándose que la estabilización mecánica por sustitución mediante la adición de cal de obra incrementa el CBR del suelo modificando la clasificación de la subrasante del suelo estudiado, convirtiendo esta capa inicialmente clasificada como pobre (S1, C.B.R de 3.5%) en una buena (S3, C.B.R entre 12% y 15%, siendo este tipo de estabilización una estrategia viable para lograr mejoras significativas en las propiedades del suelo, lo que puede tener un impacto positivo en la construcción de carreteras con pavimento flexible. Contrastando dicha información con nuestra investigación, tenemos que el CBR del suelo natural estudiado aumenta de un 4% (S1, subrasante pobre) a un 13% (S3, Subrasante buena) adicionando 3% (Cal+CCM), 16.50% (S3, Subrasante buena) si se adiciona 5%(Cal+CCM) y aumenta a 19% (S3, Subrasante buena) si se adiciona 8%(Cal+CCM) respectivamente. Respecto a lo estudiado comprobamos que la estabilización mecánica mejora las propiedades de la subrasante de suelo modificando así su clasificación observándose que inicialmente la subrasante estaba clasificada como S1 es decir subrasante pobre y mejoró sus propiedades al ser estabilizado con cal en diversos porcentajes, clasificándose como S3 es decir una subrasante buena conforme a lo indicado en la Norma de Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos del MTC.

Los resultados demuestran que las combinaciones de CCM y cal en diversas dosificaciones mejoran en gran medida el comportamiento de la subrasante, proporcionando una solución efectiva para la estabilización del suelo de la zona en



estudio. Además, en la presente investigación se muestra el procedimiento detallado, así como la dosificación óptima de la mezcla, basada en una sólida base experimental. Este estudio puede aplicarse en regiones o zonas que tengan condiciones geológicas similares al distrito de San Blas.

- Los resultados obtenidos al evaluar el comportamiento del tramo de prueba utilizando la combinación óptima de cal y CCM muestran que el suelo logra estabilizarse con la adición, y estudios anteriores también demostraron que el uso de estos agentes estabilizadores mejora el comportamiento del suelo. Mediante el ensayo de densidad de campo realizado en el tramo de prueba se evaluó el tramo de prueba por un periodo de 15 días luego de realizada la estabilización del suelo natural con adición de 5% (Cal+CCM), se observó una buena regularidad superficial, ya que no se notó hundimientos ni deflexiones que perjudiquen el tránsito de los vehículos, asimismo verificamos que no hubo reducción respecto al espesor del tramo de prueba. El método utilizado para evaluar el tramo de pruebas fue el adecuado y preciso, si bien es cierto pueden presentarse algunas limitaciones dado que el tramo de prueba fue realizado en una dimensión no muy grande, por lo cual podría no capturar completamente el comportamiento del suelo a grandes escales. Además, se debe considerar las condiciones climáticas durante el periodo de prueba ya que pueden influir en los resultados, así como las variaciones en la homogeneidad del suelo a lo largo del tramo podría afectar en cierta manera los resultados. El principal aporte en este estudio fue la validación de las condiciones reales in situ de la mezcla de CCM y cal para la estabilización de la subrasante de la carretera San Blas en una sección de prueba. Se puede demostrar que efectivamente la mezcla de CCM y cal mejoran el comportamiento de la subrasante, ofreciendo así una opción sostenible como método de estabilización. Mediante el estudio realizado podemos brindar una base sólida para



que el método y los materiales empleados puedan ser considerados en proyectos de infraestructura vial especialmente en la zona de estudio o en lugares con condiciones climáticas y geológicas similares.



CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES



5. CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- Se concluye que la hipótesis es válida puesto que la investigación demuestra que la adición de cal y ceniza de coronta de maíz en porcentajes de 3%,5% y 8% a la subrasante de la zona de estudio mejora el comportamiento del suelo en estado natural.
- Se determinó mediante los ensayos realizados a las muestras de suelo natural obtenidas en la zona de estudio que la subrasante de la carretera era pobre e inadecuada, además se determinaron los tipos de suelos de acuerdo a la clasificación SUCS y AASTHO, teniéndose arenas arcillosas, gravas arcillosas, arcillas inorgánicas, determinándose que el suelo menos adecuado es el perteneciente a la calicata N °03 (arcillas inorgánicas).
- Se logró determinar que las propiedades físicas y mecánicas de la subrasante del suelo en estudio mejoran al adicionar Cal y Ceniza de coronta de maíz en los porcentajes de 3%, 5% y 8%. Asimismo el comportamiento de la subrasante de la carretera San Blas, al ser estabilizado con cal y ceniza de coronta de maíz en diferentes porcentajes de 3%, 5% y 8%, tuvo una mejora significativamente en todas las combinaciones estudiadas, viéndose reflejada en las propiedades físicas y mecánicas del suelo estabilizado, obteniéndose que el CBR del SN aumenta de un 4% a un 13% adicionando 3%(Cal+CCM), 16.50% si se adiciona 5%(Cal+CCM) y aumenta a 19% si se adiciona 8%(Cal+CCM) respectivamente.
- Se concluye que el comportamiento de la subrasante al adicionar un porcentaje óptimo de la mezcla de cal y ceniza de coronta de maíz incrementa el valor de su capacidad de soporte CBR, para determinar este comportamiento se profundizo el análisis en la C-03 ya que fue la única muestra de suelo donde se obtuvo resultados de CBR menor a 10%, al estabilizar la C-03 su CBR de 4% que se obtuvo en el suelo natural aumentó hasta en 19%, es decir que con la adición de cal como agente estabilizador principal y



ceniza de coronta de maíz como agente secundario el comportamiento del CBR del suelo natural tiene un incremento mayor al 5%.

- Se evaluó el tramo de prueba por un periodo de 15 días luego de realizada la estabilización del suelo natural con adición de 5% (Cal+CCM), observándose una regularidad superficial buena, ya que no se notó hundimientos ni deflexiones que perjudiquen el tránsito de los vehículos, asimismo verificamos que no hubo reducción respecto al espesor del tramo de prueba.

5.2. Recomendaciones

- La presente investigación se hizo utilizando las corontas de maíz de un tipo y obtenido de la zona de estudio, por lo cual se recomienda a los estudiantes de la carrera o nuevos investigadores realizar estudios con otras variaciones del maíz y obtenidos de otros lugares para que puedan obtener resultados que puedan aportar o complementar a la investigación.
- Se recomienda a los nuevos investigadores, aplicar las dosificaciones que se han empleado en la presente tesis en otros tipos de suelos diferente al estudiado para que puedan evaluar su comportamiento y analizar los resultados ya que podrían obtener mejores resultados de los ya obtenidos.
- Se recomienda a los investigadores usar un porcentaje de cal dentro del rango de 2% a 8% de acuerdo a lo indicado en la norma CE.020 ESTABILIZACION DE SUELOS Y TALUDES, puesto que presenta las condiciones más óptimas para la estabilización.
- Se recomienda a los investigadores, realizar como un complemento para investigación futura un análisis de costos entre los materiales utilizados y otro tipo de estabilizadores para ver la viabilidad del proyecto.
- Como se ha demostrado en la presente tesis la estabilización de la subrasante de la carretera San Blas Macate, si es posible utilizando 5% de la combinación de cal y ceniza



de coronta de maíz, es por ello que se recomienda a la Municipalidad de Macate usar como precedente este estudio para poder estabilizar zonas de la carretera que no cumplan con el CBR adecuado, puesto que se muestran resultados favorables.



CAPÍTULO VI

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS



6. CAPÍTULO VI: REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Capuñay Aguirre, E., & Pastor Olascuaga, C. (2020). *“Estabilización de suelos con ceniza de bagazo de caña de azúcar para su uso como subrasante mejorada en los pavimentos de Chimbote”*. Nuevo Chimbote: (Tesis de pregrado) Universidad Nacional del Santa. Obtenido de <https://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/6567562>
- Angulo Roldan, M., & Zavaleta Papa, C. N. (2020). *Estabilizacion de suelos arcillosos con cal para el mejoramiento de las propiedades fisico-mecanicas como capa de rodadura en la prolongacion Navarro Cauper, Distrito San Juan - Maynas - Iquitos, 2019*". Iquitos: (Tesis de pregrado) Universidad Científica del Perú - UCP.
- Besoain Eduardo. (1985). *Mineralogía de Arcillas de Suelos*. San José: Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura.
- Borja Suarez, M. (2016). *Metodología de la Investigación Científica para ingenieros*. Chiclayo.
- Boza, A. G. (2015). *Universidad de Piura*. Obtenido de <https://www.udep.edu.pe/hoy/2015/12/la-red-vial-es-imprescindible-para-el-desarrollo-y-crecimiento-de-un-pais/>
- Ccansaya Maldonado, R. (2022). *“Análisis comparativo entre los métodos de estabilización por sustitución y por adición de cal de obra, para el mejoramiento de una subrasante arcillosa en la carretera Canta - Huayllay km 57-59”*. Lima: (Tesis de pregrado). Pontificia Universidad Católica del Perú. Obtenido de <https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/23352>
- Centroamericana, U. (2022). *Laboratorio de: MATERIALES DE CONSTRUCCION*. El salvador: “JOSE SIMEON CAÑAS”, UCA.
- Claveria Vásquez, P., Triana Mendoza, D., & Varon Ospina, Y. (2018). *Caracterización del comportamiento geotécnico de los suelos de origen volcánico estabilizado con ceniza de arroz y bagazo de caña como material para subrasante*. Ibagué: (Tesis de pregrado) Universidad Cooperativa de Colombia.
- Colomé Delia. (2018). *Metodología de Investigación para Cursos de Posgrado en*. San Juan: UNSJ - CONICET.
- Crespo Villalaz, C. (2004). *Mecánica de suelos y cimentaciones* (Quinta ed.). México: LIMUSA. Recuperado el 15 de Noviembre de 2023
- CSR Laboratorio. (s.f.). Obtenido de <https://csrlaboratorio.es/suelos/horizontes-estructura-clasificacion/>
- Cuadros Surichaqui, C. M. (2016). *Mejoramiento de las propiedades físico -mecánicas de la subrasante en una vía afirmada de la red vial departamental de la región Junín mediante la estabilización química con óxido de calcio*. Junin: Universidad Peruana Los Andes (UPLA).



- DAS, B. M. (2013). Fundamentos de ingeniería geotécnica cuarta edición. En B. M. DAS, *Fundamentos de ingeniería geotécnica cuarta edición* (pág. 1). México: CENGAGE.
- Del Aguila Sanchez, K. C., & Garcia Uriarte, A. E. (2023). *Influencia de adición de ceniza volante de mazorca de maíz en*. Tarapoto.
- Delgado Rivera, C. A., & Mormontoy Peñalba, V. D. (2021). *Estabilización de Suelos Arcillosos con Adición de Ceniza de Mazorca de Maíz y Cal*". Cusco: (Tesis de pregrado) Universidad Andina del Cusco. Obtenido de <https://revistas.unsaac.edu.pe/index.php/ACS/article/view/808>
- Dirección General de Caminos y Ferrocarriles. (2013). *Manual de Carreteras*. Lima.
- Domingo, A. M. (2011). *Apuntes de Mecánica de Fluidos*. España: Creative Commons.
- Duque Escobar, G., & Duque Escobar, C. E. (2016). Geomecánica. En G. Duque Escobar, & C. E. Duque Escobar, *Geomecánica* (pág. 9). Colombia: Universidad Nacional de Colombia.
- Elizondo Arrieta, F., Navas Carro, A., & Sibaja Obando, D. (2010). *Efecto de la cal en la estabilización de subrasantes*. San José, Costa Rica: Ingeniería 20 (1 y 2): 93-108, ISSN: 1409-2441; 2010.
- Escobar Sulca, J. J., & Quispe Sánchez, G. D. (2020). *ESTABILIZACIÓN DE UNA SUBRASANTE ARCILLOSA DE BAJA*. Lima.
- Gerardo, P. G. (2018). *Estabilización de un Suelo con Cal y Ceniza Volante*. Colombia, Bogota: (Tesis de pregrado) Univeerdad Catolica de Colombia.
- Graux Daniel. (1975). *Fundamento de Mecánica de Suelos Proyecto de Muros y Cimentaciones (Segunda Edición)*. Barcelona: Barcelona: Editores Técnicos y Asociados.
- Guamán Iler, I. I. (2016). *Estudio del comportamiento de un suelo arcilloso estabilizado por dos métodos químicos (cal y cloruro de sodio)*. Ambato-Ecuador: (Tesis de pregrado). Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica. Carrera de Ingeniería Civil.
- Guzman Polo, M., & Lopez Garcia, J. (2023). *Estabilización con cenizas de coronta de maíz y su influencia en la capacidad portante del suelo arcilloso tramo Carracmaca-Surual, Huamachuco*. Universidad Cesar Vallejo, La Libertad. Trujillo: Tesis de pregrado. Obtenido de <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/138955?show=full&locale-attribute=en>
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2014). Metodología de la Investigación. México: MCGRAW-HILL / INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V.
- Hidalgo Ramírez, F., & Saavedra Salazar, J. A. (2020). *Análisis de la adición de cáscara de arroz y bagazo de Análisis de la adición de cáscara de arroz y bagazo de*



- estabilización de suelos arcillosos en el departamento de San Martín*. Lima: (Tesis de pregrado) Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas.
- Huerta, L. A. (2018). *Determinación de la porosidad*. España: UNIVERSIDAD POLITECNICA DE VALENCIA. Recuperado el 20 de Agosto de 2024, de <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/52102/20.%20Art%C3%ADculo%20docente.%20Determinaci%C3%B3n%20de%20la%20porosidad.pdf?sequence=1>
- Huezo Maldonado, H., & Orellana Martínez, A. (2009). *Guía básica para estabilización de suelos con cal en caminos de baja intensidad vehicular en estabilización de suelos con cal en caminos de baja intensidad vehicular en El Salvador*. El Salvador: (Tesis de pregrado) Universidad de El Salvador, Escuela de Ingeniería Civil.
- Ibáñez, J. J. (2006). *Materiales del Suelo: Composición Mineralógica de la Roca Madre*. Obtenido de <https://www.madrimasd.org/blogs/universo/2006/02/20/14048>
- Ipince Cuevas, H. A. (2020). *Mejoramiento de la subrasante agregando ceniza de tusa de maíz en la calle 12 del distrito de Víctor Larco Herrera, Trujillo 2019*. Lima: (Tesis de pregrado) Universidad César Vallejo.
- Jara Anyaypoma, R. (2014). *Efecto de la cal como estabilizante de una subrasante de suelo arcilloso*. Cajamarca: (Tesis de pregrado) Universidad Nacional de Cajamarca.
- Jhonathan, R. (2020). *Estabilización química de suelos - Materiales convencionales y activados alcalinamente*. Obtenido de <https://www.studocu.com/pe/document/universidad-autonoma-de-occidente/ingenieria-industrial/dialnet-estabilizacion-quimica-de-suelos-materiales-convenciona-7590766/68498067>
- López Curay, O. M., & Zapata Fassio, J. C. (2020). *Análisis de trabajos previos de la estabilización de un suelousando cal a nivel de subrasante. Piura. 2021*. Piura: (Tesis de pregrado) Universidad César Vallejo.
- Maldonado, G. L. (2019). *Ensayos de compactación en*. España: Universitat Politècnica de València.
- Mamani Barriga, L. E., & Yataco Quispe, A. J. (2017). *Estabilización de suelos arcillosos aplicando ceniza de madera de fondo, producto de ladrilleras artesanales en el departamento de Ayacucho*. Lima: (Tesis de pregrado) Universidad San Martín de Porres.
- Mera Ruiz, C. A., & Saavedra Murrieta, S. (2021). *Uso de la ceniza de coronta de maíz como alternativa sostenible para elevar la resistencia a la compresión del concreto simple, Bellavista - 2020*. Tarapoto: (Tesis de pregrado) Universidad César Vallejo.
- Ministerio de Economía y Finanzas. (2013). *Manual de la Construcción*. Lima.
- Ministerio de Economía y Finanzas. (2015). *Pautas metodológicas para el desarrollo de alternativas de pavimentos en la formulación y evaluación social de proyectos de inversión pública de carreteras*. Lima.



- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2008). *Manual de diseño de Carreteras*. Lima.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2013). *Manual de Carreteras*.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2014). *Manual de Carreteras*. Lima.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2016). *Manual de Ensayo de Materiales*. Lima.
- Ministerio del Ambiente. (2018). *Línea de base de la diversidad genética del maíz peruano con fines de bioseguridad*. Lima: GRUPO RASO.
- Moale Quispe, A. B., & Rivera Justo, E. J. (2019). *Estabilización química de suelos arcillosos con cal para su uso como subrasante en vías terrestres de la localidad de Villa Rica*. Lima: (Tesis de pregrado) Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas.
- MTC. (2013). *Glosario de términos de uso frecuente en proyectos de infraestructura vial*.
- MTC. (2018). *Glosario de términos de uso frecuente en proyectos de infraestructura vial*. PDF, Lima. Recuperado el 15 de Noviembre de 2023, de http://transparencia.mtc.gob.pe/idm_docs/normas_legales/1_0_1556.pdf
- Ramon, H. M. (2016). *LA ESTRUCTURA DE UN SUELO*. UNIVERSIDAD POLITECNICA DE VALENCIA. Obtenido de <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/8010/estructura.pdf>
- Ramos Hinojosa , G. P. (2014). *Mejoramiento de subrasantes de baja capacidad portante mediante el uso de polímeros reciclados en carreteras, Paucará Huancavelica 2014, en la ciudad de Huancayo - Perú*. Huancayo: (Tesis de pregrado) Universidad Nacional del Centro del Perú.
- Rincón Hernández, L., & Cortes Roa, A. (2020). “*Análisis de la resistencia a la compresión confinada y CBR de un afirmado estabilizado con ceniza de bagazo de caña de azúcar y cal.*”. Bogotá: (Tesis de pregrado) Universidad de La Salle. Obtenido de https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_civil/887/
- Romero, R. (2019). Obtenido de Estabilización físico-mecánica del suelo: <https://es.scribd.com/document/412601688/Estabilizacion-Fisico-Mecanica-de-Suelos-Pavimento>
- ROQUE, H. U. (2019). *Relación entre el tipo de suelo (SUCS y AASHTO) y el*. Cerro de Pasco.
- Suarez, J. (2021). *Deslizamientos: analisis geotecnico*. Obtenido de https://www.academia.edu/8095293/Cap%C3%ADtulo_10_Suelos_Residuales
- Toledo, M. (2021). Obtenido de Determinación del contenido de humedad: https://www.mt.com/mx/es/home/applications/Laboratory_weighing/moisture-content-determination.html
- Torres, N. A. (2010). *Geología y Geotecnia* . Universidad Nacional de Rosario .



Valles Ríos, P., & Vela Vázquez, F. J. (2021). *“Diseño de un adoquín de concreto con ceniza de coronta de maíz amarillo para mejorar su resistencia a la compresión, Tarapoto-2021”*. Tarapoto: (Tesis de pregrado) Universidad César Vallejo.

Zapata, R. (2018). *Geología y Geotecnia*. Universidad Nacional de Rosario.



7. CAPÍTULO VII: ANEXOS



CAPÍTULO VII

ANEXOS



ANEXO 1
MATRIZ DE
CONSISTENCIA



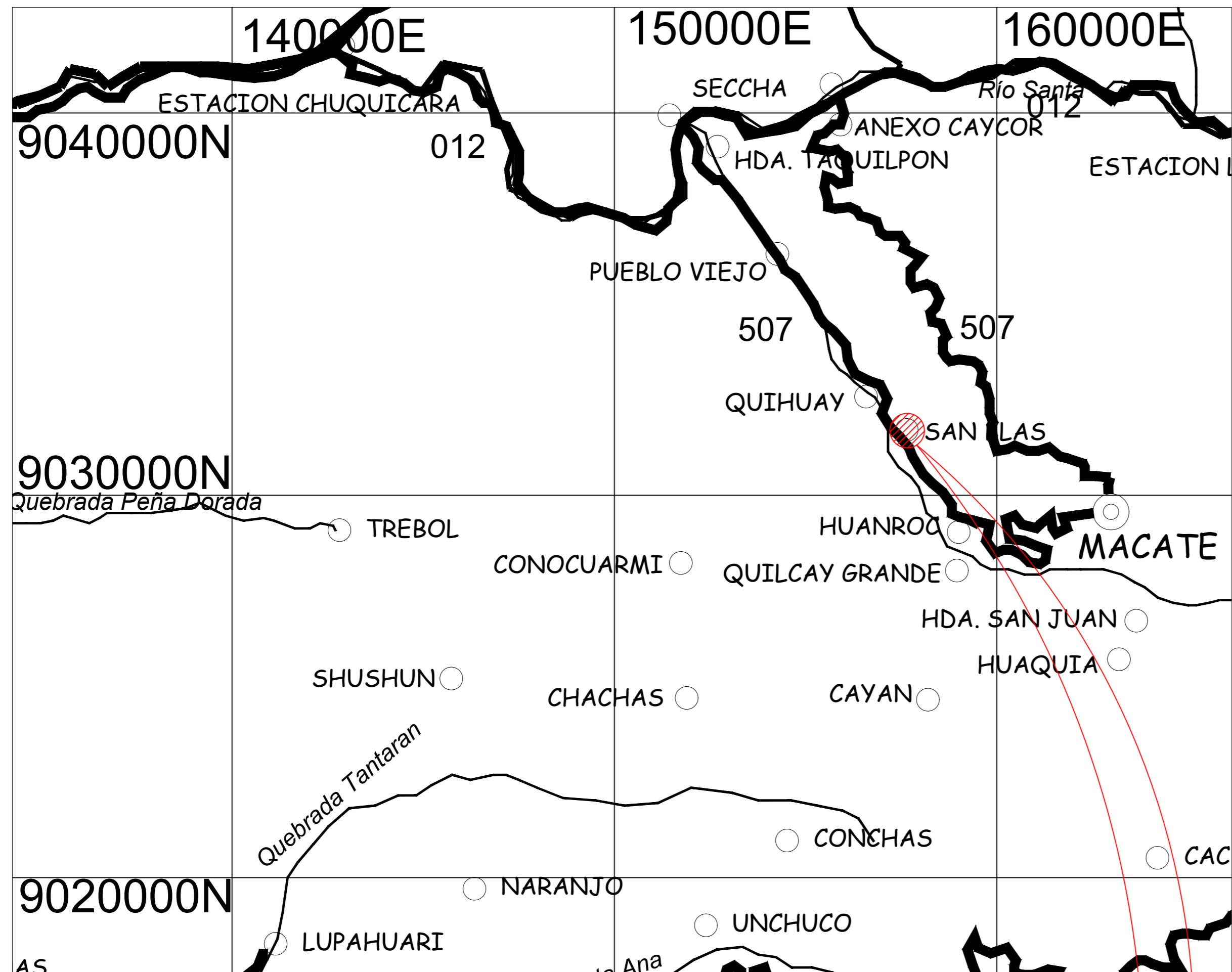
“COMPORTAMIENTO DE LA SUBRASANTE DE LA CARRETERA SAN BLAS AL ADICIONAR CAL Y CENIZA DE CORONTA DE MAÍZ, MACATE -2023”

“ COMPORTAMIENTO DE LA SUBRASANTE DE LA CARRETERA SAN BLAS AL ADICIONAR CAL Y CENIZA DE CORONTA DE MAÍZ, MACATE -2023”

FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	OBJETIVOS DE LA INVESTIGACION	SISTEMA DE HIPÓTESIS
PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL
¿Cuál es el comportamiento de la subrasante de la carretera San Blas al adicionar cal y ceniza de coronta de maíz?	Evaluar el comportamiento de la subrasante de la carretera San Blas, al adicionar cal y ceniza de coronta de maíz, Macate-2023.	Al adicionar cal y ceniza de coronta de maíz en la subrasante de la zona de estudio, el comportamiento es bueno ya que mejora la calidad en sus propiedades considerablemente.
PROBLEMAS ESPECÍFICOS	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	HIPÓTESIS ESPECÍFICOS
¿Cómo son las propiedades físicas y mecánicas de la subrasante de la carretera de acceso San Blas, Distrito de Macate, Provincia del Santa, departamento de Ancash?	Determinar las propiedades físicas y mecánicas de la subrasante de la carretera de acceso San Blas, Distrito de Macate, Provincia del Santa, departamento de Ancash.	Las propiedades físicas y mecánicas de la subrasante son pobres e inadecuadas.
¿Cuáles son las propiedades físicas y mecánicas de la subrasante de la zona en estudio, al adicionar Cal y Ceniza de coronta de maíz en los porcentajes de 3%, 5% y 8%?	Determinar las propiedades físicas y mecánicas de la subrasante de la zona en estudio, al adicionar Cal y Ceniza de coronta de maíz en los porcentajes de 3%, 5% y 8%.	Las propiedades físicas y mecánicas de la subrasante del suelo en estudio mejoran al adicionar Cal y Ceniza de coronta de maíz en los porcentajes de 3%, 5% y 8%.
¿Cuál es la variación entre el índice CBR de la subrasante de la zona en estudio, con y sin adición de Cal y Ceniza de coronta de maíz?	Evaluar la variación entre el índice CBR de la subrasante de la zona en estudio, con y sin adición de Cal y Ceniza de coronta de maíz	La variación del índice CBR de la subrasante de la zona en estudio tiene un incremento mayor al 5% al adicionar cal y ceniza de coronta de maíz.
¿Cómo se comporta la subrasante del tramo de prueba realizado al adicionar cal y ceniza de coronta de maíz?	Realizar un tramo de prueba para observar el comportamiento de la subrasante al adicionar Cal y Ceniza de coronta de maíz.	La adición de cal y ceniza de coronta de maíz mejora el comportamiento de la subrasante del tramo de prueba realizado.

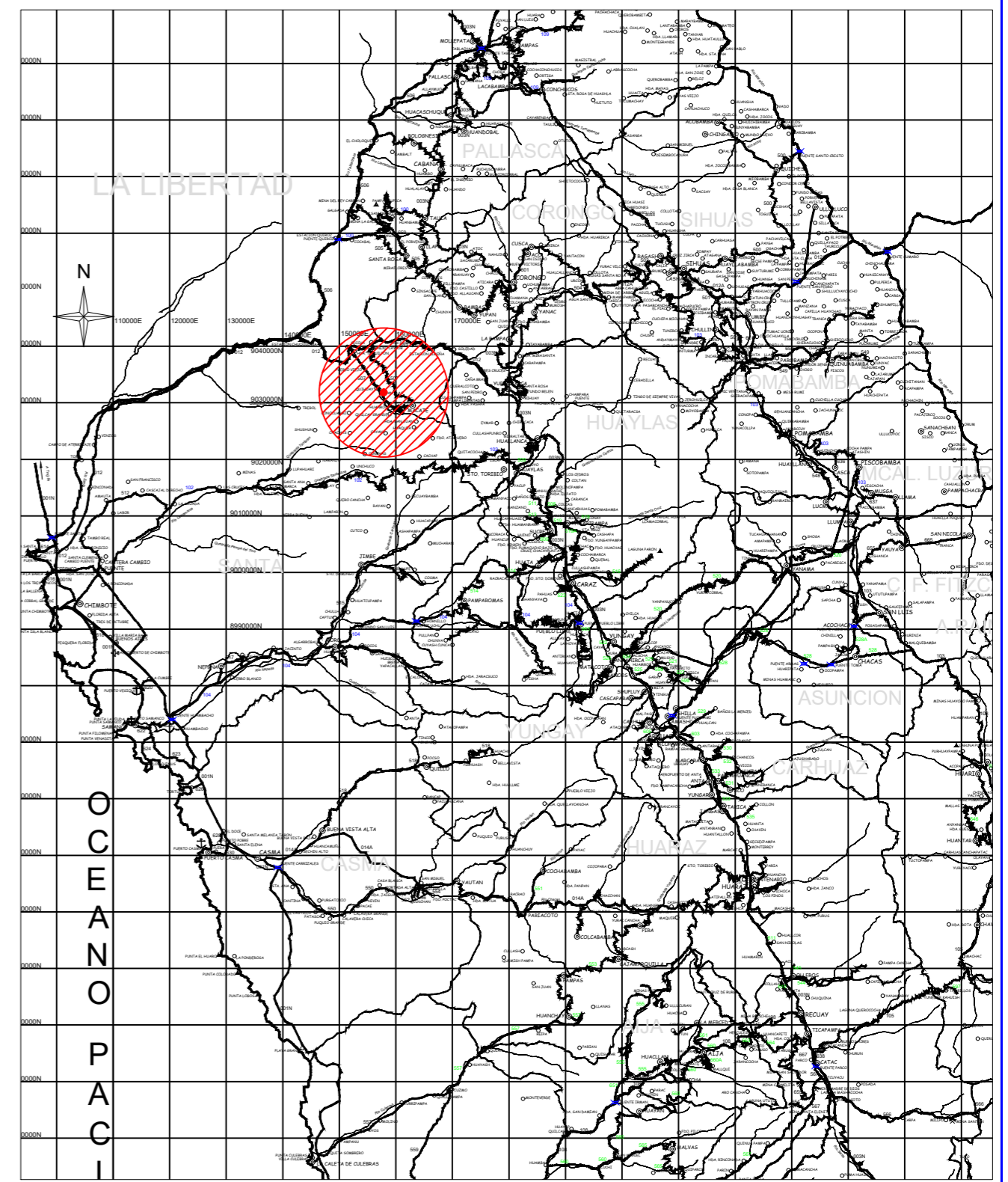


ANEXO 2
**PLANO DE UBICACIÓN DE
LA ZONA EN ESTUDIO**



PLANO DE UBICACION

Esc.: 1/100 000

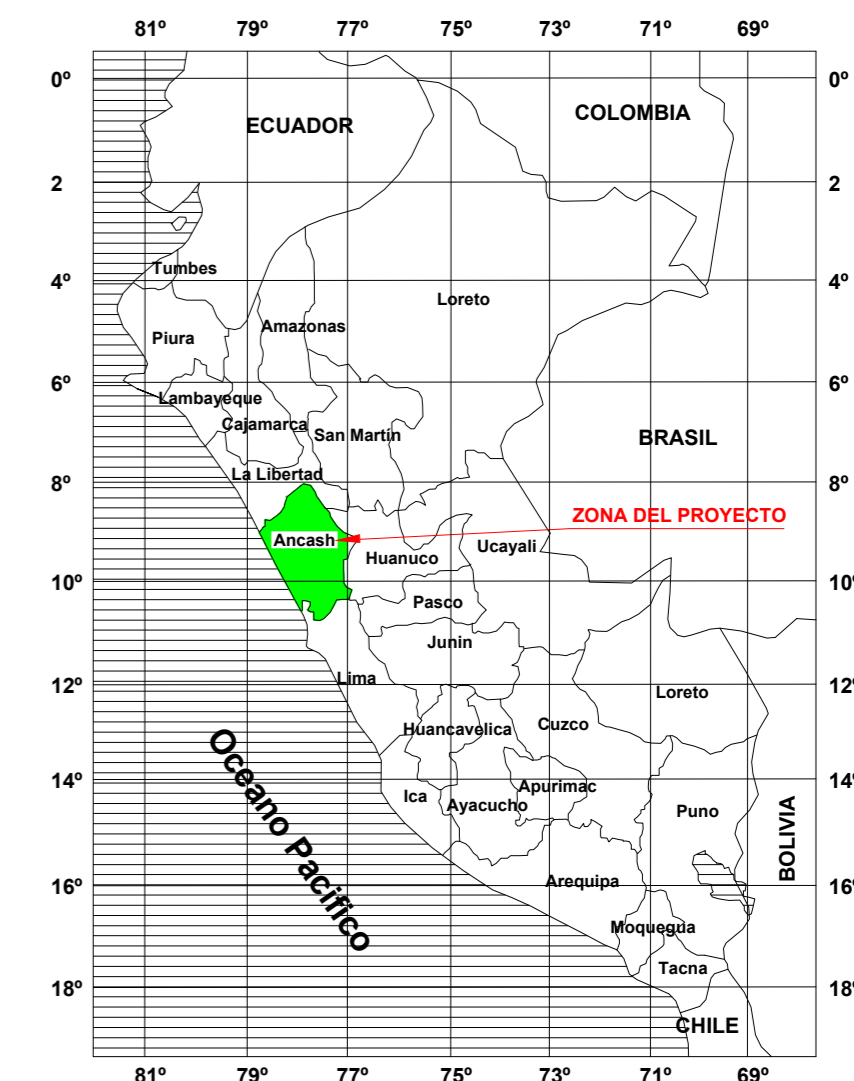


PLANO DE LOCALIZACION

Esc.: 1/1 000 000

DISTRITO: MACATE
PROVINCIA: SANTA
DEPARTAMENTO: ANCASH

TRAMO SAN BLAS
0+000 KM - 1+500 KM



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA FACULTAD DE INGENIERIA ESCUELA ACADÉMICA DE INGENIERIA CIVIL			
Proyecto de Tesis: "COMPORTAMIENTO DE LA SUBRASANTE DE LA CARRETERA SAN BLAS AL ADICIONAR CAL Y CENIZA DE CORONTA DE MAIZ, MACATE - 2023"		Ubicacion: Sector : SAN BLAS Distrito : MACATE Provincia : DEL SANTA Región : ANCASH	
TESISISTAS: BACH. YOCELIN MONTORO RAMIREZ BACH. BEATRIZ ROSMERY NARVAEZ RODRIGUEZ		Plano : UBICACION Y LOCALIZACION KM 0+000 - KM 1+500	
Aprobado : Ms. LUZ ALVAREZ ASTO ASESORA DE PROYECTO DE TESIS		DISEÑO: N° Lámina: <div style="font-size: 2em; font-weight: bold; text-align: center;">UL-01</div>	
CAD: FECHA: FEBRERO 2024		ESCALA: INDICADO	



ANEXO 3
PLANO TOPOGRÁFICO
0+000KM A 1+500KM

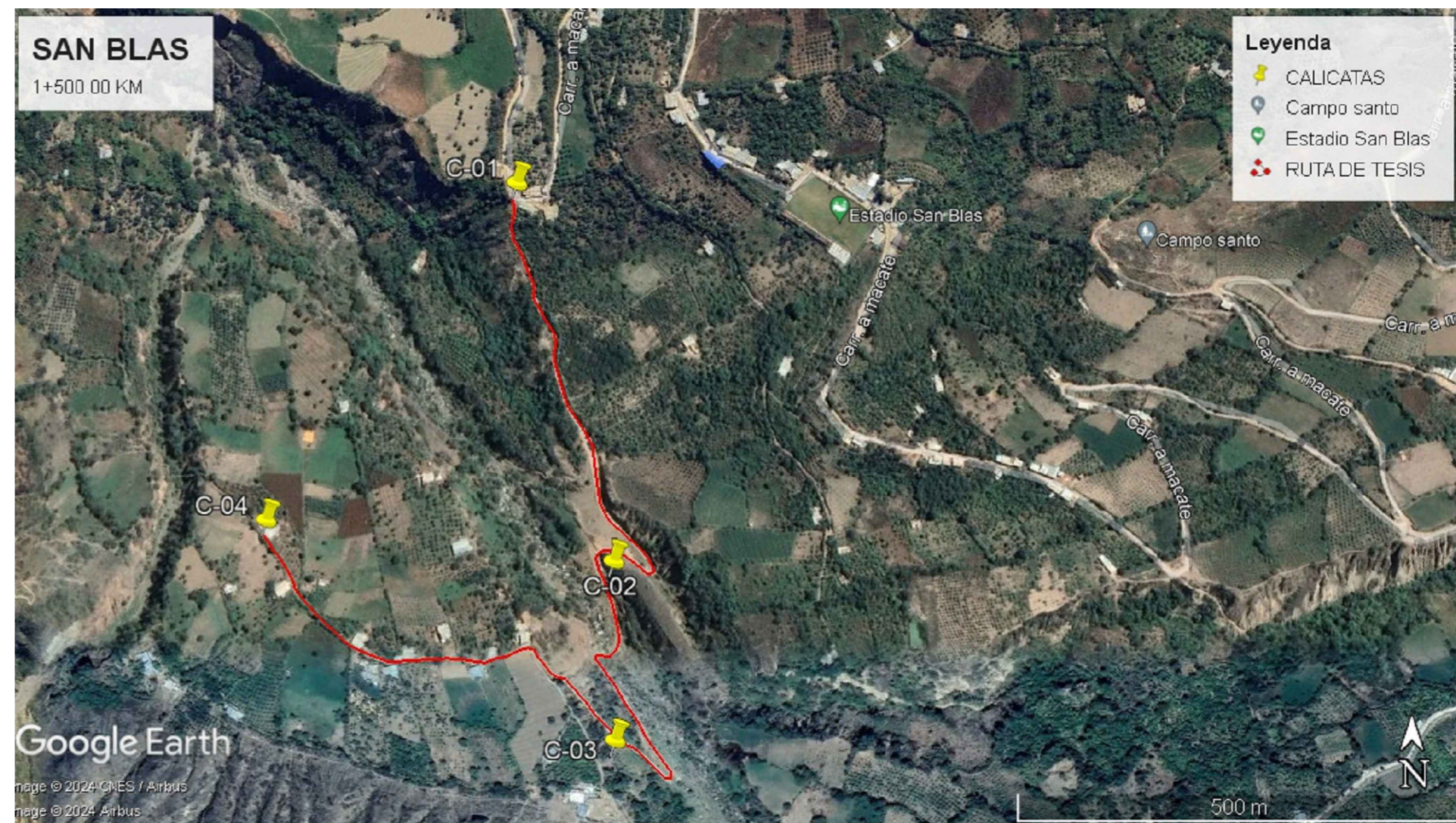
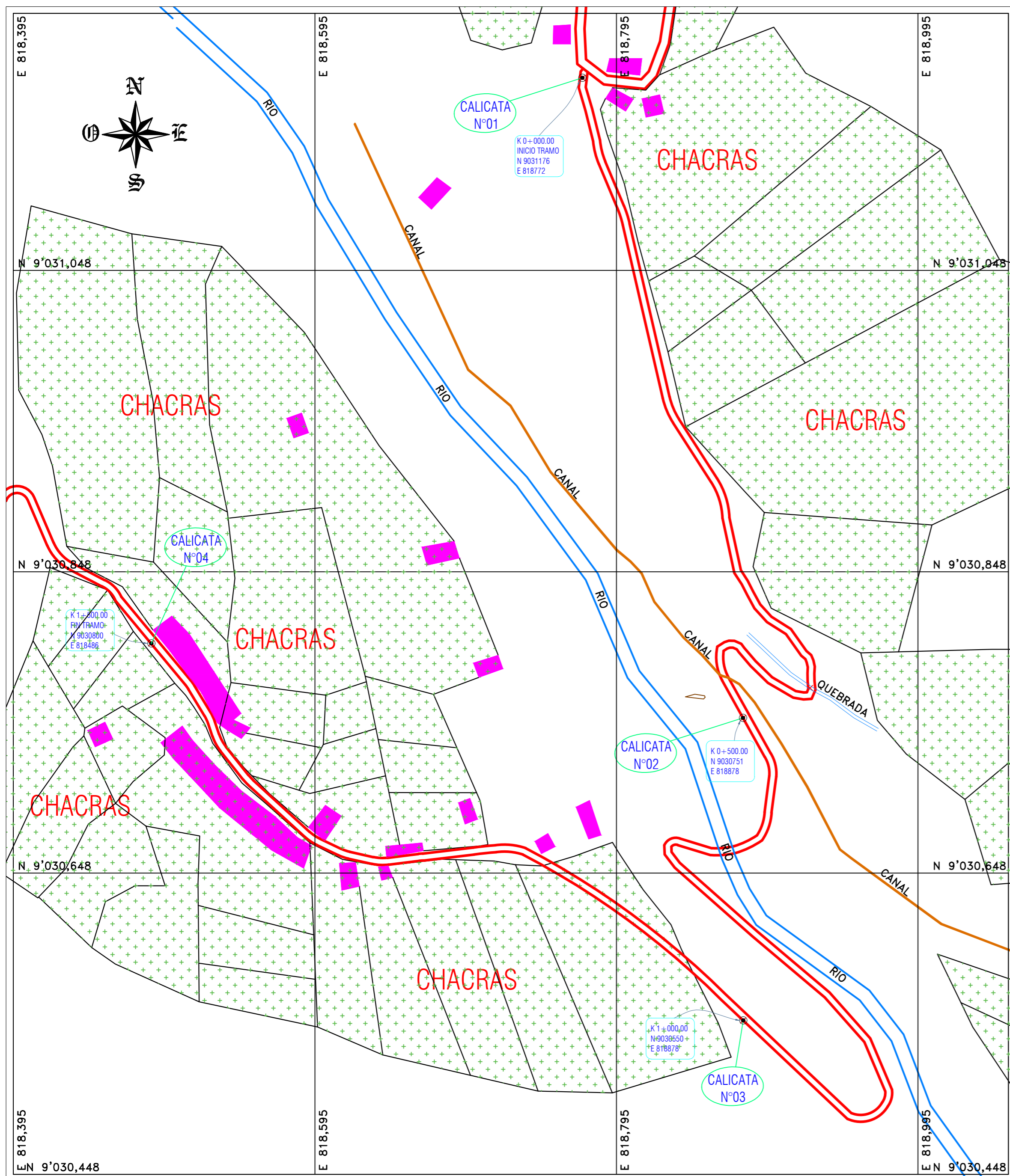


IMAGEN DE UBICACION

SIMBOLOGIA	
VIVIENDAS	
DEMOLICION	
PUNTOS CALICATAS	
RIO	
CANAL	
CHACRAS	

CUADRO DE COORDENADAS UTM				
CALICATA	TRAMO	NORTE	ESTE	COTA m.s.n.m.
C-01	KM 0+000.00	9031176.000	818772.000	1648.00
C-02	KM 0+500.00	9030751.151	818878.515	1615.50
C-03	KM 1+000.00	9030550.319	818878.657	1638.50
C-04	KM 1+500.00	9030800.625	818486.083	1625.50

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA ACADEMICA DE INGENIERIA CIVIL

Proyecto de Tesis:
"COMPORTAMIENTO DE LA SUBRASANTE DE LA CARRETERA SAN BLAS AL ADICIONAR CAL Y CENIZA DE CORONTA DE MAIZ, MACATE - 2023"

Ubicacion:
Sector : SAN BLAS
Distrito : MACATE
Provincia : DEL SANTA
Región : ANCASH

TESISTAS:
BACH. YOCELIN MONTORO RAMIREZ
BACH. BEATRIZ ROSMERY NARVAEZ RODRIGUEZ

Plano :
PLANO TOPOGRAFICO
KM 0+000 - KM 1+500

Aprobado :
Ms. LUZ ALVAREZ ASTO
ASESORA DE PROYECTO DE TESIS

DISEÑO:
CAD: FECHA: ESCALA:
FEBRERO 2024 INDICADO

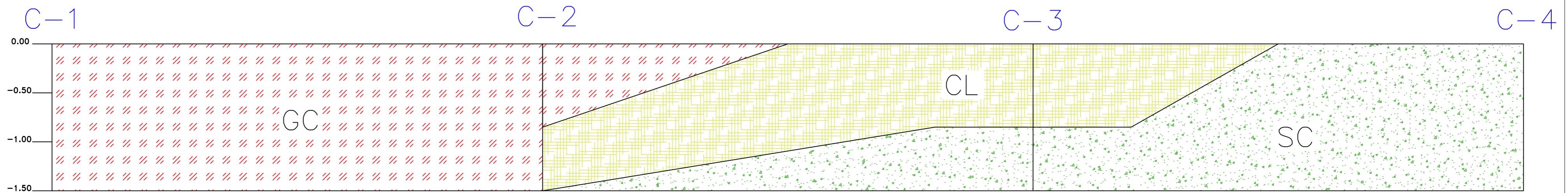
N° Lámina:
T-01



ANEXO 4
PERFIL ESTATIGRÁFICO

PERFIL ESTATIGRAFICO

VÍA SAN BLAS - MACATE



PROGRESIVA	0+000.00	0+100.00	0+200.00	0+300.00	0+400.00	0+500.00	0+600.00	0+700.00	0+800.00	0+900.00	1+000.00	1+100.00	1+200.00	1+300.00	1+400.00	1+500.00
SUCS	GS				GS	GS	CL				CL	SC				
AASHTO	A-2-4				A-2-4	A-2-4	A-6				A-6	A-6				

CUADRO DE COORDENADAS UTM			
CALICATA	TRAMO	NORTE	ESTE
C-01	KM 0+000.00	9031176.000	818772.000
C-02	KM 0+500.00	9030751.151	818878.515
C-03	KM 1+000.00	9030550.319	818878.657
C-04	KM 1+500.00	9030800.625	818486.083

CLASIFICACION		
SUCS	AASHTO	SIMBOLO
GS	A-2-4	
CL	A-6	
SC	A-6	

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERIA
 ESCUELA ACADEMICA DE INGENIERIA CIVIL

Proyecto de Tesis: “COMPORTAMIENTO DE LA SUBRASANTE DE LA CARRETERA SAN BLAS AL ADICIONAR CAL Y CENIZA DE CORONTA DE MAIZ,MACATE - 2023”		Ubicación: Sector : SAN BLAS Distrito : MACATE Provincia : DEL SANTA Región : ANCASH	
TESISISTAS: BACH. YOCELIN MONTORO RAMIREZ BACH. BEATRIZ ROSMERY NARVAEZ RODRIGUEZ		Plano : PERFIL ESTATIGRAFICO KM 0+000 - KM 1+500	
Aprobado : Ms. LUZ ALVAREZ ASTO ASESORA DE PROYECTO DE TESIS		DISEÑO: N° Lómina: <div style="font-size: 2em; font-weight: bold; text-align: center;">PE-01</div>	
CAD:	FECHA: FEBRERO 2024	ESCALA: INDICADO	



“COMPORTAMIENTO DE LA SUBRASANTE DE LA CARRETERA SAN BLAS AL ADICIONAR CAL Y CENIZA DE CORONTA DE MAÍZ, MACATE -2023”

TESIS: COMPORTAMIENTO DE LA SUBRASANTE DE LA CARRETERA SAN BLAS AL ADICIONAR CAL Y CENIZA DE CORONTA DE MAIZ, MACATE - 2023								
FECHA : MARZO 2024. CALICATA : C-1 TESISTAS : BACH. MONTORO RAMIREZ , YOCELIN. BACH. NARVAEZ RODRIGUEZ, BEATRIZ ROSMERY. PROFUNDIDAD : 0.00 m. -1.50 m NIVEL FREÁTICO : NO ENCONTRADO.								
Tipo Excavac.	Profundidad (mts.)	Muestra	Símbolo	Características del Material	Clasificación		Características In situ	
					SUCS	AASHTO	w %	gr/cm3
A CIELO ABIERTO	0.00	E-1		SUELO CONFORMADO POR	GC	A-2-4	8.49	2.05
				GRAVAS ARCILLOSAS, CON				
				CONTENIDOS DE GRAVAS HASTA				
				EN UN 66.18 %, DE TAMAÑOS DE				
				HASTA 2", CON CONTENIDOS DE				
				ARENAS FINAS DE HASTA 18.91% Y				
				FINOS DE MEDIA PLASTICIDAD EN				
				UN 14.91%, EN ESTADO				
				MEDIANAMENTE DENSO.				
				-1.20				



“COMPORTAMIENTO DE LA SUBRASANTE DE LA CARRETERA SAN BLAS AL ADICIONAR CAL Y CENIZA DE CORONTA DE MAÍZ, MACATE -2023”

TESIS: COMPORTAMIENTO DE LA SUBRASANTE DE LA CARRETERA SAN BLAS AL ADICIONAR CAL Y CENIZA DE CORONTA DE MAIZ, MACATE - 2023

FECHA : MARZO 2024.
CALICATA : C-2
TESISTAS : BACH. MONTORO RAMIREZ , YOCELIN. **PROFUNDIDAD** : 0.00 m. -1.50 m
 BACH. NARVAEZ RODRIGUEZ, BEATRIZ ROSMERY. **NIVEL FREÁTICO** : NO ENCONTRADO.

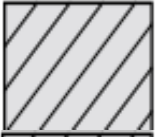
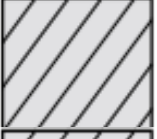
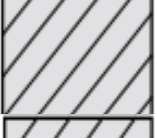
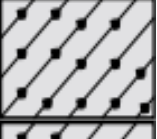


Tipo Excavac.	Profundidad (mts.)	Muestra	Símbolo	Características del Material	Clasificación		Características In situ	
					SUCS	AASHTO	w %	gr/cm ³
A CIELO ABIERTO	0.00	E-1		SUELO CONFORMADO POR GRAVAS ARCILLOSAS, CON CONTENIDOS DE GRAVAS HASTA EN UN 59.57 %, DE TAMAÑOS DE HASTA 2", CON CONTENIDOS DE ARENAS FINAS DE HASTA 23.1% Y FINOS DE MEDIA PLASTICIDAD EN UN 17.33%, EN ESTADO MEDIANAMENTE DENSO.	GC	A-2-4	5.602	2.05
	-0.85			SUELO CONFORMADO POR GRAVAS ARCILLOSAS, CON CONTENIDOS DE GRAVAS HASTA EN UN 59.05 %, DE TAMAÑOS DE HASTA 2", CON CONTENIDOS DE ARENAS FINAS DE HASTA 23.94% Y FINOS DE MEDIA PLASTICIDAD EN UN 17.01%, EN ESTADO MEDIANAMENTE DENSO.				
	-1.20	E-2		SUELO CONFORMADO POR GRAVAS ARCILLOSAS, CON CONTENIDOS DE GRAVAS HASTA EN UN 59.05 %, DE TAMAÑOS DE HASTA 2", CON CONTENIDOS DE ARENAS FINAS DE HASTA 23.94% Y FINOS DE MEDIA PLASTICIDAD EN UN 17.01%, EN ESTADO MEDIANAMENTE DENSO.	GC	A-2-4	8.745	2.05



“COMPORTAMIENTO DE LA SUBRASANTE DE LA CARRETERA SAN BLAS AL ADICIONAR CAL Y CENIZA DE CORONTA DE MAÍZ, MACATE -2023”

TESIS: COMPORTAMIENTO DE LA SUBRASANTE DE LA CARRETERA SAN BLAS AL ADICIONAR CAL Y CENIZA DE CORONTA DE MAIZ, MACATE - 2023

FECHA : MARZO 2024.
 CALICATA : C-3
 TESISISTAS : BACH. MONTORO RAMIREZ , YOCELIN. PROFUNDIDAD : 0.00 m. -1.50 m
 BACH. NARVAEZ RODRIGUEZ, BEATRIZ ROSMERY. NIVEL FREÁTICO : NO ENCONTRADO.

Tipo Excavac.	Profundidad (mts.)	Muestra	Símbolo	Características del Material	Clasificación		Características In situ	
					SUCS	AASHTO	w %	gr/cm3
A CIELO ABIERTO	0.00	E-1		SUELOS CONFORMADOS POR	CL	A-6	6.297	1.72
				SUELOS FINOS, ARCILLOSOS DE MEDIA PLASTICIDAD CON CONTENIDOS DE GRAVA DE HASTA 3/8" EN UN 15.83%,				
				ARENAS FINAS EN UN 32.37% Y ARCILLAS INORGANICAS DE MEDIA PLASTICIDAD EN UN 51.80%				
	-0.85	E-2		ESTRATO CONFORMADO POR	SC	A-6	8.421	1.85
				ARENAS ARCILLOSAS DE MEDIA PLASTICIDAD, CONTENIDO DE FINOS PLASTICOS EN UN 36.76%,				
				ARENAS FINAS EN UN 30.70% Y GRAVAS DE HASTA 3/4" EN UN 32.54%				
	-1.20							



“COMPORTAMIENTO DE LA SUBRASANTE DE LA CARRETERA SAN BLAS AL ADICIONAR CAL Y CENIZA DE CORONTA DE MAÍZ, MACATE -2023”

TESIS: COMPORTAMIENTO DE LA SUBRASANTE DE LA CARRETERA SAN BLAS AL ADICIONAR CAL Y CENIZA DE CORONTA DE MAIZ, MACATE - 2023

FECHA : MARZO 2024.
 CALICATA : C-4
 TESISISTAS : BACH. MONTORO RAMIREZ, YOCELIN. PROFUNDIDAD : 0.00 m. -1.50 m
 BACH. NARVAEZ RODRIGUEZ, BEATRIZ ROSMERY. NIVEL FREÁTICO : NO ENCONTRADO.

Tipo Excavac.	Profundidad (mts.)	Muestra	Símbolo	Características del Material	Clasificación		Características In situ	
					SUCS	AASHTO	w %	gr/cm3
A CIELO ABIERTO	0.00	E-1		SUELOS CONFORMADOS POR	SC	A-6	7.447	1.80
				ARENAS FINAS CON GRAVAS				
				DE HASTA 3/4", CON				
				CONTENIDO BASTANTE				
				APRECIABLE DE GRAVAS EN				
				UN 32.11%, ARENAS FINAS EN				
				UN 27.01% Y PARTICULAS				
				FINAS DE MEDIA				
				PLASTICIDAD EN UN 40.88%,				
				DE NATURALEZA				
	-1.20			ALUVIONAL.				



ANEXO 4
ENSAYOS DE
LABORATORIO



“COMPORTAMIENTO DE LA SUBRASANTE DE LA CARRETERA SAN BLAS AL
ADICIONAR CAL Y CENIZA DE CORONTA DE MAÍZ, MACATE -2023”

ENSAYO QUIMICO DE LA CENIZA DE CORONTA DE MAIZ



“COMPORTAMIENTO DE LA SUBRASANTE DE LA CARRETERA SAN BLAS AL ADICIONAR CAL Y CENIZA DE CORONTA DE MAÍZ, MACATE -2023”



LABORATORIO DE ANALISIS QUIMICOS

Análisis de minerales, Calicatas, Estudios Geotécnicos, Carbón, etc.
Control de procesos de cianuración aurífera, control de maduración de caña de azúcar y
Ensayos de Control de calidad.

INFORME

Solicitante : MONTORO RAMIREZ, YOCELIN
NARVAEZ RODRIGUEZ, BEATRIZ ROSMERY
Tesis : "COMPORTAMIENTO DE LA SUBRASANTE DE LA CARRETERA SAN BLAS AL ADICIONAR CAL Y CENIZA DE CORONTA DE MAÍZ, MACATE - 2023"
Muestra : CENIZA DE CORONTA DE MAIZ
Fecha : 15 de Marzo del 2024

Ensayos por Determinación de Pesos y Calcinación

Resultados Químicos :

ESPEC. N°	DETERMINACIÓN Descripción	ELEMENTO Símbolo	DETERMINACIÓN MUESTRA 01 (%)
1	Humedad	H ₂ O	1.40
2	Ceniza	Cz	0.0024
3	Hierro	Fe	2.70
4	Materia Volatil	M.V.	12.70
5	carbonato de calcio	CaCO	0.62
6	Oxido de Silicio	SiO ₂	47.85
7	Oxido de Aluminio	Al ₂ O ₃	8.14
8	Oxido de Magnesio	MgO	0.34
9	Oxido Ferrico	Fe ₂ O ₃	0.50
10	Oxido de Sodio	Na ₂ O	0.32
11	Oxido de Potasio	K ₂ O	2.07

NOTA: Las muestras fueron traídas por el Solicitante.



Nelson Augusto Ramirez Siche
INGENIERO QUÍMICO
C.I.P. 23051

Dirección : Garcilazo de la Vega #781- El Progreso
ATENCIÓN DE LUNES A SABADO
CEL. : 973779619 - 939890745 CHIMBOTE - PERU



ENSAYO REALIZADO AL SUELO NATURAL, CENIZAS DE CORONTA DE MAIZ Y CAL



GRANULOMETRÍA



“COMPORTAMIENTO DE LA SUBRASANTE DE LA CARRETERA SAN BLAS AL ADICIONAR CAL Y CENIZA DE CORONTA DE MAÍZ, MACATE -2023”

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

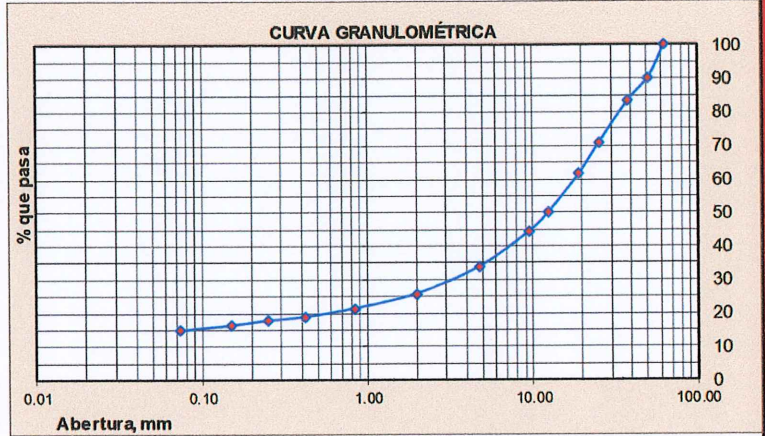


Proyecto : "Comportamiento de la Subrasante de la Carretera San Blas al Adicionar Cal y Ceniza de Coronta de Maiz, Macate - 2023"
Localizacion : San Blas, Distrito de Macate, Provincia Santa, Departamento Ancash
Muestra : Calicata N°01 - Estrato 01 de 0.00 m a -1.50 m
Tesistas : Bach. Montoro Ramirez, Yocelin.
Bach. Narvaez Rodriguez, Beatriz Rosmery.
Fecha : Febrero 2024
Dosificacion : Suelo Natural

1. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (NTP 339.128)

Peso Inicial Seco, [gr] 2750.000

Mallas	Abertura [mm]	Peso retenido [grs]	% pasa
2.5	63.30	0.00	100.00
2"	50.800	270.000	90.18
1 1/2"	38.100	190.000	83.27
1"	25.400	340.000	70.91
3/4"	19.050	260.000	61.45
1/2"	12.500	310.000	50.18
3/8"	9.500	160.000	44.36
N° 04	4.750	290.00	33.82
N° 10	2.000	220.00	25.82
N° 20	0.840	120.00	21.45
N° 40	0.420	70.00	18.91
N° 60	0.250	30.00	17.82
N° 100	0.149	40.00	16.36
N° 200	0.074	40.00	14.91
< N° 200	-	410.00	-



2. LÍMITES DE CONSISTENCIA DE ATTERBER (NTP 339.129)

A. LÍMITE LÍQUIDO

Procedimiento	Tara No. 01	Tara No. 02	Tara No. 03
1. No de Golpes	35	28	14
2. Peso Tara, [gr]	25.366	24.746	26.341
3. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]	73.824	77.260	72.361
4. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]	63.525	64.974	60.025
5. Peso Agua, [gr]	10.299	12.286	12.336
6. Peso Suelo Seco, [gr]	38.159	40.228	33.684
7. Contenido de Humedad, [%]	26.990	30.541	36.623

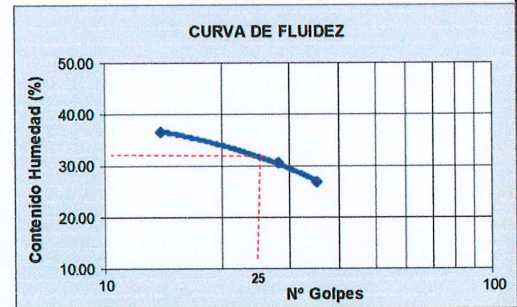
B. LÍMITE PLÁSTICO

Procedimiento	Tara No. 01	Tara No. 02	Tara No. 03
1. No de Golpes			
2. Peso Tara, [gr]	25.360	25.110	25.187
3. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]	31.410	30.741	30.661
4. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]	30.295	29.722	29.675
5. Peso Agua, [gr]	1.115	1.019	0.986
6. Peso Suelo Seco, [gr]	4.935	4.612	4.488
7. Contenido de Humedad, [%]	22.594	22.095	21.970

3. CONTENIDO DE HUMEDAD (MTC E108)

Procedimiento	Tara No
1. Peso Tara, [gr]	26.540
2. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]	129.410
3. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]	121.360
4. Peso Agua, [gr]	8.050
5. Peso Suelo Seco, [gr]	94.820
6. Contenido de Humedad, [%]	8.490

GRAVAS ARCILLOSAS



Límite Líquido %	32.00
Límite Plástico %	22.22
Índice Plasticidad %	9.78
De los datos:	
Grava%	66.18
Arena%	18.91
Finos%	14.91
Pasa #10	25.82
Pasa #40	18.91
Pasa #200	14.91
Clasif. SUCS	GC
Clasif. AASHTO	A-2-4 (0)
Índice de Grupo	0





4. CLASIFICACION SUCS

% Que pasa la malla #200	{ < 50 Suelo Grueso	14.91	Suelo Grueso
	{ > 50 Suelo fino		

Si se trata de un Suelo Grueso:

% Que pasa la malla #04	{ < 50 Gravas	33.82	Gravas
	{ > 50 Arenas		

% de Finos :

Finos < 5%

(Granulometria)

5% < Finos < 12%

(Granulometria y Limites de Consistencia)

12% < Finos

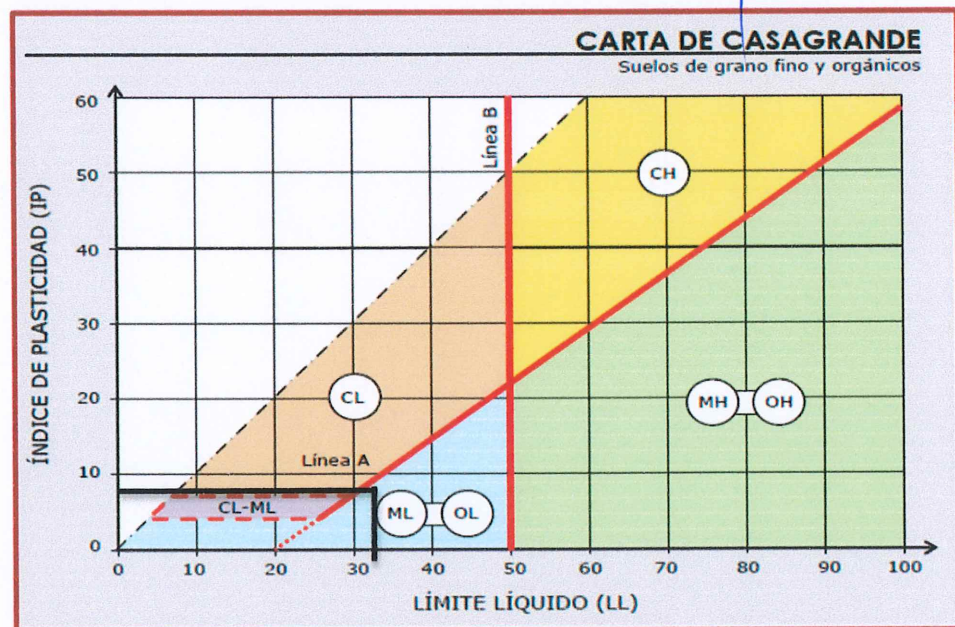
(Limites de Consistencia)

% de Finos :	14.91
--------------	-------



Según el Abaco de Casagrande:

LL %	32.00
IP%	9.78



Entonces según SUCS tenemos:

GC	GRAVA ARCILLOSA
----	-----------------



“COMPORTAMIENTO DE LA SUBRASANTE DE LA CARRETERA SAN BLAS AL ADICIONAR CAL Y CENIZA DE CORONTA DE MAIZ, MACATE -2023”

5. CLASIFICACION AASHTO

Pasa #10	25.82
Pasa #40	18.91
Pasa #200	14.91

Límite Líquido %	32.00
Índice Plasticidad %	9.78
Índice de Grupo	0

DIVISIÓN GENERAL	Materiales limo-arcillosos(mas del 35% pasa el tamiz #200)												
	Materiales granulares (pasa menos del 35% por el tamiz #200)					Materiales Limo-arcillosos(mas del 35% pasa el tamiz #200)							
GRUPO	A-1		A-3	A-2			A-4	A-5	A-6	A-7			
Subgrupo	A-1-a	A-1-b	A-3	A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7	A-4	A-5	A-6	A-7-5	A-7-6	
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO													
N°10	≤ 50												
N°40	≤ 30	≤ 50	≥ 51										
N°200	≤ 15	≤ 25	≤ 10	≤ 35	≤ 35	≤ 35	≤ 35	≥ 36	≥ 36	≥ 36	≥ 36	≥ 36	
ESTADO DE CONSISTENCIA (de la fracción de suelo que pasa por el tamiz ASTM #40)													
Límite Líquido	≤ 40	≥ 40	≤ 40	≥ 40	≤ 40	≥ 41	≤ 40	> 41	> 41	
Índice de plasticidad	≤ 6		NP	≤ 10	≤ 10	≥ 11	≥ 11	≤ 10	≤ 10	≥ 11	≥ 11	(IP>LL-30) ≥ 11	
INDICE DE GRUPO	0		0	0	0		≤ 4	≤ 8	≤ 12	≤ 20	≤ 20	≤ 20	
TIPOLOGIA	Fragmentos de piedra, grava y arena		ARENA Fina	Grava y arena limosas o arcillosas				Suelos limosos		Suelos arcillosos			
CALIDAD	EXCELENTE A BUENA			REGULAR A MALO									

Entonces según AASHTO tenemos: A-2-4 (0)





"COMPORTAMIENTO DE LA SUBRASANTE DE LA CARRETERA SAN BLAS AL ADICIONAR CAL Y CENIZA DE CORONTA DE MAÍZ, MACATE -2023"

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

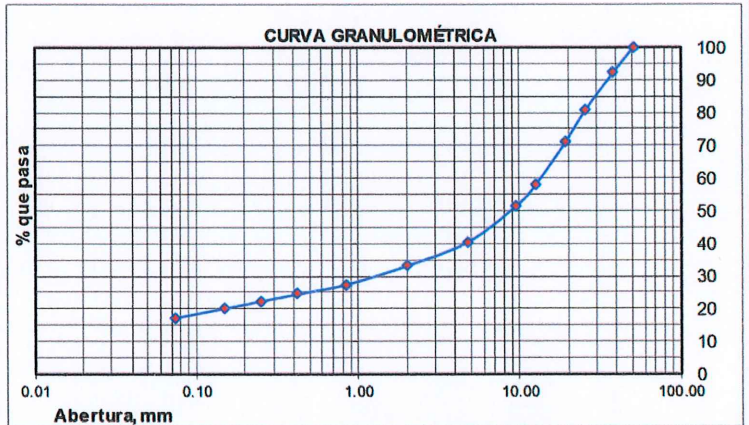


Proyecto : "Comportamiento de la Subrasante de la Carretera San Blas al Adicionar Cal y Ceniza de Coronta de Maiz, Macate - 2023"
Localizacion : San Blas, Distrito de Macate, Provincia Santa, Departamento Ancash
Muestra : Calicata N°02 - Estrato 01 de -0.00 ma a -0.85 m **Dosificacion** : Suelo Natural
Testistas : Bach. Montoro Ramirez, Yocelin.
 Bach. Narvaez Rodriguez, Beatriz Rosmery.
Fecha : Febrero 2024

1. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (NTP 339.128)

Peso Inicial Seco, [gr] 2770.000

Mallas	Abertura [mm]	Peso retenido [grs]	% pasa
2"	50.800	0.000	100.00
1 1/2"	38.100	210.000	92.42
1"	25.400	320.000	80.87
3/4"	19.050	270.000	71.12
1/2"	12.500	360.000	58.12
3/8"	9.500	180.000	51.62
N° 04	4.750	310.00	40.43
N° 10	2.000	200.00	33.21
N° 20	0.840	160.00	27.44
N° 40	0.420	80.00	24.55
N° 60	0.250	60.00	22.38
N° 100	0.149	60.00	20.22
N° 200	0.074	80.00	17.33
< N° 200	-	480.00	-



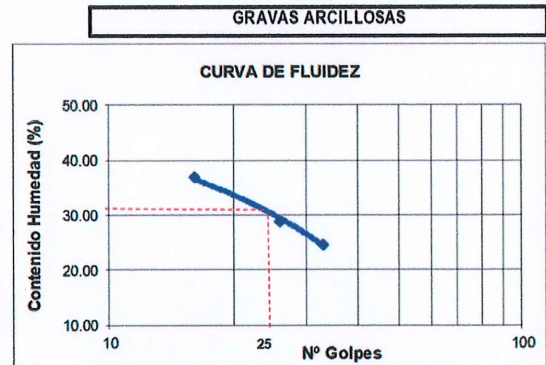
2. LÍMITES DE CONSISTENCIA DE ATTERBER (NTP 339.129)

A. LIMITE LÍQUIDO

Procedimiento	Tara No. 01	Tara No. 02	Tara No. 03
1. No de Golpes	33	26	16
2. Peso Tara, [gr]	26.214	25.310	25.770
3. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]	73.024	71.312	66.410
4. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]	63.744	61.004	55.477
5. Peso Agua, [gr]	9.280	10.308	10.933
6. Peso Suelo Seco, [gr]	37.530	35.694	29.707
7. Contenido de Humedad, [%]	24.727	28.879	36.803

B. LIMITE PLÁSTICO

Procedimiento	Tara No. 01	Tara No. 02	Tara No. 03
1. No de Golpes			
2. Peso Tara, [gr]	26.300	25.360	25.880
3. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]	31.660	30.450	30.630
4. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]	30.695	29.525	29.770
5. Peso Agua, [gr]	0.965	0.925	0.860
6. Peso Suelo Seco, [gr]	4.395	4.165	3.890
7. Contenido de Humedad, [%]	21.957	22.209	22.108



Limite Líquido %	31.00
Limite Plástico %	22.09
Índice Plasticidad %	8.91
De los datos:	
Grava%	59.57
Arena%	23.10
Finos%	17.33
Pasa #10	33.21
Pasa #40	24.55
Pasa #200	17.33
Clasif. SUCS	GC
Clasif. AASHTO	A-2-4 (0)
Índice de Grupo	0

3. CONTENIDO DE HUMEDAD (MTC E108)

Procedimiento	Tara No
1. Peso Tara, [gr]	27.600
2. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]	127.140
3. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]	121.860
4. Peso Agua, [gr]	5.280
5. Peso Suelo Seco, [gr]	94.260
6. Contenido de Humedad, [%]	5.602





“COMPORTAMIENTO DE LA SUBRASANTE DE LA CARRETERA SAN BLAS AL ADICIONAR CAL Y CENIZA DE CORONTA DE MAÍZ, MACATE -2023”

4. CLASIFICACION SUCS

% Que pasa la malla #200 { < 50 Suelo Grueso
 { > 50 Suelo fino

17.33	Suelo Grueso
-------	--------------

Si se trata de un Suelo Grueso:

% Que pasa la malla #04 { < 50 Gravas
 { > 50 Arenas

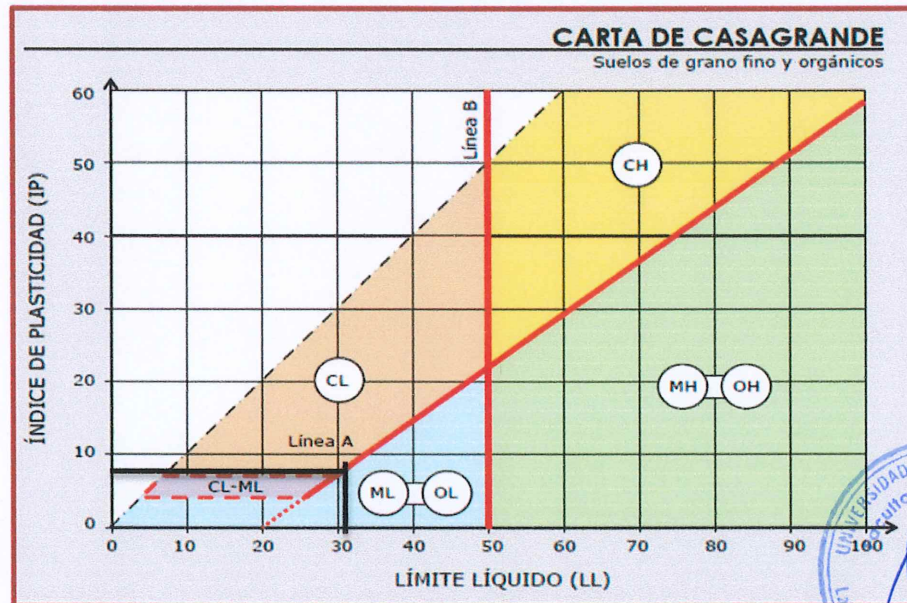
40.43	Gravas
-------	--------

% de Finos :
 Finos < 5% (Granulometría)
 5% < Finos < 12% (Granulometría y Límites de Consistencia)
 12% < Finos (Límites de Consistencia)

% de Finos :	17.33
--------------	-------

Según el Abaco de Casagrande:

LL %	31.00
IP%	8.91



Entonces según SUCS tenemos:

GC

GRAVA ARCILLOSA





“COMPORTAMIENTO DE LA SUBRASANTE DE LA CARRETERA SAN BLAS AL ADICIONAR CAL Y CENIZA DE CORONTA DE MAÍZ, MACATE -2023”

5. CLASIFICACION AASTHO

Pasa #10	33.21
Pasa #40	24.55
Pasa #200	17.33

Límite Líquido %	31.00
Índice Plasticidad %	8.91
Índice de Grupo	0

DIVISIÓN GENERAL	Materiales granulares (pasa menos del 35% por el tamiz #200)										Materiales Limo-arcillosos(mas del 35% pasa el tamiz #200)		
	A-1		A-3	A-2			A-5		A-4	A-5	A-7-5	A-7	A-7-6
GRUPO	A-1-a	A-1-b	A-3	A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7	A-4	A-5	A-7-5	A-7	A-7-6	
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO													
Nº10	≤ 50												
Nº40	≤ 30	≤ 50	≥ 51										
Nº200	≤ 15	≤ 25	≤ 10	≤ 35	≤ 35	≤ 35	≤ 35	≥ 36	≥ 36	≥ 36		≥ 36	
ESTADO DE CONSISTENCIA (de la fracción de suelo que pasa por el tamiz ASTM #40)													
Límite Líquido	≤ 40	≥ 40	≤ 40	≥ 40	≤ 40	≥ 41	(IP ≤ LL-30)	> 41	(IP > LL-30)	
Índice de plasticidad	≤ 6		NP	≤ 10	≤ 10	≥ 11	≥ 11	≤ 10	≤ 10	≥ 11		≥ 11	
INDICE DE GRUPO	0		0	0	0	≤ 4	≤ 4	≤ 8	≤ 12	≤ 20		≤ 20	
TIPOLOGIA	Fragmentos de piedra, grava y arena		ARENA Fina	Grava y arena limosas o arcillosas					Suelos limosos		Suelos arcillosos		
CALIDAD	EXCELENTE A BUENA			REGULAR A MALO									

Entonces según AASTHO tenemos:

A-2-4 (0)





"COMPORTAMIENTO DE LA SUBRASANTE DE LA CARRETERA SAN BLAS AL ADICIONAR CAL Y CENIZA DE CORONTA DE MAÍZ, MACATE -2023"

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

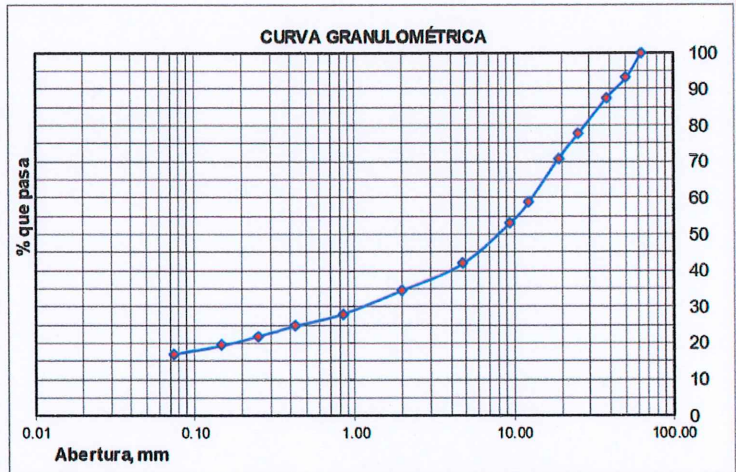


Proyecto : "Comportamiento de la Subrasante de la Carretera San Blas al Adicionar Cal y Ceniza de Coronta de Maiz, Macate - 2023"
Localizacion : San Blas, Distrito de Macate, Provincia Santa, Departamento Ancash
Muestra : Calicata N°02 - Estrato 02 de -0.85 m a -1.50 m
Testistas : Bach. Montoro Ramirez, Yocelin.
Bach. Narvaez Rodriguez, Beatriz Rosmary.
Fecha : Febrero 2024
Dosificacion : Suelo Natural

1. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (NTP 339.128)

Peso Inicial Seco, [gr] 2963.000

Mallas	Abertura [mm]	Peso retenido [grs]	% pasa
2.5"	63.3	0	100
2"	50.800	200.000	93.25
1 1/2"	38.100	166.000	87.65
1"	25.400	288.000	77.93
3/4"	19.050	208.000	70.91
1/2"	12.500	354.000	58.96
3/8"	9.500	169.000	53.26
N° 04	4.750	335.00	41.95
N° 10	2.000	215.00	34.69
N° 20	0.840	196.00	28.08
N° 40	0.420	99.00	24.74
N° 60	0.250	85.00	21.87
N° 100	0.149	75.00	19.34
N° 200	0.074	69.00	17.01
< N° 200	-	504.00	-



2. LÍMITES DE CONSISTENCIA DE ATTERBER (NTP 339.129)

A. LÍMITE LÍQUIDO

Procedimiento	Tara No. 01	Tara No. 02	Tara No. 03
1. No de Golpes	34	23	15
2. Peso Tara, [gr]	26.371	25.471	25.774
3. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]	69.142	68.395	66.453
4. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]	59.391	57.335	55.000
5. Peso Agua, [gr]	9.751	11.060	11.453
6. Peso Suelo Seco, [gr]	33.020	31.864	29.226
7. Contenido de Humedad, [%]	29.531	34.710	39.188

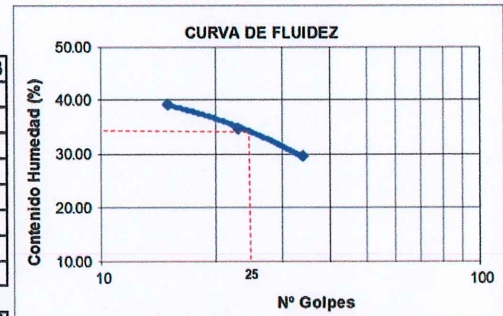
B. LÍMITE PLÁSTICO

Procedimiento	Tara No. 01	Tara No. 02	Tara No. 03
1. No de Golpes			
2. Peso Tara, [gr]	27.310	27.332	27.324
3. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]	35.592	35.554	35.330
4. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]	33.997	33.945	33.815
5. Peso Agua, [gr]	1.595	1.609	1.515
6. Peso Suelo Seco, [gr]	6.687	6.613	6.491
7. Contenido de Humedad, [%]	23.852	24.331	23.340

3. CONTENIDO DE HUMEDAD (MTC E108)

Procedimiento	Tara No
1. Peso Tara, [gr]	29.650
2. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]	133.360
3. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]	125.020
4. Peso Agua, [gr]	8.340
5. Peso Suelo Seco, [gr]	95.370
6. Contenido de Humedad, [%]	8.745

GRAVAS ARCILLOSAS



Límite Líquido %	33.80
Límite Plástico %	23.84
Índice Plasticidad %	9.96
De los datos:	
Grava%	58.05
Arena%	24.94
Finos%	17.01
Pasa #10	34.69
Pasa #40	24.74
Pasa #200	17.01
Clasif. SUCS	GC
Clasif. AASHTO	A-2-4 (0)
Índice de Grupo	0





4. CLASIFICACION SUCS

% Que pasa la malla #200 { < 50 Suelo Grueso
> 50 Suelo fino

17.01	Suelo Grueso
-------	--------------

Si se trata de un Suelo Grueso:

% Que pasa la malla #04 { < 50 Gravas
> 50 Arenas

41.95	Gravas
-------	--------

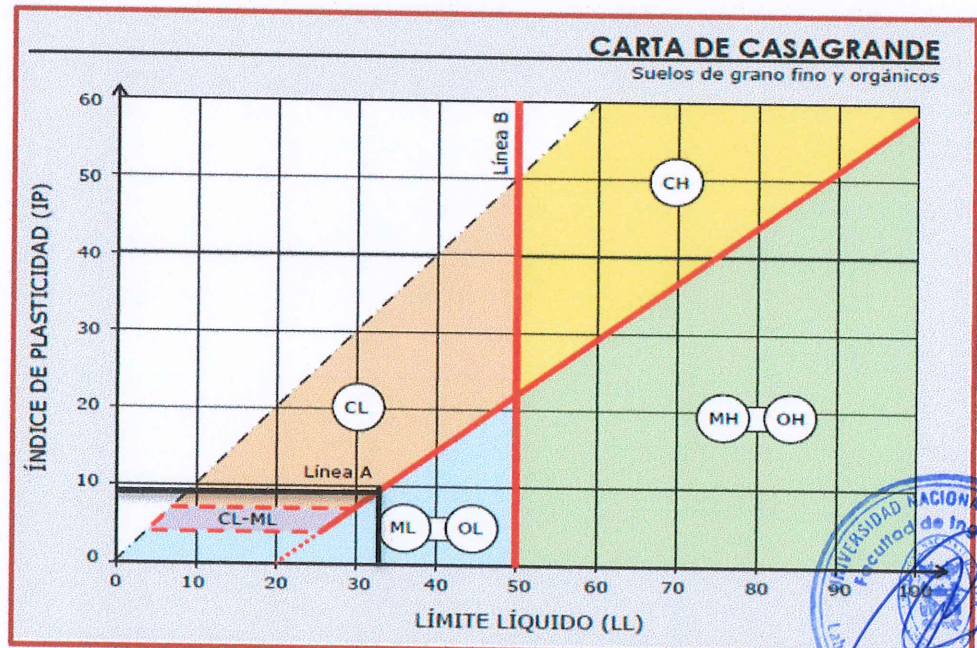
% de Finos :

Finos < 5% (Granulometria)
5% < Finos < 12% (Granulometria y Limites de Consistencia)
12% < Finos (Granulometria y Limites de Consistencia)

% de Finos :	17.01
--------------	-------

Según el Abaco de Casagrande:

LL %	33.80
IP%	9.96



Entonces según SUCS tenemos:

GC

GRAVA ARCILLOSA





“COMPORTAMIENTO DE LA SUBRASANTE DE LA CARRETERA SAN BLAS AL ADICIONAR CAL Y CENIZA DE CORONTA DE MAÍZ, MACATE -2023”

5. CLASIFICACION AASTHO

Pasa #10	34.69
Pasa #40	24.74
Pasa #200	17.01

Limite Líquido %	33.80
Índice Plasticidad %	9.96
Índice de Grupo	0

DIVISIÓN GENERAL	Materiales granulares (pasa menos del 35% por el tamiz #200)						Materiales Limo-arcillosos (mas del 35% pasa a el tamiz #200)					
	A-1		A-3	A-2		A-2-7	A-4	A-5	A-7-5	A-7		A-7-6
GRUPO	A-1-a	A-1-b	A-3	A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7	A-4	A-5	A-7-5	A-7	
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO												
Nº10	≤ 50											
Nº40	≤ 30	≤ 50	≥ 51									
Nº200	≤ 15	≤ 25	≤ 10	≤ 35	≤ 35	≤ 35	≤ 35	≥ 36	≥ 36	≥ 36	≥ 36	≥ 36
ESTADO DE CONSISTENCIA (de la fracción de suelo que pasa por el tamiz ASTM #40)												
Limite Líquido	≤ 40	≥ 40	≤ 40	≥ 40	≤ 40	≥ 41	≤ 41	(IP ≤ LL-30)	> 41
Índice de plasticidad	≤ 6		NP	≤ 10	≤ 10	≥ 11	≥ 11	≤ 10	≤ 10	≥ 11	≥ 11	(IP > LL-30)
INDICE DE GRUPO	0		0	0	0		≤ 4	≤ 8	≤ 12	≤ 12	≤ 20	≤ 20
TIPOLOGIA	Fragmentos de piedra, grava y arena		ARENA Fina	Grava y arena limosas o arcillosas			Suelos limosos					
CALIDAD	EXCELENTE A BUENA			REGULAR A MALO								



Entonces según AASTHO tenemos:

A-2-4 (0)



"COMPORTAMIENTO DE LA SUBRASANTE DE LA CARRETERA SAN BLAS AL ADICIONAR CAL Y CENIZA DE CORONTA DE MAÍZ, MACATE -2023"

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

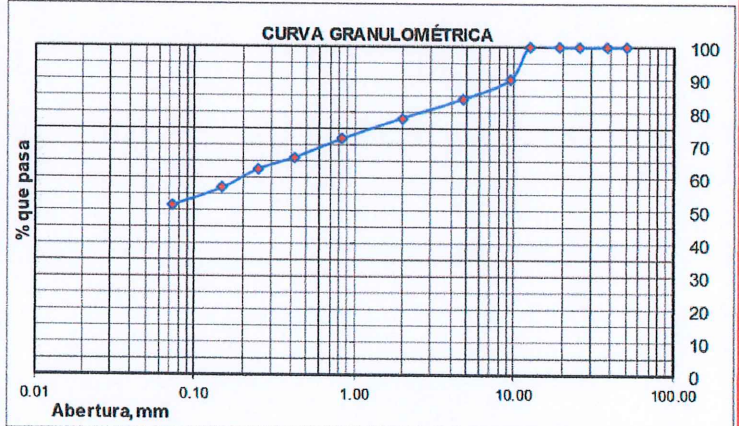


Proyecto : "Comportamiento de la Subrasante de la Carretera San Blas al Adicionar Cal y Ceniza de Coronta de Maiz, Macate - 2023"
Localizacion : San Blas, Distrito de Macate, Provincia Santa, Departamento Ancash
Muestra : Calicata N°03 - Estrato 01 de 0.00 m a -0.85 m
Tesis : Bach. Montoro Ramirez, Yocelin.
 Bach. Narvaez Rodriguez, Beatriz Rosmery.
Fecha : Febrero 2024
Dosificacion : Suelo Natural

1. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (NTP 339.128)

Peso Inicial Seco, [gr] 695.000

Mallas	Abertura [mm]	Peso retenido [grs]	% pasa
2"	50.800	0.000	100.00
1 1/2"	38.100	0.000	100.00
1"	25.400	0.000	100.00
3/4"	19.050	0.000	100.00
1/2"	12.500	0.000	100.00
3/8"	9.500	68.000	90.22
N° 04	4.750	42.00	84.17
N° 10	2.000	40.00	78.42
N° 20	0.840	44.00	72.09
N° 40	0.420	40.00	66.33
N° 60	0.250	25.00	62.73
N° 100	0.149	40.00	56.98
N° 200	0.074	36.00	51.80
< N° 200	-	360.00	-



2. LÍMITES DE CONSISTENCIA DE ATTERBER (NTP 339.129)

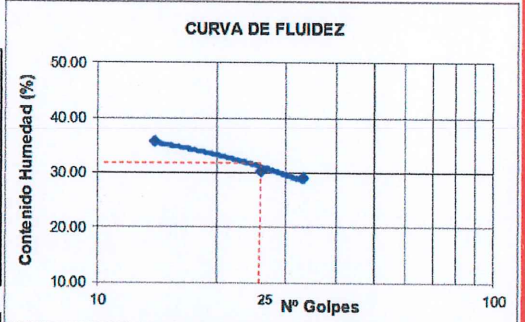
ARCILLAS INORGANICAS DE PLASTICIDAD MEDIA

A. LÍMITE LÍQUIDO

Procedimiento	Tara No. 01	Tara No. 02	Tara No. 03
1. No de Golpes	33	26	14
2. Peso Tara, [gr]	25.741	25.140	26.334
3. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]	75.301	73.471	69.341
4. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]	64.134	62.234	58.005
5. Peso Agua, [gr]	11.167	11.237	11.336
6. Peso Suelo Seco, [gr]	38.393	37.094	31.671
7. Contenido de Humedad, [%]	29.086	30.293	35.793

B. LÍMITE PLÁSTICO

Procedimiento	Tara No. 01	Tara No. 02	Tara No. 03
1. No de Golpes			
2. Peso Tara, [gr]	24.668	25.741	25.698
3. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]	30.410	31.241	30.641
4. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]	29.425	30.285	29.775
5. Peso Agua, [gr]	0.985	0.956	0.866
6. Peso Suelo Seco, [gr]	4.757	4.544	4.077
7. Contenido de Humedad, [%]	20.706	21.039	21.241



Límite Líquido %	32.00
Límite Plástico %	21.00
Índice Plasticidad %	11.00
De los datos:	
Grava%	15.83
Arena%	32.37
Finos%	51.80
Pasa #10	78.42
Pasa #40	66.33
Pasa #200	51.80
Clasif. SUCS	CL
Clasif. AASHTO	A-6 (4)
Índice de Grupo	4

3. CONTENIDO DE HUMEDAD (MTC E108)

Procedimiento	Tara No
1. Peso Tara, [gr]	28.630
2. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]	133.630
3. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]	127.410
4. Peso Agua, [gr]	6.220
5. Peso Suelo Seco, [gr]	98.780
6. Contenido de Humedad, [%]	6.297





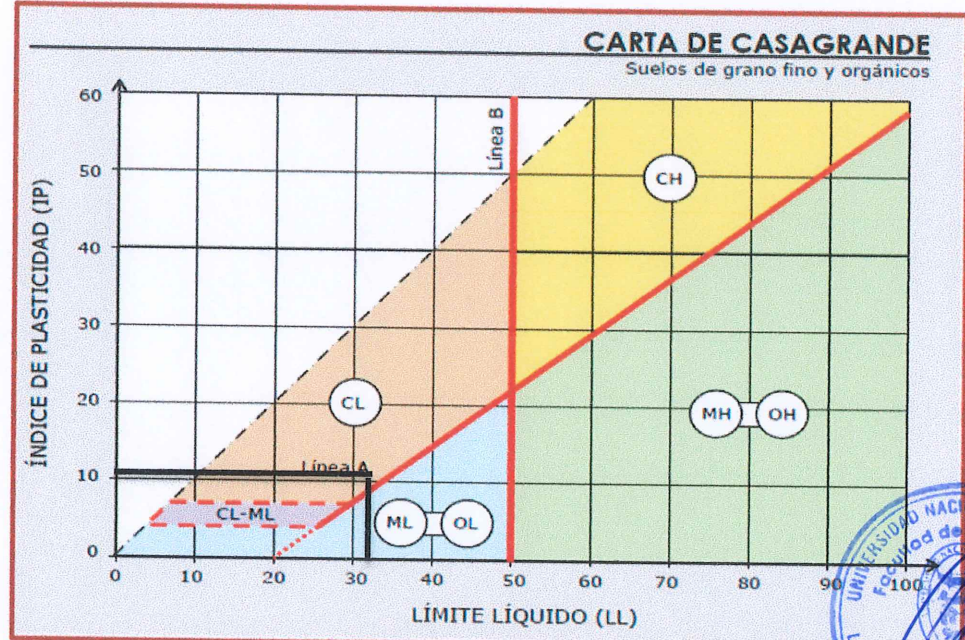
4. CLASIFICACION SUCS

% Que pasa la malla #200 { < 50 Suelo Grueso
> 50 Suelo fino

51.80 Suelo Fino

Según el Abaco de Casagrande:

LL %	32.00
IP%	11.00



Entonces según SUCS tenemos:

CL ARCILLAS INORGANICAS DE PLASTICIDAD MEDIA





“COMPORTAMIENTO DE LA SUBRASANTE DE LA CARRETERA SAN BLAS AL ADICIONAR CAL Y CENIZA DE CORONTA DE MAÍZ, MACATE -2023”

5. CLASIFICACION AASTHO

Pasa #10	78.42	Limite Liquido %	32.00
Pasa #40	66.33	Índice Plasticidad %	11.00
Pasa #200	51.80	Índice de Grupo	4

DIVISIÓN GENERAL	Materiales granulares (pasa menos del 35% por el tamiz #200)						Materiales Limo-arcillosos(mas del 35% pasa el tamiz #200)							
	A-1		A-3		A-2		A-4		A-5		A-6		A-7	
GRUPO	A-1-a	A-1-b	A-3		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7	A-4	A-5	A-6	A-7-5	A-7-6	
ANÁLISIS														
Nº10	≤ 50													
Nº40	≤ 30	≤ 50	≥ 51											
Nº200	≤ 15	≤ 25	≤ 10		≤ 35	≤ 35	≤ 35	≤ 35	≥ 36	≥ 36	≥ 36	≥ 36	≥ 36	≥ 36
ESTADO DE CONSISTENCIA (de la fraccion de suelo que pasa por el tamiz ASTM #40)														
Limite Liquido		≤ 40	≥ 40	≤ 40	≥ 40	≤ 40	≥ 41	≤ 40	> 41 (IP ≤ LL-30)	> 41 (IP > LL-30)	
Índice de plasticidad	≤ 6		NP		≤ 10	≤ 10	≥ 11	≥ 11	≤ 10	≤ 10	≥ 11	≥ 11	≥ 11	
INDICE DE GRUPO	0		0		0		≤ 4		≤ 8	≤ 12	≤ 20		≤ 20	
TIPOLOGIA	Fragmentos de piedra, grava y arena		ARENA Fina		Grava y arena limosas o arcillosas				Suelos limosos		Suelos arcillosos			
CALIDAD	EXCELENTE A BUENA				REGULAR A MALO									

Entonces según AASTHO tenemos:

A-6 (4)





"COMPORTAMIENTO DE LA SUBRASANTE DE LA CARRETERA SAN BLAS AL ADICIONAR CAL Y CENIZA DE CORONTA DE MAÍZ, MACATE -2023"

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

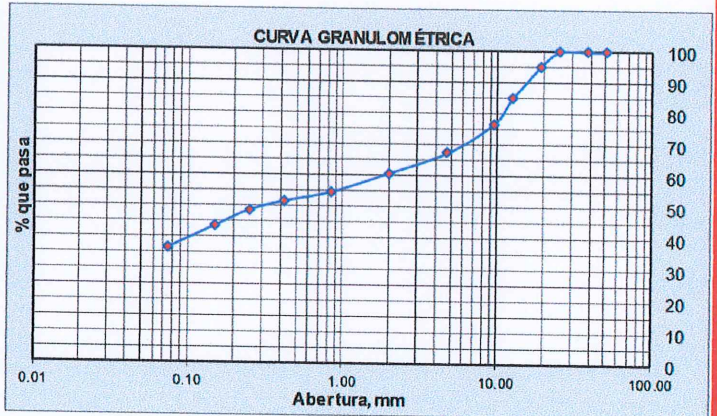


Proyecto : "Comportamiento de la Subrasante de la Carretera San Blas al Adicionar Cal y Ceniza de Coronta de Maiz, Macate - 2023"
Localizacion : San Blas, Distrito de Macate, Provincia Santa, Departamento Ancash
Muestra : Calicata N°03 - Estrato 02 de -0.85 m a -1.50 m
Tesis : Bach. Montoro Ramirez, Yocelin.
 Bach. Narvaez Rodriguez, Beatriz Rosmery.
Fecha : Febrero 2024
Dosificacion : Suelo Natural

1. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (NTP 339.128)

Peso Inicial Seco, [gr] 544.000

Mallas	Abertura [mm]	Peso retenido [gra]	% pasa
2"	50.800	0.000	100.00
1 1/2"	38.100	0.000	100.00
1"	25.400	0.000	100.00
3/4"	19.050	26.000	95.22
1/2"	12.500	56.000	84.93
3/8"	9.500	44.000	76.84
N° 04	4.750	51.00	67.46
N° 10	2.000	36.00	60.85
N° 20	0.840	33.00	54.78
N° 40	0.420	16.00	51.84
N° 60	0.250	16.00	48.90
N° 100	0.149	28.00	43.75
N° 200	0.074	38.00	36.76
< N° 200	-	200.00	-



2. LIMITES DE CONSISTENCIA DE ATTERBER (NTP 339.129)

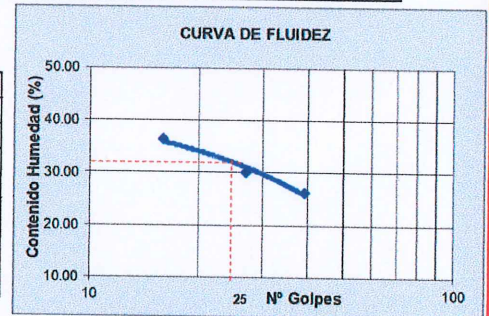
A. LIMITE LIQUIDO

Procedimiento	Tara No. 01	Tara No. 02	Tara No. 03
1. No de Golpes	39	27	16
2. Peso Tara, [gr]	26.431	26.558	27.041
3. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]	70.147	69.930	69.120
4. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]	61.035	59.866	57.896
5. Peso Agua, [gr]	9.112	10.064	11.224
6. Peso Suelo Seco, [gr]	34.604	33.308	30.855
7. Contenido de Humedad, [%]	26.332	30.215	36.377

B. LIMITE PLÁSTICO

Procedimiento	Tara No. 01	Tara No. 02	Tara No. 03
1. No de Golpes			
2. Peso Tara, [gr]	25.883	26.041	26.335
3. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]	28.654	28.881	28.456
4. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]	28.179	28.388	28.092
5. Peso Agua, [gr]	0.475	0.493	0.364
6. Peso Suelo Seco, [gr]	2.296	2.347	1.757
7. Contenido de Humedad, [%]	20.688	21.006	20.717

ARENAS ARCILLOSAS, CON GRAVAS



Límite Líquido %	32.50
Límite Plástico %	20.80
Índice Plasticidad %	11.70
De los datos:	
Grava%	32.54
Arena%	30.70
Finos%	36.76
Pasa #10	60.85
Pasa #40	51.84
Pasa #200	36.76
Clasif. SUCS	SC
Clasif. AASHTO	A-6 (1)
Índice de Grupo	1

3. CONTENIDO DE HUMEDAD (MTC E108)

Procedimiento	Tara No
1. Peso Tara, [gr]	25.360
2. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]	128.360
3. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]	120.360
4. Peso Agua, [gr]	8.000
5. Peso Suelo Seco, [gr]	95.000
6. Contenido de Humedad, [%]	8.421





4. CLASIFICACION SUCS

% Que pasa la malla #200 { < 50 Suelo Grueso
> 50 Suelo fino

36.76	Suelo Grueso
-------	--------------

Si se trata de un Suelo Grueso:

% Que pasa la malla #04 { < 50 Gravas
> 50 Arenas

67.46	Arenas
-------	--------

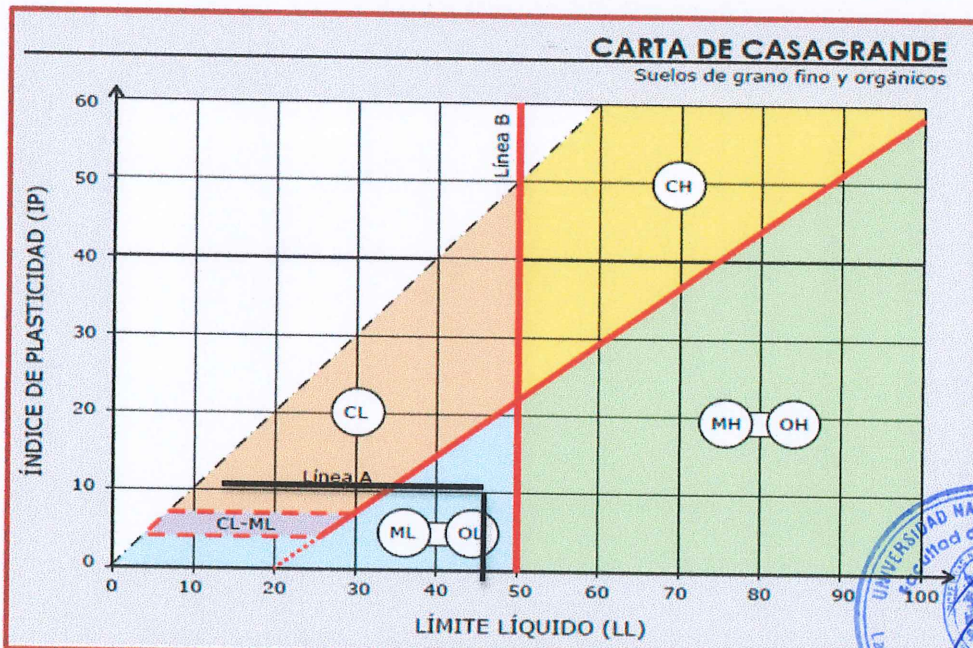
% de Finos :

Finos < 5% (Granulometria)
 5% < Finos < 12% (Granulometria y Limites de Consistencia)
 5% < Finos < 12% (Granulometria y Limites de Consistencia)

% de Finos :	36.76
--------------	-------

Según el Abaco de Casagrande:

LL %	32.50
IP%	11.70



Entonces según SUCS tenemos:

SC

ARENA ARCILLOSA CON GRAVAS



“COMPORTAMIENTO DE LA SUBRASANTE DE LA CARRETERA SAN BLAS AL ADICIONAR CAL Y CENIZA DE CORONTA DE MAÍZ, MACATE -2023”

5. CLASIFICACION AASHTO

Pasa #10	60.85	Límite Líquido %	32.50
Pasa #40	51.84	Índice Plasticidad %	11.70
Pasa #200	36.76	Índice de Grupo	1

DIVISIÓN GENERAL	Materiales granulares (pasa menos del 35% por el tamiz #200)										Materiales Limo-arcillosos (mas del 35% pasa el tamiz #200)			
	A-1		A-3	A-2			A-4	A-5	A-6	A-7	A-7-5	A-7-6		
GRUPO	A-1-a	A-1-b	A-3	A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7	A-4	A-5	A-6	A-7			
Subgrupo ANALISIS GRANULOMÉTRICO														
Nº10	≤ 50													
Nº40	≤ 30	≤ 50	≥ 51											
Nº200	≤ 15	≤ 25	≤ 10	≤ 35	≤ 35	≤ 35	≤ 35	≥ 36	≥ 36	≥ 36	≥ 36			
ESTADO DE CONSISTENCIA (de la fracción de suelo que pasa por el tamiz ASTM #40)														
Límite Líquido	≤ 40	≥ 40	≤ 40	≥ 40	≤ 40	≥ 41	≤ 40	> 41	(IP ≤ LL-30)	(IP > LL-30)	
Índice de plasticidad	≤ 6		NP	≤ 10	≤ 10	≥ 11	≥ 11	≤ 10	≤ 10	≥ 11	≥ 11			
INDICE DE GRUPO	0		0	0	0	≤ 4	≤ 4	≤ 8	≤ 12	≤ 20	≤ 20			
TIPOLOGIA	Fragmentos de piedra, grava y arena		ARENA Fina	Grava y arena limosas o arcillosas			Suelos limosos		Suelos arcillosos					
CALIDAD	EXCELENTE A BUENA			REGULAR A MALO										

Entonces según AASHTO tenemos:

A-6 (1)





"COMPORTAMIENTO DE LA SUBRASANTE DE LA CARRETERA SAN BLAS AL ADICIONAR CAL Y CENIZA DE CORONTA DE MAÍZ, MACATE -2023"

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

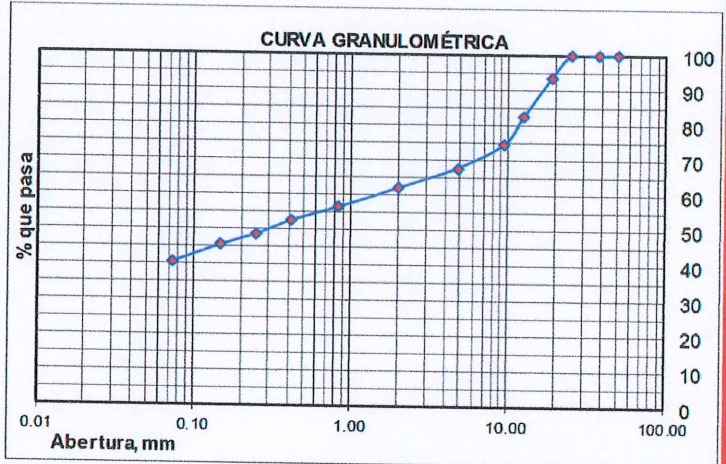


Proyecto : "Comportamiento de la Subrasante de la Carretera San Blas al Adicionar Cal y Ceniza de Coronta de Maiz, Macate"
Localizacio : San Blas, Distrito de Macate, Provincia Santa, Departamento Ancash
Muestra : Calicata N°04 - Estrato 01 de 0.00 m a -1.50 m
Tesis tas : Bach. Montoro Ramirez, Yocelin.
 Bach. Narvaez Rodriguez, Beatriz Rosmery.
Fecha : Febrero 2024
Dosificacion : Suelo Natural

1. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (NTP 339.128)

Peso Inicial Seco, [gr] 844.000

Mallas	Abertura [mm]	Peso retenido [grs]	% pasa
2"	50.800	0.000	100.00
1 1/2"	38.100	0.000	100.00
1"	25.400	0.000	100.00
3/4"	19.050	52.000	93.84
1/2"	12.500	96.000	82.46
3/8"	9.500	65.000	74.76
N° 04	4.750	58.00	67.89
N° 10	2.000	48.00	62.20
N° 20	0.840	46.00	56.75
N° 40	0.420	33.00	52.84
N° 60	0.250	33.00	48.93
N° 100	0.149	27.00	45.73
N° 200	0.074	41.00	40.88
< N° 200	-	345.00	-



2. LÍMITES DE CONSISTENCIA DE ATTERGBER (NTP 339.129)

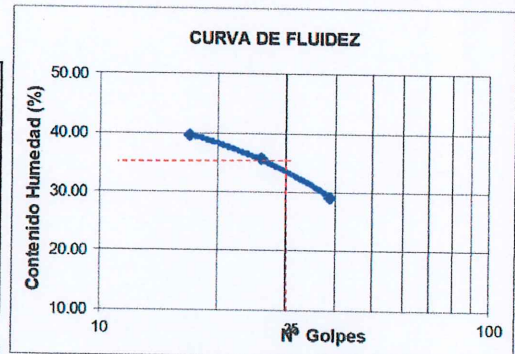
ARENAS ARCILLOSAS, CON GRAVAS

A. LÍMITE LÍQUIDO

Procedimiento	Tara No. 01	Tara No. 02	Tara No. 03
1. No de Golpes	39	26	17
2. Peso Tara, [gr]	27.501	28.544	28.498
3. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]	39.906	41.531	37.555
4. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]	37.109	38.102	34.989
5. Peso Agua, [gr]	2.797	3.429	2.566
6. Peso Suelo Seco, [gr]	9.608	9.558	6.491
7. Contenido de Humedad, [%]	29.111	35.876	39.532

B. LÍMITE PLÁSTICO

Procedimiento	Tara No. 01	Tara No. 02	Tara No. 03
1. No de Golpes			
2. Peso Tara, [gr]	27.303	27.453	28.201
3. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]	31.573	30.694	33.418
4. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]	30.765	30.090	32.455
5. Peso Agua, [gr]	0.808	0.604	0.963
6. Peso Suelo Seco, [gr]	3.462	2.637	4.254
7. Contenido de Humedad, [%]	23.339	22.905	22.638



Límite Líquido %	35.00
Límite Plástico %	22.96
Índice Plasticidad %	12.04
De los datos:	
Grava%	32.11
Arena%	27.01
Finos%	40.88
Pasa #10	62.20
Pasa #40	52.84
Pasa #200	40.88
Clasif. SUCS	SC
Clasif. AASHTO	A-6 (2)
Índice de Grupo	2

3. CONTENIDO DE HUMEDAD (MTC E108)

Procedimiento	Tara No
1. Peso Tara, [gr]	32.360
2. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]	133.360
3. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]	126.360
4. Peso Agua, [gr]	7.000
5. Peso Suelo Seco, [gr]	94.000
6. Contenido de Humedad, [%]	7.447





4. CLASIFICACION SUCS

% Que pasa la malla #200 { < 50 Suelo Grueso
 { > 50 Suelo fino

40.88	Suelo Grueso
-------	--------------

Si se trata de un Suelo Grueso:

% Que pasa la malla #04 { < 50 Gravas
 { > 50 Arenas

67.89	Arenas
-------	--------

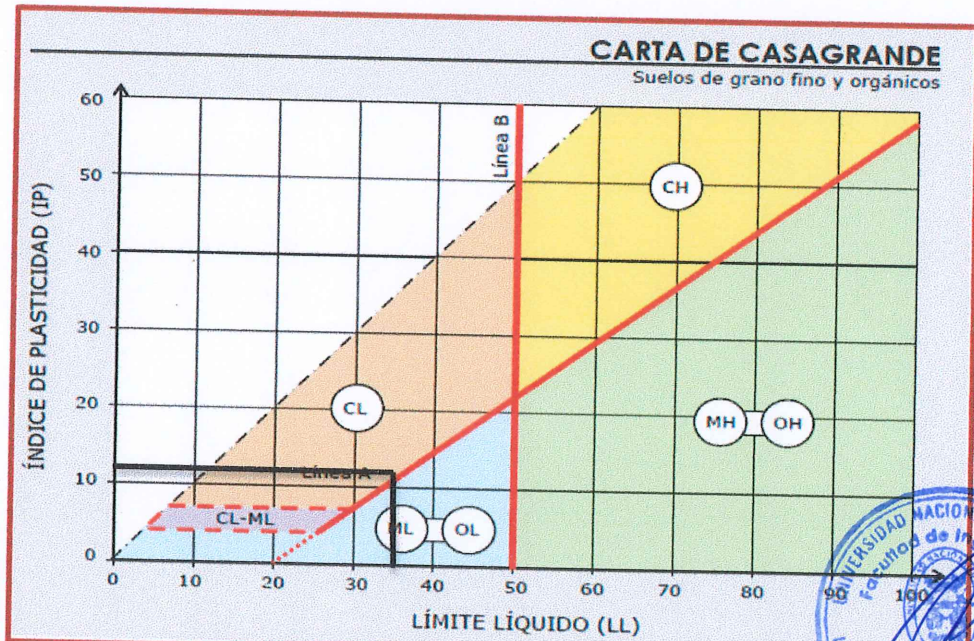
% de Finos :

Finos < 5% (Granulometria)
 5% < Finos < 12% (Granulometria y Limites de Consistencia)
 12% < Finos (Limites de Consistencia)

% de Finos :	40.88
--------------	-------

Según el Abaco de Casagrande:

LL %	35.00
IP%	12.04



Entonces según SUCS tenemos:

SC

ARENAS ARCILLOSAS, CON GRAVAS





“COMPORTAMIENTO DE LA SUBRASANTE DE LA CARRETERA SAN BLAS AL ADICIONAR CAL Y CENIZA DE CORONTA DE MAÍZ, MACATE -2023”

5. CLASIFICACION AASTHO

Pasa #10	62.20
Pasa #40	52.84
Pasa #200	40.88

Límite Líquido %	35.00
Índice Plasticidad %	12.04
Índice de Grupo	2

DIVISIÓN GENERAL	Materiales granulares (pasa menos del 35% por el tamiz #200)										Materiales Limo-arcillosos (mas del 35% pasa el tamiz #200)					
	A-1		A-3		A-2				A-4	A-5	A-6	A-7				
GRUPO	A-1-a	A-1-b	A-3		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7	A-4	A-5	A-6	A-7-5	A-7-6			
Subgrupo ANALISIS GRANULOS																
Nº10	≤ 50															
Nº40	≤ 30	≤ 50	≥ 51													
Nº200	≤ 15	≤ 25	≤ 10	≤ 35	≤ 35	≤ 35	≤ 35	≤ 35	≥ 36	≥ 36	≥ 36	≥ 36	≥ 36			
ESTADO DE CONSISTENCIA (de la fraccion de suelo que pasa por el tamiz ASTM #40)																
Límite Líquido	≤ 40	≥ 40	≤ 40	≥ 40	≥ 40	≤ 40	≥ 41	≤ 40	> 41	> 41			
Índice de plasticidad	≤ 6		NP	≤ 10	≤ 10	≥ 11	≥ 11	≥ 11	≤ 10	≤ 10	≥ 11	≥ 11	(IP > LL-30) (IP > LL-30)			
INDICE DE GRUPO	0		0	0	0	0	≤ 4	≤ 4	≤ 8	≤ 12	≤ 20	≤ 20	≤ 20			
TIPOLOGIA	Fragmentos de piedra, grava y arena		ARENA Fina	Grava y arena limosas o arcillosas				Suelos limosos		Suelos arcillosos						
CALIDAD	EXCELENTE A BUENA		REGULAR A MALO													

Entonces según AASTHO tenemos:

A-6 (2)





LÍMITES DE CONSISTENCIA DE ATTERBERG



"COMPORTAMIENTO DE LA SUBRASANTE DE LA CARRETERA SAN BLAS AL ADICIONAR CAL Y CENIZA DE CORONTA DE MAÍZ, MACATE -2023"

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

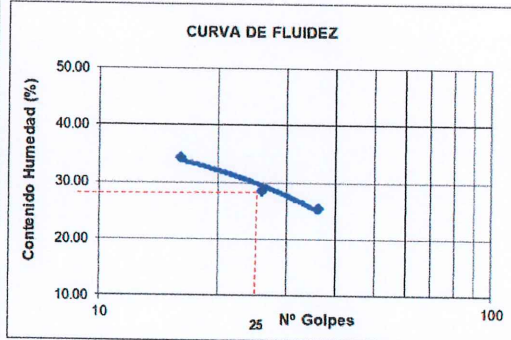


Proyecto : "Comportamiento de la Subrasante de la Carretera San Blas al Adicionar Cal y Ceniza de Coronta de Maiz, Macate - 2023"
Localizacion : San Blas, Distrito de Macate, Provincia Santa, Departamento Ancash
Muestra : Calicata N°01 - Estrato 01
Tesisistas : Bach. Montoro Ramirez, Yocelin. **Dosificacion** : Suelo Natural + 3%(Cal + CCM)
Bach. Narvaez Rodriguez, Beatriz Rosmery.
Fecha : Febrero 2024

2. LÍMITES DE CONSISTENCIA DE ATTERGBER (NTP 339.129)

A. LÍMITE LIQUIDO

Procedimiento	Tara No. 01	Tara No. 02	Tara No. 03
1. No de Golpes	36	26	16
2. Peso Tara, [gr]	26.251	25.855	26.368
3. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]	77.524	78.254	77.365
4. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]	67.123	66.600	64.336
5. Peso Agua, [gr]	10.401	11.654	13.029
6. Peso Suelo Seco, [gr]	40.872	40.745	37.968
7. Contenido de Humedad, [%]	25.448	28.602	34.316



Límite Líquido %	29.00
Límite Plástico %	25.74
Índice Plasticidad %	3.26

B. LÍMITE PLÁSTICO

Procedimiento	Tara No. 01	Tara No. 02	Tara No. 03
1. No de Golpes			
2. Peso Tara, [gr]	25.360	25.110	25.187
3. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]	33.524	35.653	35.314
4. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]	31.860	33.482	33.245
5. Peso Agua, [gr]	1.664	2.171	2.069
6. Peso Suelo Seco, [gr]	6.500	8.372	8.058
7. Contenido de Humedad, [%]	25.600	25.932	25.676

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

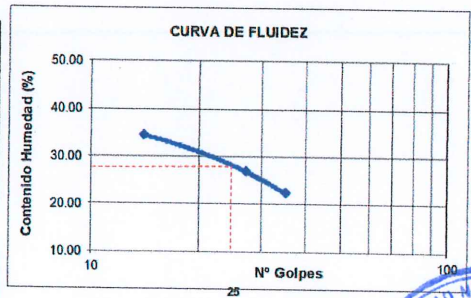


Proyecto : "Comportamiento de la Subrasante de la Carretera San Blas al Adicionar Cal y Ceniza de Coronta de Maiz, Macate - 2023"
Localizacion : San Blas, Distrito de Macate, Provincia Santa, Departamento Ancash
Muestra : Calicata N°02 - Estrato 01
Tesisistas : Bach. Montoro Ramirez, Yocelin. **Dosificacion** : Suelo Natural + 3%(Cal + CCM)
Bach. Narvaez Rodriguez, Beatriz Rosmery.
Fecha : Febrero 2024

2. LÍMITES DE CONSISTENCIA DE ATTERGBER (NTP 339.129)

A. LÍMITE LIQUIDO

Procedimiento	Tara No. 01	Tara No. 02	Tara No. 03
1. No de Golpes	35	27	14
2. Peso Tara, [gr]	25.471	25.639	26.332
3. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]	77.452	78.457	77.326
4. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]	67.940	67.245	64.254
5. Peso Agua, [gr]	9.512	11.212	13.072
6. Peso Suelo Seco, [gr]	42.469	41.606	37.922
7. Contenido de Humedad, [%]	22.398	26.948	34.471



Límite Líquido %	28.00
Límite Plástico %	23.20
Índice Plasticidad %	4.80

B. LÍMITE PLÁSTICO

Procedimiento	Tara No. 01	Tara No. 02	Tara No. 03
1. No de Golpes			
2. Peso Tara, [gr]	26.300	25.360	25.880
3. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]	31.660	30.450	30.630
4. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]	30.578	29.525	29.770
5. Peso Agua, [gr]	1.082	0.925	0.860
6. Peso Suelo Seco, [gr]	4.278	4.165	3.890
7. Contenido de Humedad, [%]	25.292	22.209	22.108





"COMPORTAMIENTO DE LA SUBRASANTE DE LA CARRETERA SAN BLAS AL ADICIONAR CAL Y CENIZA DE CORONTA DE MAÍZ, MACATE -2023"

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

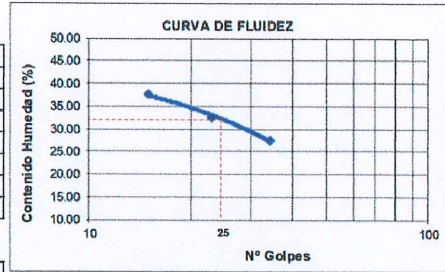


Proyecto : "Comportamiento de la Subrasante de la Carretera San Blas al Adicionar Cal y Ceniza de Coronta de Maiz, Macate - 2023"
Localizacion : San Blas, Distrito de Macate, Provincia Santa, Departamento Ancash
Muestra : Calicata N°02 - Estrato 02
Tesistas : Bach. Montoro Ramirez, Yocelin. **Dosificacion** : Suelo Natural + 3%(CaI + CCM)
Bach. Narvaez Rodriguez, Beatriz Rosmary.
Fecha : Febrero 2024

2. LÍMITES DE CONSISTENCIA DE ATTERGBER (NTP 339.129)

A. LÍMITE LÍQUIDO

Procedimiento	Tara No. 01	Tara No. 02	Tara No. 03
1. No de Golpes	34	23	15
2. Peso Tara, [gr]	24.369	25.654	26.354
3. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]	75.369	76.341	74.524
4. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]	64.365	63.856	61.365
5. Peso Agua, [gr]	11.004	12.485	13.159
6. Peso Suelo Seco, [gr]	39.996	38.202	35.011
7. Contenido de Humedad, [%]	27.513	32.682	37.585



Limite Líquido %	32.40
Limite Plástico %	24.68
Indice Plasticidad %	7.72

B. LÍMITE PLÁSTICO

Procedimiento	Tara No. 01	Tara No. 02	Tara No. 03
1. No de Golpes			
2. Peso Tara, [gr]	27.684	27.584	26.865
3. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]	35.365	36.452	36.325
4. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]	33.876	34.713	34.396
5. Peso Agua, [gr]	1.489	1.739	1.929
6. Peso Suelo Seco, [gr]	6.192	7.129	7.531
7. Contenido de Humedad, [%]	24.047	24.393	25.614

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

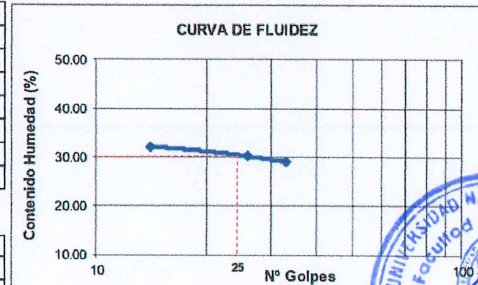


Proyecto : "Comportamiento de la Subrasante de la Carretera San Blas al Adicionar Cal y Ceniza de Coronta de Maiz, Macate - 2023"
Localizacion : San Blas, Distrito de Macate, Provincia Santa, Departamento Ancash
Muestra : Calicata N°03 - Estrato 01
Tesistas : Bach. Montoro Ramirez, Yocelin. **Dosificacion** : Suelo Natural + 3%(CaI + CCM)
Bach. Narvaez Rodriguez, Beatriz Rosmary.
Fecha : Febrero 2024

2. LÍMITES DE CONSISTENCIA DE ATTERGBER (NTP 339.129)

A. LÍMITE LÍQUIDO

Procedimiento	Tara No. 01	Tara No. 02	Tara No. 03
1. No de Golpes	33	26	14
2. Peso Tara, [gr]	25.741	25.140	26.334
3. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]	75.301	73.471	69.341
4. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]	64.134	62.234	58.861
5. Peso Agua, [gr]	11.167	11.237	10.480
6. Peso Suelo Seco, [gr]	38.393	37.094	32.527
7. Contenido de Humedad, [%]	29.086	30.293	32.219



Limite Líquido %	30.40
Limite Plástico %	21.17
Indice Plasticidad %	9.23

B. LÍMITE PLÁSTICO

Procedimiento	Tara No. 01	Tara No. 02	Tara No. 03
1. No de Golpes			
2. Peso Tara, [gr]	25.668	25.741	25.698
3. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]	30.750	30.641	31.041
4. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]	29.853	29.813	30.087
5. Peso Agua, [gr]	0.897	0.828	0.954
6. Peso Suelo Seco, [gr]	4.185	4.072	4.389
7. Contenido de Humedad, [%]	21.434	20.334	21.736





"COMPORTAMIENTO DE LA SUBRASANTE DE LA CARRETERA SAN BLAS AL ADICIONAR CAL Y CENIZA DE CORONTA DE MAÍZ, MACATE -2023"

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

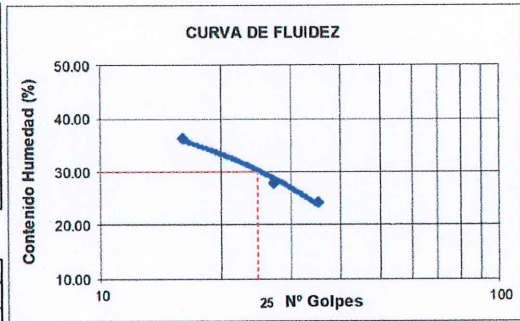


Proyecto : "Comportamiento de la Subrasante de la Carretera San Blas al Adicionar Cal y Ceniza de Coronta de Maiz, Macate - 2023"
Localizacion : San Blas, Distrito de Macate, Provincia Santa, Departamento Ancash
Muestra : Calicata N°03 - Estrato 02 **Dosificacion** : Suelo Natural + 3%(Cal + CCM)
Tesistas : Bach. Montoro Ramirez, Yocelin.
 Bach. Narvaez Rodriguez, Beatriz Rosmery.
Fecha : Febrero 2024

2. LÍMITES DE CONSISTENCIA DE ATTERGBER (NTP 339.129)

A. LÍMITE LÍQUIDO

Procedimiento	Tara No. 01	Tara No. 02	Tara No. 03
1. No de Golpes	35	27	16
2. Peso Tara, [gr]	25.163	25.254	25.471
3. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]	75.630	75.210	75.330
4. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]	65.760	64.254	62.036
5. Peso Agua, [gr]	9.870	10.956	13.294
6. Peso Suelo Seco, [gr]	40.597	39.000	36.565
7. Contenido de Humedad, [%]	24.312	28.092	36.357



Limite Liquido %	30.00
Limite Plástico %	22.45
Indice Plasticidad %	7.55

B. LÍMITE PLÁSTICO

Procedimiento	Tara No. 01	Tara No. 02	Tara No. 03
1. No de Golpes			
2. Peso Tara, [gr]	24.774	25.634	25.641
3. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]	32.361	32.145	31.421
4. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]	30.982	30.954	30.350
5. Peso Agua, [gr]	1.379	1.191	1.071
6. Peso Suelo Seco, [gr]	6.208	5.320	4.709
7. Contenido de Humedad, [%]	22.213	22.387	22.744

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

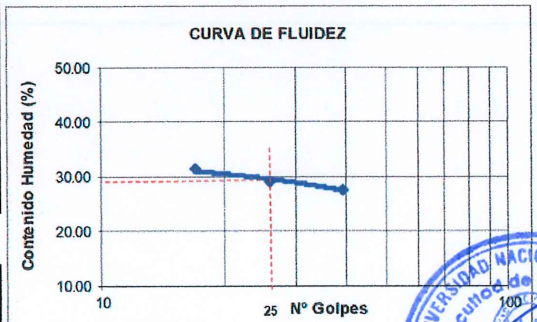


Proyecto : "Comportamiento de la Subrasante de la Carretera San Blas al Adicionar Cal y Ceniza de Coronta de Maiz, Macate - 2023"
Localizacion : San Blas, Distrito de Macate, Provincia Santa, Departamento Ancash
Muestra : Calicata N°04 - Estrato 01 **Dosificacion** : Suelo Natural + 3%(Cal + CCM)
Tesistas : Bach. Montoro Ramirez, Yocelin.
 Bach. Narvaez Rodriguez, Beatriz Rosmery.
Fecha : Febrero 2024

2. LÍMITES DE CONSISTENCIA DE ATTERGBER (NTP 339.129)

A. LÍMITE LÍQUIDO

Procedimiento	Tara No. 01	Tara No. 02	Tara No. 03
1. No de Golpes	39	26	17
2. Peso Tara, [gr]	25.436	26.354	25.160
3. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]	75.365	74.336	75.310
4. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]	64.562	63.569	63.365
5. Peso Agua, [gr]	10.803	10.767	11.945
6. Peso Suelo Seco, [gr]	39.126	37.215	38.205
7. Contenido de Humedad, [%]	27.611	28.932	31.266



Limite Liquido %	29.00
Limite Plástico %	23.72
Indice Plasticidad %	5.28

B. LÍMITE PLÁSTICO


Procedimiento	Tara No. 01	Tara No. 02	Tara No. 03
1. No de Golpes			
2. Peso Tara, [gr]	27.456	26.368	26.154
3. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]	32.336	32.942	33.040
4. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]	31.406	31.693	31.700
5. Peso Agua, [gr]	0.930	1.249	1.340
6. Peso Suelo Seco, [gr]	3.950	5.325	5.546
7. Contenido de Humedad, [%]	23.544	23.455	24.162





“COMPORTAMIENTO DE LA SUBRASANTE DE LA CARRETERA SAN BLAS AL ADICIONAR CAL Y CENIZA DE CORONTA DE MAÍZ, MACATE -2023”

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

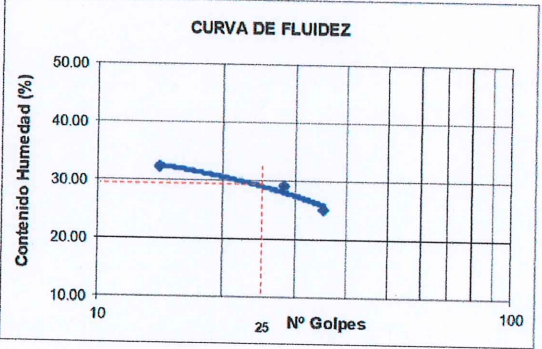


Proyecto : "Comportamiento de la Subrasante de la Carretera San Blas al Adicionar Cal y Ceniza de Coronta de Maiz, Macate - 2023"
Localizacion : San Blas, Distrito de Macate, Provincia Santa, Departamento Ancash
Muestra : Calicata N°01 - Estrato 01
Tesistas : Bach. Montoro Ramirez, Yocelin.
Bach. Narvaez Rodriguez, Beatriz Rosmery.
Fecha : Febrero 2024
Dosificacion : Suelo Natural + 5%(Cal + CCM)

LÍMITES DE CONSISTENCIA DE ATTERGBER (NTP 339.129)

A. LÍMITE LÍQUIDO

Procedimiento	Tara No. 01	Tara No. 02	Tara No. 03
1. No de Golpes	35	28	14
2. Peso Tara, [gr]	25.365	26.354	25.485
3. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]	76.455	77.658	78.632
4. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]	66.142	66.047	65.657
5. Peso Agua, [gr]	10.313	11.611	12.975
6. Peso Suelo Seco, [gr]	40.777	39.693	40.172
7. Contenido de Humedad, [%]	25.291	29.252	32.299




Límite Líquido %	28.80
Límite Plástico %	25.97
Índice Plasticidad %	2.83

B. LÍMITE PLÁSTICO

Procedimiento	Tara No. 01	Tara No. 02	Tara No. 03
1. No de Golpes			
2. Peso Tara, [gr]	26.426	26.846	26.549
3. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]	34.516	35.159	34.784
4. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]	32.889	33.415	33.075
5. Peso Agua, [gr]	1.627	1.744	1.709
6. Peso Suelo Seco, [gr]	6.463	6.569	6.526
7. Contenido de Humedad, [%]	25.174	26.549	26.188

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

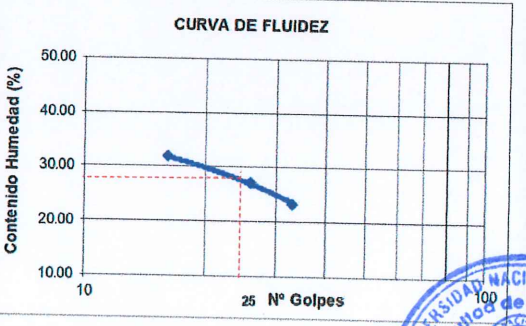


Proyecto : "Comportamiento de la Subrasante de la Carretera San Blas al Adicionar Cal y Ceniza de Coronta de Maiz, Macate - 2023"
Localizacion : San Blas, Distrito de Macate, Provincia Santa, Departamento Ancash
Muestra : Calicata N°02 - Estrato 01
Tesistas : Bach. Montoro Ramirez, Yocelin.
Bach. Narvaez Rodriguez, Beatriz Rosmery.
Fecha : Febrero 2024
Dosificacion : Suelo Natural + 5%(Cal + CCM)

LÍMITES DE CONSISTENCIA DE ATTERGBER (NTP 339.129)

A. LÍMITE LÍQUIDO


Procedimiento	Tara No. 01	Tara No. 02	Tara No. 03
1. No de Golpes	33	26	16
2. Peso Tara, [gr]	25.684	25.487	26.152
3. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]	77.658	78.560	78.652
4. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]	67.813	67.294	66.012
5. Peso Agua, [gr]	9.845	11.266	12.640
6. Peso Suelo Seco, [gr]	42.129	41.807	39.860
7. Contenido de Humedad, [%]	23.369	26.948	31.711



Límite Líquido %	27.00
Límite Plástico %	23.60
Índice Plasticidad %	3.40

B. LÍMITE PLÁSTICO

Procedimiento	Tara No. 01	Tara No. 02	Tara No. 03
1. No de Golpes			
2. Peso Tara, [gr]	25.675	25.685	25.663
3. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]	32.242	32.495	32.322
4. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]	31.004	31.157	31.072
5. Peso Agua, [gr]	1.238	1.338	1.250
6. Peso Suelo Seco, [gr]	5.329	5.472	5.409
7. Contenido de Humedad, [%]	23.231	24.452	23.110





"COMPORTAMIENTO DE LA SUBRASANTE DE LA CARRETERA SAN BLAS AL ADICIONAR CAL Y CENIZA DE CORONTA DE MAÍZ, MACATE -2023"

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

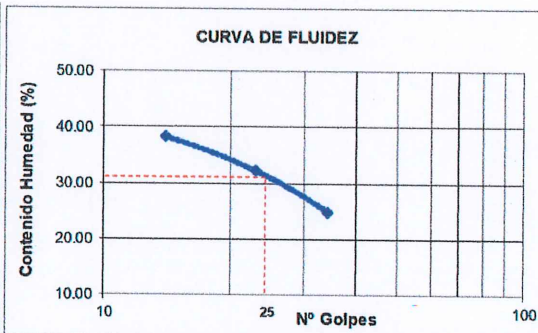


Proyecto : "Comportamiento de la Subrasante de la Carretera San Blas al Adicionar Cal y Ceniza de Coronta de Maiz, Macate - 2023"
Localizacion : San Blas, Distrito de Macate, Provincia Santa, Departamento Ancash
Muestra : Calicata N°02 - Estrato 02
Tesistas : Bach. Montoro Ramirez, Yocelin.
Bach. Narvaez Rodriguez, Beatriz Rosmery.
Fecha : Febrero 2024
Dosificacion : Suelo Natural + 5%(Cal + CCM)

LÍMITES DE CONSISTENCIA DE ATTERGBER (NTP 339.129)

A. LÍMITE LÍQUIDO

Procedimiento	Tara No. 01	Tara No. 02	Tara No. 03
1. No de Golpes	34	23	14
2. Peso Tara, [gr]	27.445	27.365	28.320
3. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]	76.930	76.885	77.821
4. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]	67.065	64.820	64.136
5. Peso Agua, [gr]	9.865	12.065	13.685
6. Peso Suelo Seco, [gr]	39.620	37.455	35.816
7. Contenido de Humedad, [%]	24.899	32.212	38.209



Límite Líquido %	31.50
Límite Plástico %	24.88
Índice Plasticidad %	6.62

B. LÍMITE PLÁSTICO

Procedimiento	Tara No. 01	Tara No. 02	Tara No. 03
1. No de Golpes			
2. Peso Tara, [gr]	26.865	26.365	26.495
3. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]	35.646	35.365	35.495
4. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]	33.901	33.590	33.680
5. Peso Agua, [gr]	1.745	1.775	1.815
6. Peso Suelo Seco, [gr]	7.036	7.225	7.185
7. Contenido de Humedad, [%]	24.801	24.567	25.261

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

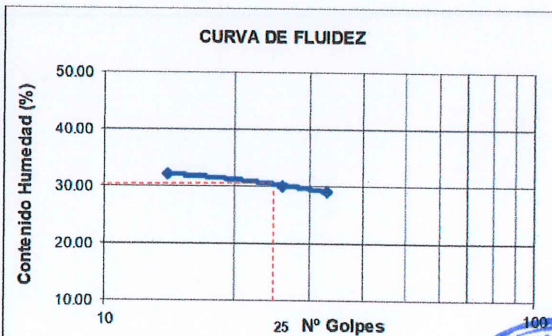


Proyecto : "Comportamiento de la Subrasante de la Carretera San Blas al Adicionar Cal y Ceniza de Coronta de Maiz, Macate - 2023"
Localizacion : San Blas, Distrito de Macate, Provincia Santa, Departamento Ancash
Muestra : Calicata N°03 - Estrato 01
Tesistas : Bach. Montoro Ramirez, Yocelin.
Bach. Narvaez Rodriguez, Beatriz Rosmery.
Fecha : Febrero 2024
Dosificacion : Suelo Natural + 5%(Cal + CCM)

LÍMITES DE CONSISTENCIA DE ATTERGBER (NTP 339.129)

A. LÍMITE LÍQUIDO

Procedimiento	Tara No. 01	Tara No. 02	Tara No. 03
1. No de Golpes	33	26	14
2. Peso Tara, [gr]	25.378	25.524	26.774
3. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]	76.365	76.854	77.252
4. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]	64.863	64.965	64.942
5. Peso Agua, [gr]	11.502	11.889	12.310
6. Peso Suelo Seco, [gr]	39.485	39.441	38.168
7. Contenido de Humedad, [%]	29.130	30.144	32.252



Límite Líquido %	30.20
Límite Plástico %	22.39
Índice Plasticidad %	7.81

B. LÍMITE PLÁSTICO

Procedimiento	Tara No. 01	Tara No. 02	Tara No. 03
1. No de Golpes			
2. Peso Tara, [gr]	25.778	26.325	25.845
3. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]	31.684	32.653	32.452
4. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]	30.623	31.484	31.234
5. Peso Agua, [gr]	1.061	1.169	1.218
6. Peso Suelo Seco, [gr]	4.845	5.159	5.389
7. Contenido de Humedad, [%]	21.899	22.659	22.602





"COMPORTAMIENTO DE LA SUBRASANTE DE LA CARRETERA SAN BLAS AL ADICIONAR CAL Y CENIZA DE CORONTA DE MAÍZ, MACATE -2023"

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

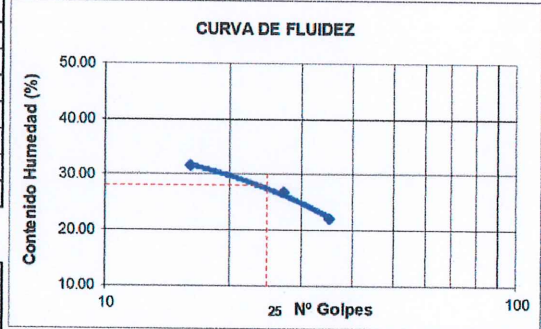


Proyecto : "Comportamiento de la Subrasante de la Carretera San Blas al Adicionar Cal y Ceniza de Coronta de Maiz, Macate - 2023"
Localizacion : San Blas, Distrito de Macate, Provincia Santa, Departamento Ancash
Muestra : Calicata N°03 - Estrato 02 **Dosificacion** : Suelo Natural + 5%(Cal + CCM)
Tesis tas : Bach. Montoro Ramirez, Yocelin.
 Bach. Narvaez Rodriguez, Beatriz Rosmery.
Fecha : Febrero 2024

LÍMITES DE CONSISTENCIA DE ATTERGBER (NTP 339.129)

A. LÍMITE LÍQUIDO

Procedimiento	Tara No. 01	Tara No. 02	Tara No. 03
1. No de Golpes	35	27	16
2. Peso Tara, [gr]	25.658	26.582	25.325
3. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]	75.885	76.365	77.325
4. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]	66.810	65.860	64.860
5. Peso Agua, [gr]	9.075	10.505	12.465
6. Peso Suelo Seco, [gr]	41.152	39.278	39.535
7. Contenido de Humedad, [%]	22.052	26.745	31.529



Límite Líquido %	28.00
Límite Plástico %	23.17
Índice Plasticidad %	4.83

B. LÍMITE PLÁSTICO

Procedimiento	Tara No. 01	Tara No. 02	Tara No. 03
1. No de Golpes			
2. Peso Tara, [gr]	26.487	26.854	25.854
3. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]	32.558	32.532	32.752
4. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]	31.413	31.453	31.471
5. Peso Agua, [gr]	1.145	1.079	1.281
6. Peso Suelo Seco, [gr]	4.926	4.599	5.617
7. Contenido de Humedad, [%]	23.244	23.462	22.806

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

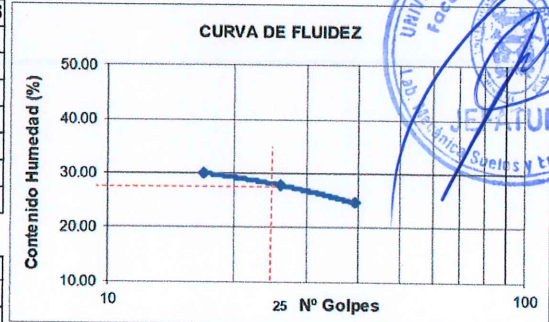


Proyecto : "Comportamiento de la Subrasante de la Carretera San Blas al Adicionar Cal y Ceniza de Coronta de Maiz, Macate - 2023"
Localizacion : San Blas, Distrito de Macate, Provincia Santa, Departamento Ancash
Muestra : Calicata N°04 - Estrato 01 **Dosificacion** : Suelo Natural + 5%(Cal + CCM)
Tesis tas : Bach. Montoro Ramirez, Yocelin.
 Bach. Narvaez Rodriguez, Beatriz Rosmery.
Fecha : Febrero 2024

LÍMITES DE CONSISTENCIA DE ATTERGBER (NTP 339.129)

A. LÍMITE LÍQUIDO

Procedimiento	Tara No. 01	Tara No. 02	Tara No. 03
1. No de Golpes	39	26	17
2. Peso Tara, [gr]	28.542	28.652	27.332
3. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]	77.632	78.732	77.254
4. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]	67.923	67.865	65.720
5. Peso Agua, [gr]	9.709	10.867	11.534
6. Peso Suelo Seco, [gr]	39.381	39.213	38.388
7. Contenido de Humedad, [%]	24.654	27.713	30.046



Límite Líquido %	28.00
Límite Plástico %	23.96
Índice Plasticidad %	4.04

B. LÍMITE PLÁSTICO

Procedimiento	Tara No. 01	Tara No. 02	Tara No. 03
1. No de Golpes			
2. Peso Tara, [gr]	25.886	26.635	25.851
3. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]	33.452	34.165	34.352
4. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]	31.995	32.706	32.706
5. Peso Agua, [gr]	1.457	1.459	1.646
6. Peso Suelo Seco, [gr]	6.109	6.071	6.855
7. Contenido de Humedad, [%]	23.850	24.032	24.012





"COMPORTAMIENTO DE LA SUBRASANTE DE LA CARRETERA SAN BLAS AL ADICIONAR CAL Y CENIZA DE CORONTA DE MAÍZ, MACATE -2023"

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

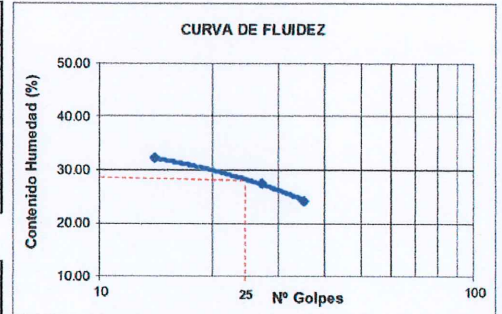


Proyecto : "Comportamiento de la Subrasante de la Carretera San Blas al Adicionar Cal y Ceniza de Coronta de Maiz, Macate - 2023"
Localizacion : San Blas, Distrito de Macate, Provincia Santa, Departamento Ancash
Muestra : Calicata N°01 - Estrato 01
Tesisistas : Bach. Montoro Ramirez, Yocelin.
Bach. Narvaez Rodriguez, Beatriz Rosmery.
Fecha : Febrero 2024
Dosificacion : Suelo Natural + 8%(Cal + CCM)

LÍMITES DE CONSISTENCIA DE ATTERGBER (NTP 339.129)

A. LÍMITE LÍQUIDO

Procedimiento	Tara No. 01	Tara No. 02	Tara No. 03
1. No de Golpes	35	27	14
2. Peso Tara, [gr]	25.862	26.542	25.452
3. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]	76.325	76.325	75.335
4. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]	66.492	65.587	63.194
5. Peso Agua, [gr]	9.833	10.738	12.141
6. Peso Suelo Seco, [gr]	40.630	39.045	37.742
7. Contenido de Humedad, [%]	24.201	27.502	32.168



Limite Líquido %	28.00
Limite Plástico %	26.29
Indice Plasticidad %	1.71

B. LÍMITE PLÁSTICO

Procedimiento	Tara No. 01	Tara No. 02	Tara No. 03
1. No de Golpes			
2. Peso Tara, [gr]	27.658	27.467	27.546
3. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]	36.357	36.251	36.352
4. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]	34.545	34.368	34.575
5. Peso Agua, [gr]	1.812	1.883	1.777
6. Peso Suelo Seco, [gr]	6.887	6.901	7.029
7. Contenido de Humedad, [%]	26.310	27.286	25.281

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

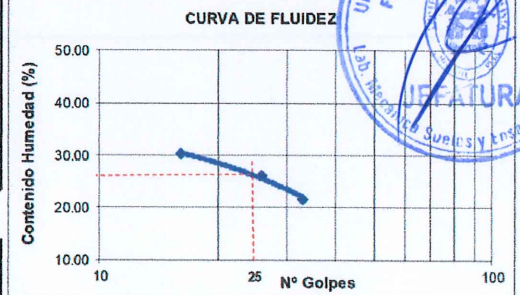


Proyecto : "Comportamiento de la Subrasante de la Carretera San Blas al Adicionar Cal y Ceniza de Coronta de Maiz, Macate - 2023"
Localizacion : San Blas, Distrito de Macate, Provincia Santa, Departamento Ancash
Muestra : Calicata N°02 - Estrato 01
Tesisistas : Bach. Montoro Ramirez, Yocelin.
Bach. Narvaez Rodriguez, Beatriz Rosmery.
Fecha : Febrero 2024
Dosificacion : Suelo Natural + 8%(Cal + CCM)

LÍMITES DE CONSISTENCIA DE ATTERGBER (NTP 339.129)

A. LÍMITE LÍQUIDO

Procedimiento	Tara No. 01	Tara No. 02	Tara No. 03
1. No de Golpes	33	26	16
2. Peso Tara, [gr]	25.136	25.365	26.152
3. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]	74.253	76.210	77.954
4. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]	65.513	65.632	65.923
5. Peso Agua, [gr]	8.740	10.578	12.031
6. Peso Suelo Seco, [gr]	40.377	40.267	39.771
7. Contenido de Humedad, [%]	21.646	26.270	30.251



Limite Líquido %	26.80
Limite Plástico %	23.86
Indice Plasticidad %	2.94

B. LÍMITE PLÁSTICO

Procedimiento	Tara No. 01	Tara No. 02	Tara No. 03
1. No de Golpes			
2. Peso Tara, [gr]	25.365	25.745	26.112
3. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]	31.245	32.456	32.251
4. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]	30.089	31.154	31.101
5. Peso Agua, [gr]	1.156	1.302	1.150
6. Peso Suelo Seco, [gr]	4.724	5.409	4.989
7. Contenido de Humedad, [%]	24.471	24.071	23.051





"COMPORTAMIENTO DE LA SUBRASANTE DE LA CARRETERA SAN BLAS AL ADICIONAR CAL Y CENIZA DE CORONTA DE MAÍZ, MACATE -2023"

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

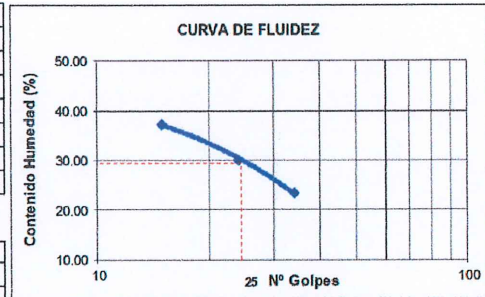


Proyecto : "Comportamiento de la Subrasante de la Carretera San Blas al Adicionar Cal y Ceniza de Coronta de Maiz, Macate - 2023"
Localizacion : San Blas, Distrito de Macate, Provincia Santa, Departamento Ancash
Muestra : Calicata N°02 - Estrato 02 **Dosificacion** : Suelo Natural + 8%(Cal + CCM)
Tesistas : Bach. Montoro Ramirez, Yocelin.
Bach. Narvaez Rodriguez, Beatriz Rosmery.
Fecha : Febrero 2024

LÍMITES DE CONSISTENCIA DE ATTERGBER (NTP 339.129)

A. LÍMITE LÍQUIDO

Procedimiento	Tara No. 01	Tara No. 02	Tara No. 03
1. No de Golpes	34	24	15
2. Peso Tara, [gr]	27.045	27.330	27.314
3. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]	76.458	76.165	77.671
4. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]	67.062	64.865	63.980
5. Peso Agua, [gr]	9.396	11.300	13.691
6. Peso Suelo Seco, [gr]	40.017	37.535	36.666
7. Contenido de Humedad, [%]	23.480	30.105	37.340



Limite Líquido %	30.00
Limite Plástico %	25.96
Indice Plasticidad %	4.04

B. LÍMITE PLÁSTICO

Procedimiento	Tara No. 01	Tara No. 02	Tara No. 03
1. No de Golpes			
2. Peso Tara, [gr]	25.365	26.452	25.154
3. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]	32.565	33.852	31.525
4. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]	31.084	32.165	30.212
5. Peso Agua, [gr]	1.481	1.487	1.313
6. Peso Suelo Seco, [gr]	5.719	5.713	5.058
7. Contenido de Humedad, [%]	25.896	26.028	25.959

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

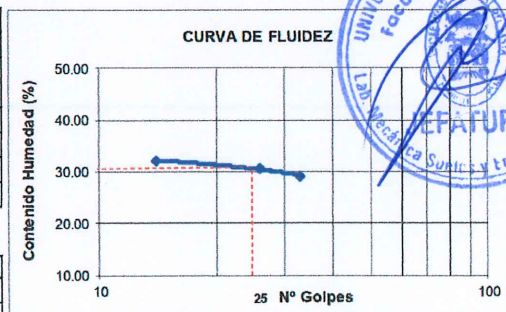


Proyecto : "Comportamiento de la Subrasante de la Carretera San Blas al Adicionar Cal y Ceniza de Coronta de Maiz, Macate - 2023"
Localizacion : San Blas, Distrito de Macate, Provincia Santa, Departamento Ancash
Muestra : Calicata N°03 - Estrato 01 **Dosificacion** : Suelo Natural + 8%(Cal + CCM)
Tesistas : Bach. Montoro Ramirez, Yocelin.
Bach. Narvaez Rodriguez, Beatriz Rosmery.
Fecha : Febrero 2024

LÍMITES DE CONSISTENCIA DE ATTERGBER (NTP 339.129)

A. LÍMITE LÍQUIDO

Procedimiento	Tara No. 01	Tara No. 02	Tara No. 03
1. No de Golpes	33	26	14
2. Peso Tara, [gr]	25.143	26.489	26.332
3. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]	76.452	76.331	77.152
4. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]	64.850	64.632	64.770
5. Peso Agua, [gr]	11.602	11.699	12.382
6. Peso Suelo Seco, [gr]	39.707	38.143	38.438
7. Contenido de Humedad, [%]	29.219	30.671	32.213



Limite Líquido %	30.10
Limite Plástico %	24.45
Indice Plasticidad %	5.65

B. LÍMITE PLÁSTICO

Procedimiento	Tara No. 01	Tara No. 02	Tara No. 03
1. No de Golpes			
2. Peso Tara, [gr]	25.348	26.798	26.452
3. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]	31.523	32.410	32.784
4. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]	30.312	31.305	31.540
5. Peso Agua, [gr]	1.211	1.105	1.244
6. Peso Suelo Seco, [gr]	4.964	4.507	5.088
7. Contenido de Humedad, [%]	24.396	24.517	24.450





"COMPORTAMIENTO DE LA SUBRASANTE DE LA CARRETERA SAN BLAS AL ADICIONAR CAL Y CENIZA DE CORONTA DE MAÍZ, MACATE -2023"

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

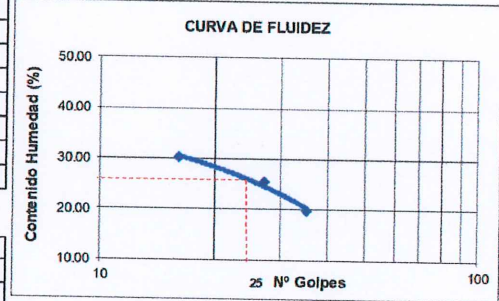


Proyecto : "Comportamiento de la Subrasante de la Carretera San Blas al Adicionar Cal y Ceniza de Coronta de Maiz, Macate - 2023"
Localizacion : San Blas, Distrito de Macate, Provincia Santa, Departamento Ancash
Muestra : Calicata N°03 - Estrato 02
Tesistas : Bach. Montoro Ramirez, Yocelin
Bach. Narvaez Rodriguez, Beatriz Rosmery
Dosificacion : Suelo Natural + 8%(Cal + CCM)
Fecha : Febrero 2024

2. LÍMITES DE CONSISTENCIA DE ATTERGBER (NTP 339.129)

A. LÍMITE LÍQUIDO

Procedimiento	Tara No. 01	Tara No. 02	Tara No. 03
1. No de Golpes	35	27	16
2. Peso Tara, [gr]	25.451	26.435	26.130
3. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]	74.320	75.850	75.250
4. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]	66.210	65.765	63.856
5. Peso Agua, [gr]	8.110	10.085	11.394
6. Peso Suelo Seco, [gr]	40.759	39.330	37.726
7. Contenido de Humedad, [%]	19.897	25.642	30.202



Límite Líquido %	27.50
Límite Plástico %	23.58
Índice Plasticidad %	3.92

B. LÍMITE PLÁSTICO

Procedimiento	Tara No. 01	Tara No. 02	Tara No. 03
1. No de Golpes			
2. Peso Tara, [gr]	25.654	26.452	26.882
3. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]	31.103	32.520	32.470
4. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]	30.050	31.356	31.423
5. Peso Agua, [gr]	1.053	1.164	1.047
6. Peso Suelo Seco, [gr]	4.396	4.904	4.541
7. Contenido de Humedad, [%]	23.954	23.736	23.057

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

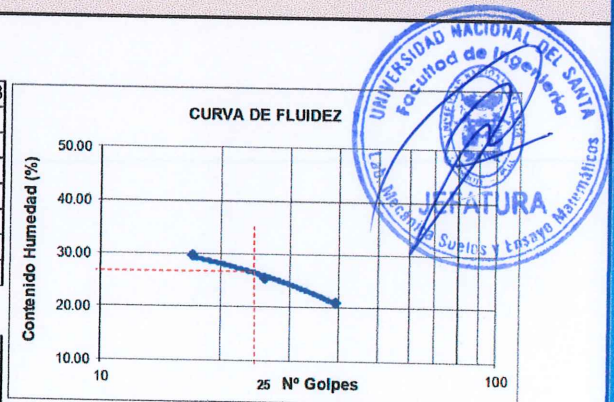


Proyecto : "Comportamiento de la Subrasante de la Carretera San Blas al Adicionar Cal y Ceniza de Coronta de Maiz, Macate - 2023"
Localizacion : San Blas, Distrito de Macate, Provincia Santa, Departamento Ancash
Muestra : Calicata N°04 - Estrato 01
Tesistas : Bach. Montoro Ramirez, Yocelin
Bach. Narvaez Rodriguez, Beatriz Rosmery
Dosificacion : Suelo Natural + 8%(Cal + CCM)
Fecha : Febrero 2024

LÍMITES DE CONSISTENCIA DE ATTERGBER (NTP 339.129)

A. LÍMITE LÍQUIDO

Procedimiento	Tara No. 01	Tara No. 02	Tara No. 03
1. No de Golpes	39	26	17
2. Peso Tara, [gr]	25.489	25.463	25.395
3. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]	74.536	74.336	74.452
4. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]	65.986	64.423	63.231
5. Peso Agua, [gr]	8.550	9.913	11.221
6. Peso Suelo Seco, [gr]	40.497	38.960	37.836
7. Contenido de Humedad, [%]	21.113	25.444	29.657



Límite Líquido %	27.50
Límite Plástico %	24.41
Índice Plasticidad %	3.09

B. LÍMITE PLÁSTICO

Procedimiento	Tara No. 01	Tara No. 02	Tara No. 03
1. No de Golpes			
2. Peso Tara, [gr]	26.047	26.145	26.854
3. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]	34.528	34.187	34.268
4. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]	32.862	32.613	32.812
5. Peso Agua, [gr]	1.666	1.574	1.456
6. Peso Suelo Seco, [gr]	6.815	6.468	5.958
7. Contenido de Humedad, [%]	24.446	24.335	24.438



**ENSAYO
PROCTOR
MODIFICADO
ASTM D-1557**



"COMPORTAMIENTO DE LA SUBRASANTE DE LA CARRETERA SAN BLAS AL ADICIONAR CAL Y CENIZA DE CORONTA DE MAÍZ, MACATE -2023"

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS



Proyecto : "Comportamiento de la Subrasante de la Carretera San Blas al Adicionar Cal y Ceniza de Coronta de Maiz, Macate - 2023"
Localizacion : San Blas, Distrito de Macate, Provincia Santa, Departamento Ancash
Muestra : Calicata N°01 **Dosificacion** : Suelo Natural
Tesistas : Bach. Montoro Ramirez, Yocelin. **Fecha** : Marzo 2024
 Bach. Narvaez Rodriguez, Beatriz Rosmery.

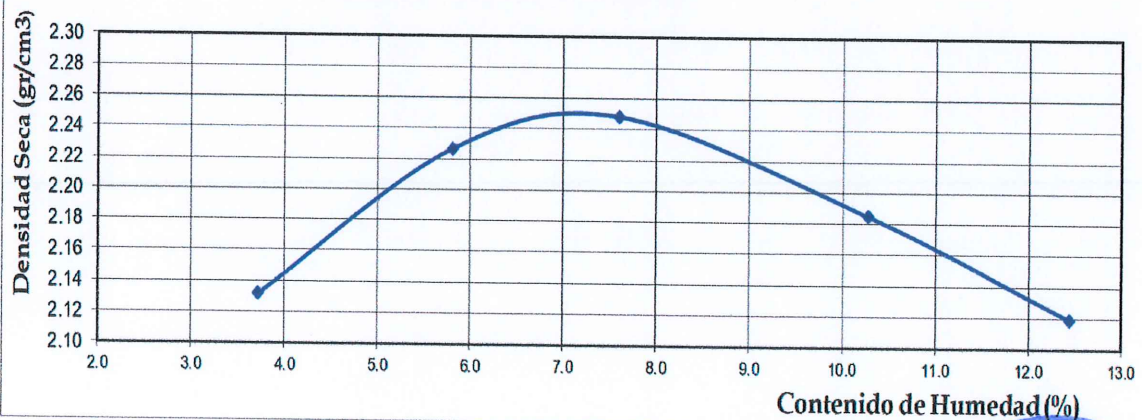
ENSAYO PROCTOR MODIFICADO MTC E 115

PUNTO No.		I	II	III	IV	V
MOLDE No.		1	1	1	1	1
1	Volumen del molde (cm ³)	2133.80	2133.80	2133.80	2133.80	2133.80
2	Peso del molde (gr)	6323.40	6323.40	6323.40	6323.40	6323.40
3	Peso del molde + muestra húmeda (gr)	11040.00	11350.00	11485.00	11464.00	11407.00
4	Peso de la muestra húmeda (gr)	4716.60	5026.60	5161.60	5140.60	5083.60
5	Densidad húmeda de la muestra (gr/cm ³)	2.21	2.36	2.42	2.41	2.38

CONTENIDO DE HUMEDAD Y DENSIDAD SECA

6	Peso de la tara (gr)	25.630	25.170	25.330	28.650	25.220
7	Peso de la tara + suelo húmedo (gr)	131.320	129.860	130.110	129.360	136.650
8	Peso de la tara + suelo seco (gr)	127.540	124.120	122.710	119.980	124.330
9	Peso del agua (gr)	3.780	5.740	7.400	9.380	12.320
10	Peso del suelo seco (gr)	101.910	98.950	97.380	91.330	99.110
11	Contenido de humedad (%)	3.71	5.80	7.60	10.27	12.43
12	Densidad seca de la muestra (gr/cm ³)	2.131	2.227	2.248	2.185	2.119

GRAFICO: DENSIDAD vs HUMEDAD



Máxima Densidad Seca :	2.248
Óptimo Contenido de Humedad:	7.60%





"COMPORTAMIENTO DE LA SUBRASANTE DE LA CARRETERA SAN BLAS AL ADICIONAR CAL Y CENIZA DE CORONTA DE MAÍZ, MACATE -2023"

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS



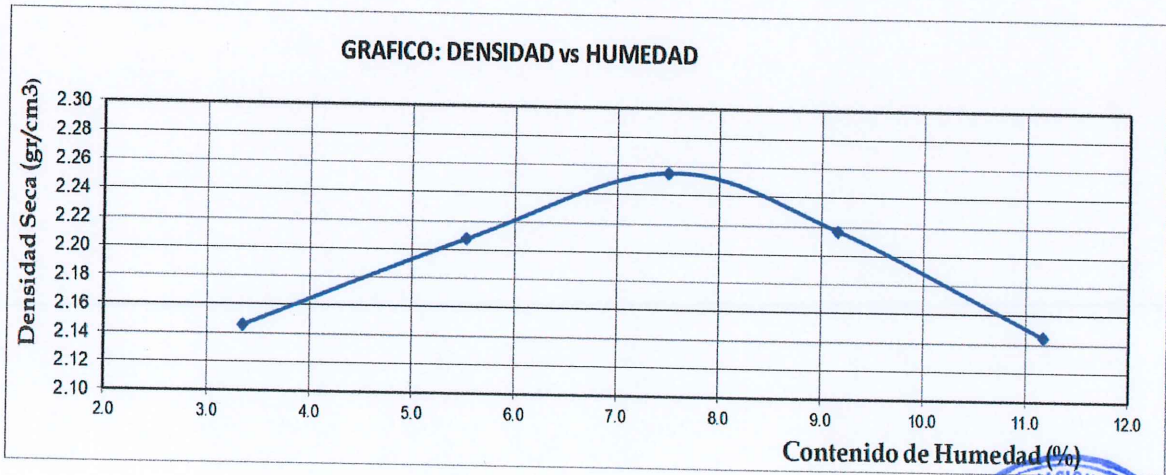
Proyecto : "Comportamiento de la Subrasante de la Carretera San Blas al Adicionar Cal y Ceniza de Coronta de Maiz, Macate - 2023"
Localizacion : San Blas. Distrito de Macate, Provincia Santa, Departamento Ancash
Muestra : Calicata N°02 **Dosificacion** : Suelo Natural
Tesistas : Bach. Montoro Ramirez, Yocelin. **Fecha** : Marzo 2024
 Bach. Narvaez Rodriguez, Beatriz Rosmery.

ENSAYO PROCTOR MODIFICADO MTC E 115

PUNTO No.		I	II	III	IV	V
MOLDE No.		1	1	1	1	1
1	Volumen del molde (cm ³)	2133.80	2133.80	2133.80	2133.80	2133.80
2	Peso del molde (gr)	6323.40	6323.40	6323.40	6323.40	6323.40
3	Peso del molde + muestra húmeda (gr)	11056.00	11294.00	11496.00	11487.00	11412.00
4	Peso de la muestra húmeda (gr)	4732.60	4970.60	5172.60	5163.60	5088.60
5	Densidad húmeda de la muestra (gr/cm ³)	2.22	2.33	2.42	2.42	2.38

CONTENIDO DE HUMEDAD Y DENSIDAD SECA

6	Peso de la tara (gr)	26.360	25.140	25.690	26.360	25.340
7	Peso de la tara + suelo húmedo (gr)	133.630	130.690	132.300	133.140	135.320
8	Peso de la tara + suelo seco (gr)	130.150	125.160	124.860	124.180	124.260
9	Peso del agua (gr)	3.480	5.530	7.440	8.960	11.060
10	Peso del suelo seco (gr)	103.790	100.020	99.170	97.820	98.920
11	Contenido de humedad (%)	3.35	5.53	7.50	9.16	11.18
12	Densidad seca de la muestra (gr/cm ³)	2.146	2.207	2.255	2.217	2.145



Máxima Densidad Seca	2.255
Optimo Contenido de Humedad:	7.50%





“COMPORTAMIENTO DE LA SUBRASANTE DE LA CARRETERA SAN BLAS AL ADICIONAR CAL Y CENIZA DE CORONTA DE MAÍZ, MACATE -2023”

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS



Proyecto : "Comportamiento de la Subrasante de la Carretera San Blas al Adicionar Cal y Ceniza de Coronta de Maiz, Macate - 2023"
Localizacion : San Blas, Distrito de Macate, Provincia Santa, Departamento Ancash
Muestra : Calicata N°03 **Dosificacion** : Suelo Natural
Tesistas : Bach. Montoro Ramirez, Yocelin. **Fecha** : Marzo 2024
 Bach. Narvaez Rodriguez, Beatriz Rosmery.

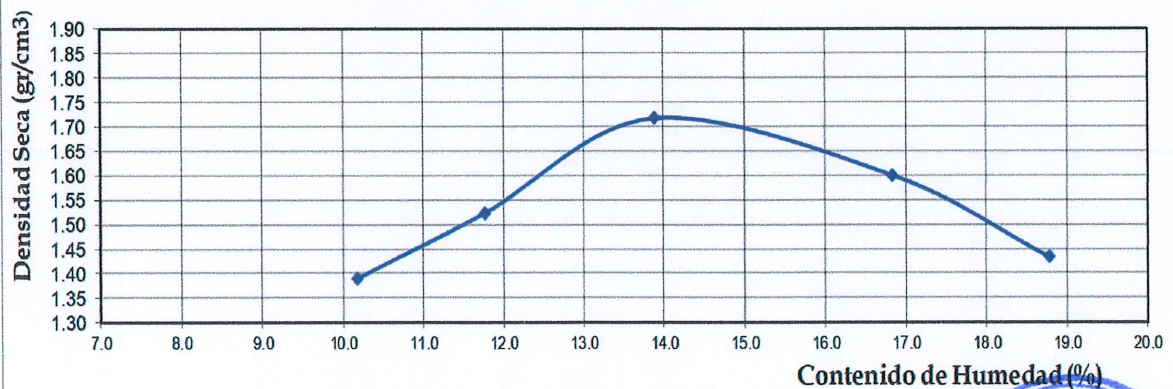
ENSAYO PROCTOR MODIFICADO MTC E 115

PUNTO No.		I	II	III	IV	V
MOLDE No.		1	1	1	1	1
1	Volumen del molde (cm ³)	2133.80	2133.80	2122.80	2127.80	2328.80
2	Peso del molde (gr)	6780.00	6580.00	6004.80	6027.40	6058.40
3	Peso del molde + muestra húmeda (gr)	10050.00	10214.00	10154.00	10004.00	10024.00
4	Peso de la muestra húmeda (gr)	3270.00	3634.00	4149.20	3976.60	3965.60
5	Densidad húmeda de la muestra (gr/cm ³)	1.53	1.70	1.95	1.87	1.70

CONTENIDO DE HUMEDAD Y DENSIDAD SECA

6	Peso de la tara (gr)	25.770	25.140	27.250	27.250	25.330
7	Peso de la tara + suelo húmedo (gr)	130.320	135.650	139.025	135.960	134.360
8	Peso de la tara + suelo seco (gr)	120.660	124.010	125.400	120.300	117.120
9	Peso del agua (gr)	9.660	11.640	13.625	15.660	17.240
10	Peso del suelo seco (gr)	94.890	98.870	98.150	93.050	91.790
11	Contenido de humedad (%)	10.18	11.77	13.88	16.83	18.78
12	Densidad seca de la muestra (gr/cm ³)	1.391	1.524	1.716	1.600	1.434

GRAFICO: DENSIDAD vs HUMEDAD



Máxima Densidad Seca :	1.720
Óptimo Contenido de Humedad:	14.00%





"COMPORTAMIENTO DE LA SUBRASANTE DE LA CARRETERA SAN BLAS AL ADICIONAR CAL Y CENIZA DE CORONTA DE MAÍZ, MACATE -2023"

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS



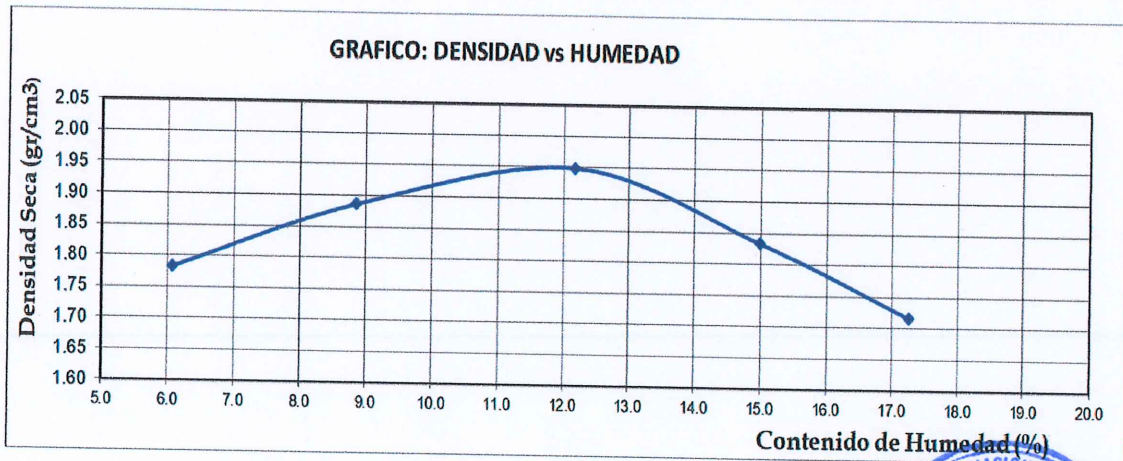
Proyecto : "Comportamiento de la Subrasante de la Carretera San Blas al Adicionar Cal y Ceniza de Coronta de Maiz, Macate - 2023"
Localizacion : San Blas, Distrito de Macate, Provincia Santa, Departamento Ancash
Muestra : Calicata N°04 **Dosificacion** : Suelo Natural
Tesistas : Bach. Montoro Ramirez, Yocelin. **Fecha** : Marzo 2024
 Bach. Narvaez Rodriguez, Beatriz Rosmery.

ENSAYO PROCTOR MODIFICADO MTC E 115

PUNTO No.		I	II	III	IV	V
MOLDE No.		1	1	1	1	1
1	Volumen del molde (cm ³)	2133.80	2133.80	2133.80	2133.80	2133.80
2	Peso del molde (gr)	6323.40	6323.40	6323.40	6323.40	6323.40
3	Peso del molde + muestra húmeda (gr)	10355.00	10704.00	10990.00	10820.00	10614.00
4	Peso de la muestra húmeda (gr)	4031.60	4380.60	4666.60	4496.60	4290.60
5	Densidad húmeda de la muestra (gr/cm ³)	1.89	2.05	2.19	2.11	2.01

CONTENIDO DE HUMEDAD Y DENSIDAD SECA

6	Peso de la tara (gr)	25.960	25.660	26.360	27.360	25.140
7	Peso de la tara + suelo húmedo (gr)	130.360	134.130	134.265	136.250	133.240
8	Peso de la tara + suelo seco (gr)	124.395	125.310	122.552	122.058	117.332
9	Peso del agua (gr)	5.965	8.820	11.713	14.192	15.908
10	Peso del suelo seco (gr)	98.435	99.650	96.192	94.698	92.192
11	Contenido de humedad (%)	6.06	8.85	12.18	14.99	17.26
12	Densidad seca de la muestra (gr/cm ³)	1.781	1.886	1.950	1.833	1.715



Máxima Densidad Seca :	1.95 GR/CM3
Optimo Contenido de Humedad:	12.00%





“COMPORTAMIENTO DE LA SUBRASANTE DE LA CARRETERA SAN BLAS AL ADICIONAR CAL Y CENIZA DE CORONTA DE MAÍZ, MACATE -2023”

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS



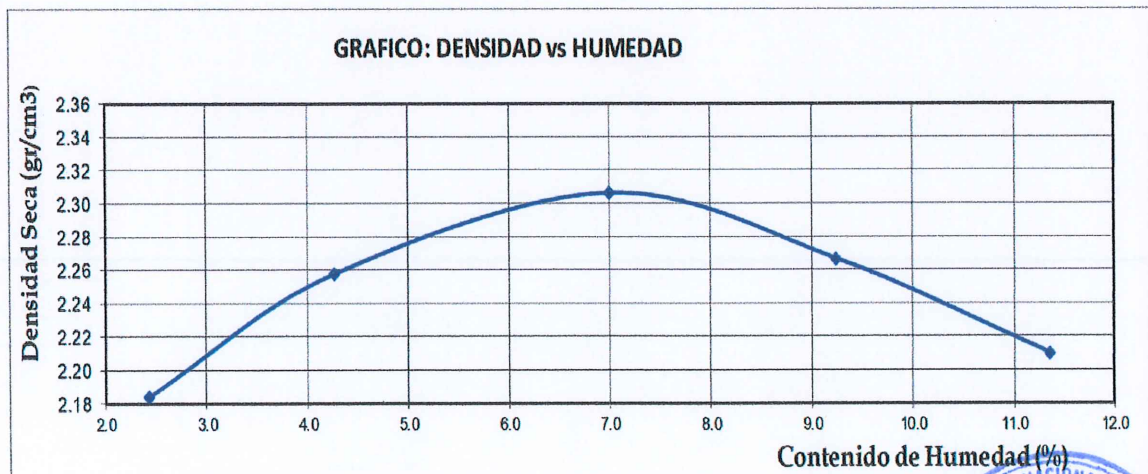
Proyecto : "Comportamiento de la Subrasante de la Carretera San Blas al Adicionar Cal y Ceniza de Coronta de Maiz, Macate - 2023"
Localizacio : San Blas, Distrito de Macate, Provincia Santa, Departamento Ancash
Muestra : Calicata N°01 **Dosificacion** : Suelo Natural + 3%(Cal + CCM)
Tesistas : Bach. Montoro Ramirez, Yocelin.
 Bach. Narvaez Rodriguez, Beatriz Rosmery. **Fecha** : Marzo 2024

ENSAYO PROCTOR MODIFICADO MTC E 115

PUNTO No.		I	II	III	IV	V
MOLDE No.		1	1	1	1	1
1	Volumen del molde (cm ³)	2133.80	2133.80	2133.80	2133.80	2133.80
2	Peso del molde (gr)	6323.40	6323.40	6323.40	6323.40	6323.40
3	Peso del molde + muestra húmeda (gr)	11096.00	11345.00	11589.00	11607.00	11574.00
4	Peso de la muestra húmeda (gr)	4772.60	5021.60	5265.60	5283.60	5250.60
5	Densidad húmeda de la muestra (gr/cm ³)	2.24	2.35	2.47	2.48	2.46

CONTENIDO DE HUMEDAD Y DENSIDAD SECA

6	Peso de la tara (gr)	26.326	26.145	25.332	26.154	25.845
7	Peso de la tara + suelo húmedo (gr)	127.542	127.154	126.332	126.254	126.745
8	Peso de la tara + suelo seco (gr)	125.136	123.025	119.728	117.785	116.458
9	Peso del agua (gr)	2.406	4.129	6.604	8.469	10.287
10	Peso del suelo seco (gr)	98.810	96.880	94.396	91.631	90.613
11	Contenido de humedad (%)	2.43	4.26	7.00	9.24	11.35
12	Densidad seca de la muestra (gr/cm ³)	2.183	2.257	2.306	2.267	2.210



Máxima Densidad Seca :	2.306
Optimo Contenido de Humedad:	7.00%





"COMPORTAMIENTO DE LA SUBRASANTE DE LA CARRETERA SAN BLAS AL ADICIONAR CAL Y CENIZA DE CORONTA DE MAÍZ, MACATE -2023"

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS



Proyecto : "Comportamiento de la Subrasante de la Carretera San Blas al Adicionar Cal y Ceniza de Coronta de Maiz, Macate - 2023"
Localizacio : San Blas, Distrito de Macate, Provincia Santa, Departamento Ancash
Muestra : Calicata N°02 **Dosificacion** : Suelo Natural + 3%(Cal + CCM)
Tesistas : Bach. Montoro Ramirez , Yocelin.
 Bach. Narvaez Rodriguez, Beatriz Rosmery. **Fecha** : Marzo 2024

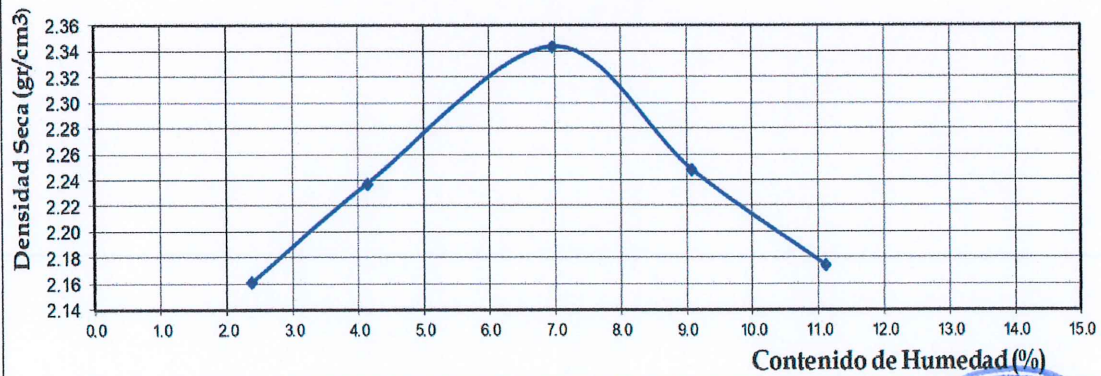
ENSAYO PROCTOR MODIFICADO MTC E 115

PUNTO No.		I	II	III	IV	V
MOLDE No.		1	1	1	1	1
1	Volumen del molde (cm ³)	2133.80	2133.80	2140.80	2133.80	2133.80
2	Peso del molde (gr)	6323.40	6323.40	6168.40	6323.40	6323.40
3	Peso del molde + muestra húmeda (gr)	11042.00	11294.00	11534.00	11554.00	11476.00
4	Peso de la muestra húmeda (gr)	4718.60	4970.60	5365.60	5230.60	5152.60
5	Densidad húmeda de la muestra (gr/cm ³)	2.21	2.33	2.51	2.45	2.41

CONTENIDO DE HUMEDAD Y DENSIDAD SECA

6	Peso de la tara (gr)	25.325	26.314	26.258	26.485	26.348
7	Peso de la tara + suelo húmedo (gr)	126.458	126.336	126.985	127.365	127.325
8	Peso de la tara + suelo seco (gr)	124.125	122.362	120.420	118.963	117.240
9	Peso del agua (gr)	2.333	3.974	6.565	8.402	10.085
10	Peso del suelo seco (gr)	98.800	96.048	94.162	92.478	90.892
11	Contenido de humedad (%)	2.36	4.14	6.97	9.09	11.10
12	Densidad seca de la muestra (gr/cm ³)	2.160	2.237	2.343	2.247	2.174

GRAFICO: DENSIDAD vs HUMEDAD



Máxima Densidad Seca :	2.343
Óptimo Contenido de Humedad:	6.97%





“COMPORTAMIENTO DE LA SUBRASANTE DE LA CARRETERA SAN BLAS AL ADICIONAR CAL Y CENIZA DE CORONTA DE MAÍZ, MACATE -2023”

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS



Proyecto : "Comportamiento de la Subrasante de la Carretera San Blas al Adicionar Cal y Ceniza de Coronta de Maíz, Macate - 2023"
Localizacion : San Blas, Distrito de Macate, Provincia Santa, Departamento Ancash
Muestra : Calicata N°03 **Dosificacion** : Suelo Natural + 3%(Cal + CCM)
Tesistas : Bach. Montoro Ramirez, Yocelin. **Fecha** : Marzo 2024
 Bach. Narvaez Rodriguez, Beatriz Rosmery.

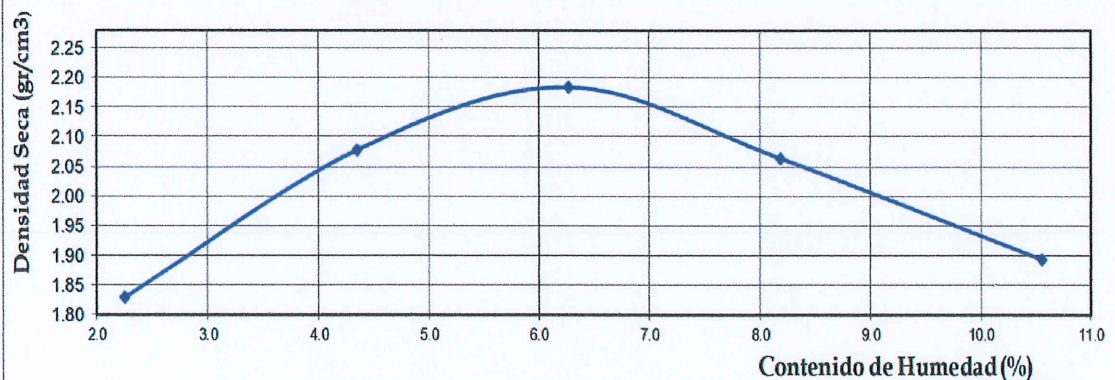
ENSAYO PROCTOR MODIFICADO MTC E 115

PUNTO No.		I	II	III	IV	V
MOLDE No.		1	1	1	1	1
1	Volumen del molde (cm ³)	2133.80	2133.80	2133.80	2133.80	2133.80
2	Peso del molde (gr)	6323.40	6323.40	6323.40	6323.40	6323.40
3	Peso del molde + muestra húmeda (gr)	10313.00	10948.00	11276.00	11087.00	10788.00
4	Peso de la muestra húmeda (gr)	3989.60	4624.60	4952.60	4763.60	4464.60
5	Densidad húmeda de la muestra (gr/cm ³)	1.87	2.17	2.32	2.23	2.09

CONTENIDO DE HUMEDAD Y DENSIDAD SECA

6	Peso de la tara (gr)	26.568	26.336	27.145	26.368	26.745
7	Peso de la tara + suelo húmedo (gr)	126.865	127.336	128.341	128.385	128.365
8	Peso de la tara + suelo seco (gr)	124.650	123.125	122.365	120.663	118.665
9	Peso del agua (gr)	2.215	4.211	5.976	7.722	9.700
10	Peso del suelo seco (gr)	98.082	96.789	95.220	94.295	91.920
11	Contenido de humedad (%)	2.26	4.35	6.28	8.19	10.55
12	Densidad seca de la muestra (gr/cm ³)	1.828	2.077	2.184	2.063	1.893

GRAFICO: DENSIDAD vs HUMEDAD



Máxima Densidad Seca	:	2.185
Óptimo Contenido de Humedad:		6.21%





"COMPORTAMIENTO DE LA SUBRASANTE DE LA CARRETERA SAN BLAS AL ADICIONAR CAL Y CENIZA DE CORONTA DE MAÍZ, MACATE -2023"

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS



Proyecto : "Comportamiento de la Subrasante de la Carretera San Blas al Adicionar Cal y Ceniza de Coronta de Maiz, Macate - 2023"
Localizacion : San Blas, Distrito de Macate, Provincia Santa, Departamento Ancash
Muestra : Calicata N°04 **Dosificacion** : Suelo Natural + 3%(Cal + CCM)
Tesistas : Bach. Montoro Ramirez , Yocelin.
 Bach. Narvaez Rodriguez, Beatriz Rosmery. **Fecha** : Marzo 2024

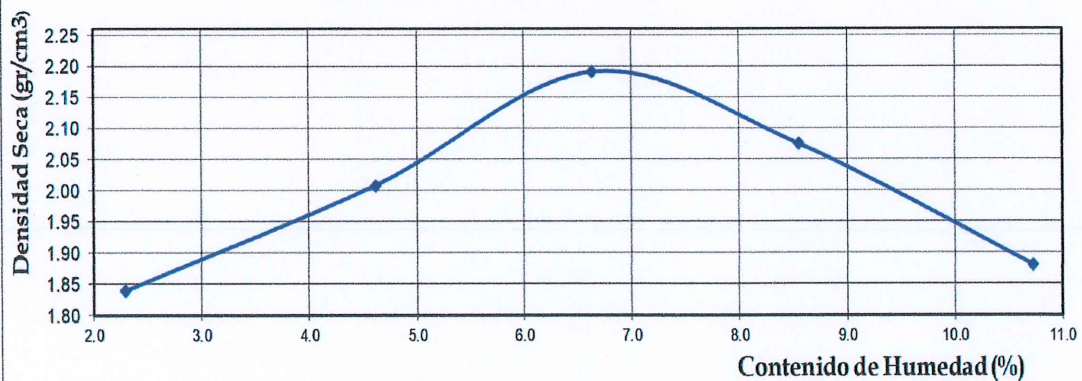
ENSAYO PROCTOR MODIFICADO MTC E 115

PUNTO No.		I	II	III	IV	V
MOLDE No.		1	1	1	1	1
1	Volumen del molde (cm ³)	2133.80	2133.80	2133.80	2133.80	2133.80
2	Peso del molde (gr)	6323.40	6323.40	6323.40	6323.40	6323.40
3	Peso del molde + muestra húmeda (gr)	10338.00	10805.00	11308.00	11128.00	10766.00
4	Peso de la muestra húmeda (gr)	4014.60	4481.60	4984.60	4804.60	4442.60
5	Densidad húmeda de la muestra (gr/cm ³)	1.88	2.10	2.34	2.25	2.08

CONTENIDO DE HUMEDAD Y DENSIDAD SECA

6	Peso de la tara (gr)	27.542	26.365	25.885	24.325	25.369
7	Peso de la tara + suelo húmedo (gr)	128.365	129.331	130.251	128.541	128.770
8	Peso de la tara + suelo seco (gr)	126.100	124.789	123.750	120.332	118.754
9	Peso del agua (gr)	2.265	4.542	6.501	8.209	10.016
10	Peso del suelo seco (gr)	98.558	98.424	97.865	96.007	93.385
11	Contenido de humedad (%)	2.30	4.61	6.64	8.55	10.73
12	Densidad seca de la muestra (gr/cm ³)	1.839	2.008	2.191	2.074	1.880

GRAFICO: DENSIDAD vs HUMEDAD



Máxima Densidad Seca	2.191
Óptimo Contenido de Humedad:	6.64%





"COMPORTAMIENTO DE LA SUBRASANTE DE LA CARRETERA SAN BLAS AL ADICIONAR CAL Y CENIZA DE CORONTA DE MAÍZ, MACATE -2023"

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS



Proyecto : "Comportamiento de la Subrasante de la Carretera San Blas al Adicionar Cal y Ceniza de Coronta de Maiz, Macate - 2023"
Localizacio : San Blas, Distrito de Macate, Provincia Santa, Departamento Ancash
Muestra : Calicata N°01 **Dosificacion** : Suelo Natural + 5%(Cal + CCM)
Tesistas : Bach. Montoro Ramirez, Yocelin.
 Bach. Narvaez Rodriguez, Beatriz Rosmery. **Fecha** : Marzo 2024

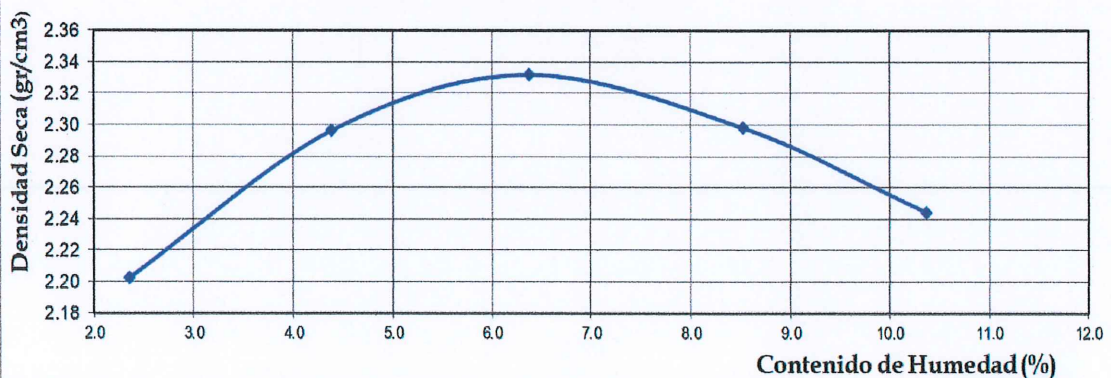
ENSAYO PROCTOR MODIFICADO MTC E 115

PUNTO No.		I	II	III	IV	V
MOLDE No.		1	1	1	1	1
1	Volumen del molde (cm ³)	2133.80	2133.80	2133.80	2133.80	2133.80
2	Peso del molde (gr)	6323.40	6323.40	6323.40	6323.40	6323.40
3	Peso del molde + muestra húmeda (gr)	11134.00	11439.00	11616.00	11645.00	11609.00
4	Peso de la muestra húmeda (gr)	4810.60	5115.60	5292.60	5321.60	5285.60
5	Densidad húmeda de la muestra (gr/cm ³)	2.25	2.40	2.48	2.49	2.48

CONTENIDO DE HUMEDAD Y DENSIDAD SECA

6	Peso de la tara (gr)	25.140	26.360	25.410	25.850	26.040
7	Peso de la tara + suelo húmedo (gr)	126.451	128.354	129.140	129.152	128.365
8	Peso de la tara + suelo seco (gr)	124.124	124.063	122.923	121.035	118.756
9	Peso del agua (gr)	2.327	4.291	6.217	8.117	9.609
10	Peso del suelo seco (gr)	98.984	97.703	97.513	95.185	92.716
11	Contenido de humedad (%)	2.35	4.39	6.38	8.53	10.36
12	Densidad seca de la muestra (gr/cm ³)	2.203	2.297	2.332	2.298	2.244

GRAFICO: DENSIDAD vs HUMEDAD



Máxima Densidad Seca :	2.332
Óptimo Contenido de Humedad:	6.38%





"COMPORTAMIENTO DE LA SUBRASANTE DE LA CARRETERA SAN BLAS AL ADICIONAR CAL Y CENIZA DE CORONTA DE MAÍZ, MACATE -2023"

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS



Proyecto : 'Comportamiento de la Subrasante de la Carretera San Blas al Adicionar Cal y Ceniza de Coronta de Maíz, Macate - 2023'
Localización : San Blas, Distrito de Macate, Provincia Santa, Departamento Ancash
Muestra : Calicata N°02 **Dosificación** : Suelo Natural + 5%(Cal + CCM)
Tesistas : Bach. Montoro Ramirez, Yocelin.
 Bach. Narvaez Rodriguez, Beatriz Rosmery. **Fecha** : Marzo 2024

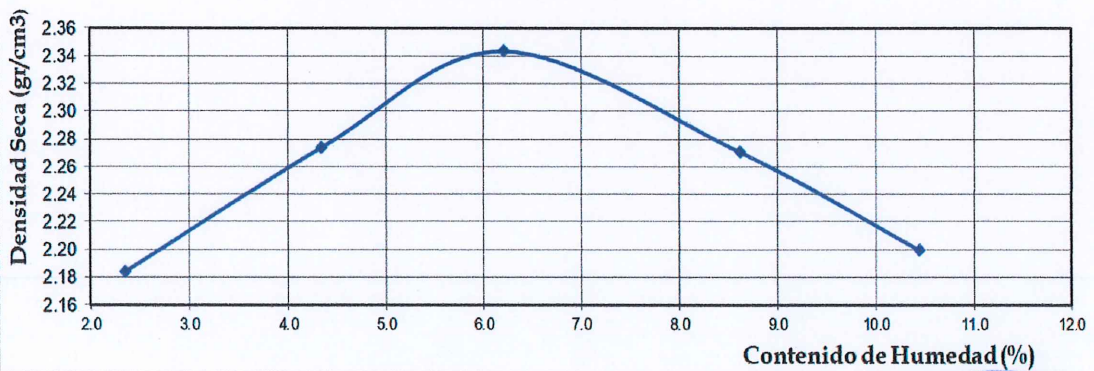
ENSAYO PROCTOR MODIFICADO MTC E 115

PUNTO No.		I	II	III	IV	V
MOLDE No.		1	1	1	1	1
1	Volumen del molde (cm ³)	2133.80	2133.80	2133.80	2133.80	2133.80
2	Peso del molde (gr)	6323.40	6323.40	6323.40	6323.40	6323.40
3	Peso del molde + muestra húmeda (gr)	11093.00	11386.00	11634.00	11586.00	11507.00
4	Peso de la muestra húmeda (gr)	4769.60	5062.60	5310.60	5262.60	5183.60
5	Densidad húmeda de la muestra (gr/cm ³)	2.24	2.37	2.49	2.47	2.43

CONTENIDO DE HUMEDAD Y DENSIDAD SECA

6	Peso de la tara (gr)	27.324	26.148	26.269	26.314	27.024
7	Peso de la tara + suelo húmedo (gr)	128.474	127.365	127.184	127.158	128.032
8	Peso de la tara + suelo seco (gr)	126.154	123.147	121.284	119.156	118.475
9	Peso del agua (gr)	2.320	4.218	5.900	8.002	9.557
10	Peso del suelo seco (gr)	98.830	96.999	95.015	92.842	91.451
11	Contenido de humedad (%)	2.35	4.35	6.21	8.62	10.45
12	Densidad seca de la muestra (gr/cm ³)	2.184	2.274	2.343	2.271	2.199

GRAFICO: DENSIDAD vs HUMEDAD



Máxima Densidad Seca :	2.343
Optimo Contenido de Humedad:	6.21%





"COMPORTAMIENTO DE LA SUBRASANTE DE LA CARRETERA SAN BLAS AL ADICIONAR CAL Y CENIZA DE CORONTA DE MAÍZ, MACATE -2023"

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS



Proyecto : "Comportamiento de la Subrasante de la Carretera San Blas al Adicionar Cal y Ceniza de Coronta de Maíz, Macate - 2023"
Localización : San Blas, Distrito de Macate, Provincia Santa, Departamento Ancash
Muestra : Calicata N°03 **Dosificación** : Suelo Natural + 5%(Cal + CCM)
Tesistas : Bach. Montoro Ramirez , Yocelin.
 Bach. Narvaez Rodriguez, Beatriz Rosmery. **Fecha** : Marzo 2024

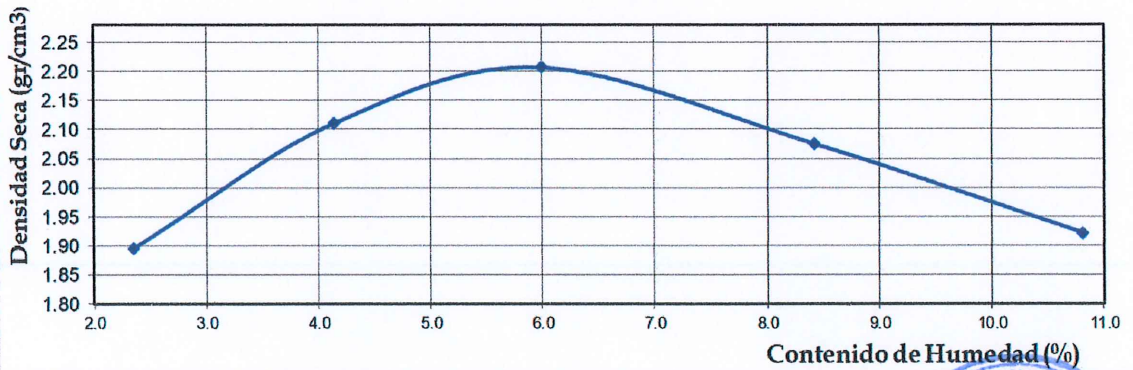
ENSAYO PROCTOR MODIFICADO MTC E 115

PUNTO No.		I	II	III	IV	V
MOLDE No.		1	1	1	1	1
1	Volumen del molde (cm ³)	2133.80	2133.80	2133.80	2133.80	2133.80
2	Peso del molde (gr)	6323.40	6323.40	6323.40	6323.40	6323.40
3	Peso del molde + muestra húmeda (gr)	10463.00	11014.00	11314.00	11124.00	10869.00
4	Peso de la muestra húmeda (gr)	4139.60	4690.60	4990.60	4800.60	4545.60
5	Densidad húmeda de la muestra (gr/cm ³)	1.94	2.20	2.34	2.25	2.13

CONTENIDO DE HUMEDAD Y DENSIDAD SECA

6	Peso de la tara (gr)	27.412	25.321	26.145	25.365	24.332
7	Peso de la tara + suelo húmedo (gr)	128.214	126.145	128.365	128.322	128.145
8	Peso de la tara + suelo seco (gr)	125.895	122.132	122.581	120.321	118.014
9	Peso del agua (gr)	2.319	4.013	5.784	8.001	10.131
10	Peso del suelo seco (gr)	98.483	96.811	96.436	94.956	93.682
11	Contenido de humedad (%)	2.35	4.15	6.00	8.43	10.81
12	Densidad seca de la muestra (gr/cm ³)	1.895	2.111	2.206	2.075	1.922

GRAFICO: DENSIDAD vs HUMEDAD



Máxima Densidad Seca:	2.206
Óptimo Contenido de Humedad:	6.00%





"COMPORTAMIENTO DE LA SUBRASANTE DE LA CARRETERA SAN BLAS AL ADICIONAR CAL Y CENIZA DE CORONTA DE MAÍZ, MACATE -2023"

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS



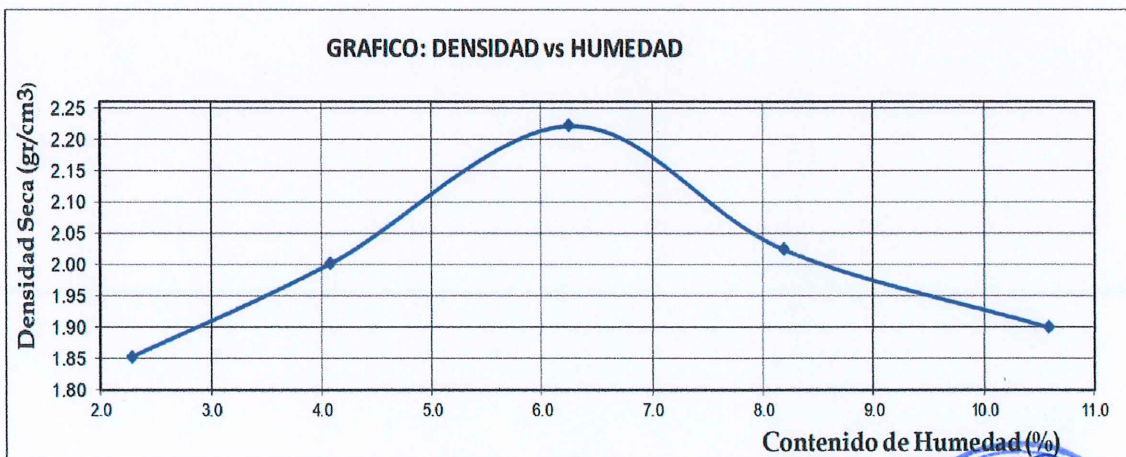
Proyecto : "Comportamiento de la Subrasante de la Carretera San Blas al Adicionar Cal y Ceniza de Coronta de Maiz, Macate - 2023"
Localizacion : San Blas, Distrito de Macate, Provincia Santa, Departamento Ancash
Muestra : Calicata N°04 **Dosificacion** : Suelo Natural + 5%(Cal + CCM)
Tesistas : Bach. Montoro Ramirez , Yocelin.
 Bach. Narvaez Rodriguez, Beatriz Rosmery. **Fecha** : Marzo 2024

ENSAYO PROCTOR MODIFICADO MTC E 115

PUNTO No.		I	II	III	IV	V
MOLDE No.		1	1	1	1	1
1	Volumen del molde (cm ³)	2133.80	2133.80	2133.80	2133.80	2133.80
2	Peso del molde (gr)	6323.40	6323.40	6323.40	6478.40	6323.40
3	Peso del molde + muestra húmeda (gr)	10368.00	10769.00	11361.00	11151.00	10806.00
4	Peso de la muestra húmeda (gr)	4044.60	4445.60	5037.60	4672.60	4482.60
5	Densidad húmeda de la muestra (gr/cm ³)	1.90	2.08	2.36	2.19	2.10

CONTENIDO DE HUMEDAD Y DENSIDAD SECA

6	Peso de la tara (gr)	26.145	26.314	26.478	26.369	26.187
7	Peso de la tara + suelo húmedo (gr)	128.658	128.142	128.365	129.145	129.330
8	Peso de la tara + suelo seco (gr)	126.365	124.152	122.365	121.362	119.457
9	Peso del agua (gr)	2.293	3.990	6.000	7.783	9.873
10	Peso del suelo seco (gr)	100.220	97.838	95.887	94.993	93.270
11	Contenido de humedad (%)	2.29	4.08	6.26	8.19	10.59
12	Densidad seca de la muestra (gr/cm ³)	1.853	2.002	2.222	2.024	1.900



Máxima Densidad Seca:	2.222
Optimo Contenido de Humedad:	6.26%





"COMPORTAMIENTO DE LA SUBRASANTE DE LA CARRETERA SAN BLAS AL ADICIONAR CAL Y CENIZA DE CORONTA DE MAÍZ, MACATE -2023"

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS



Proyecto : "Comportamiento de la Subrasante de la Carretera San Blas al Adicionar Cal y Ceniza de Coronta de Maiz, Macate - 2023"
Localizacion : San Blas, Distrito de Macate, Provincia Santa, Departamento Ancash
Muestra : Calicata N°01 **Dosificacion** : Suelo Natural + 8%(Cal + CCM)
Tesistas : Bach. Montoro Ramirez, Yocelin. **Fecha** : Marzo 2024
 Bach. Narvaez Rodriguez, Beatriz Rosmery.

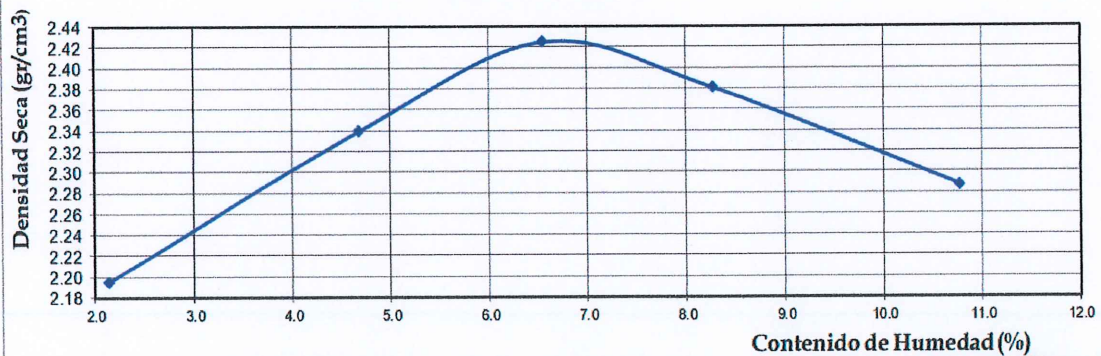
ENSAYO PROCTOR MODIFICADO MTC E 115

PUNTO No.		I	II	III	IV	V
MOLDE No.		1	1	1	1	1
1	Volumen del molde (cm ³)	2133.80	2133.80	2133.80	2133.80	2133.80
2	Peso del molde (gr)	6323.40	6323.40	6323.40	6323.40	6323.40
3	Peso del molde + muestra húmeda (gr)	11106.00	11549.00	11837.00	11824.00	11730.00
4	Peso de la muestra húmeda (gr)	4782.60	5225.60	5513.60	5500.60	5406.60
5	Densidad húmeda de la muestra (gr/cm ³)	2.24	2.45	2.58	2.58	2.53

CONTENIDO DE HUMEDAD Y DENSIDAD SECA

6	Peso de la tara (gr)	25.332	25.458	26.365	25.481	25.342
7	Peso de la tara + suelo húmedo (gr)	125.872	126.986	127.352	126.335	126.141
8	Peso de la tara + suelo seco (gr)	123.774	122.445	121.142	118.635	116.336
9	Peso del agua (gr)	2.098	4.541	6.210	7.700	9.805
10	Peso del suelo seco (gr)	98.442	96.987	94.777	93.154	90.994
11	Contenido de humedad (%)	2.13	4.68	6.55	8.27	10.78
12	Densidad seca de la muestra (gr/cm ³)	2.195	2.339	2.425	2.381	2.287

GRAFICO: DENSIDAD vs HUMEDAD



Máxima Densidad Seca :	2.425
Optimo Contenido de Humedad:	6.55%





"COMPORTAMIENTO DE LA SUBRASANTE DE LA CARRETERA SAN BLAS AL ADICIONAR CAL Y CENIZA DE CORONTA DE MAÍZ, MACATE -2023"

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS



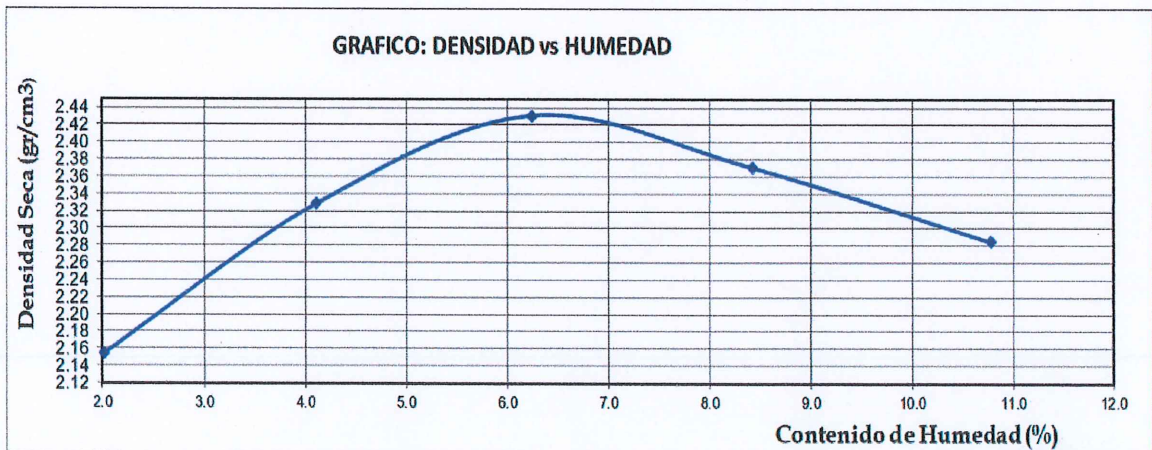
Proyecto : "Comportamiento de la Subrasante de la Carretera San Blas al Adicionar Cal y Ceniza de Coronta de Maiz, Macate - 2023"
Localizacion : San Blas, Distrito de Macate, Provincia Santa, Departamento Ancash
Muestra : Calicata N°02 **Dosificacion** : Suelo Natural + 8%(Cal + CCM)
Tesistas : Bach. Montoro Ramirez, Yocelin.
 Bach. Narvaez Rodriguez, Beatriz Rosmery. **Fecha** : Marzo 2024

ENSAYO PROCTOR MODIFICADO MTC E 115

PUNTO No.		I	II	III	IV	V
MOLDE No.		1	1	1	1	1
1	Volumen del molde (cm ³)	2133.80	2133.80	2133.80	2133.80	2133.80
2	Peso del molde (gr)	6323.40	6323.40	6323.40	6323.40	6323.40
3	Peso del molde + muestra húmeda (gr)	11014.00	11496.00	11834.00	11808.00	11724.00
4	Peso de la muestra húmeda (gr)	4690.60	5172.60	5510.60	5484.60	5400.60
5	Densidad húmeda de la muestra (gr/cm ³)	2.20	2.42	2.58	2.57	2.53

CONTENIDO DE HUMEDAD Y DENSIDAD SECA

6	Peso de la tara (gr)	26.658	26.884	25.765	26.336	27.421
7	Peso de la tara + suelo húmedo (gr)	128.345	127.420	126.558	127.542	128.245
8	Peso de la tara + suelo seco (gr)	126.336	123.452	120.632	119.685	118.430
9	Peso del agua (gr)	2.009	3.968	5.926	7.857	9.815
10	Peso del suelo seco (gr)	99.678	96.568	94.867	93.349	91.009
11	Contenido de humedad (%)	2.02	4.11	6.25	8.42	10.78
12	Densidad seca de la muestra (gr/cm ³)	2.155	2.328	2.431	2.371	2.285



Máxima Densidad Seca :	2.431
Optimo Contenido de Humedad:	6.25%





"COMPORTAMIENTO DE LA SUBRASANTE DE LA CARRETERA SAN BLAS AL ADICIONAR CAL Y CENIZA DE CORONTA DE MAÍZ, MACATE -2023"

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS



Proyecto : "Comportamiento de la Subrasante de la Carretera San Blas al Adicionar Cal y Ceniza de Coronta de Maiz, Macate - 2023"
Localizacion : San Blas, Distrito de Macate, Provincia Santa, Departamento Ancash
Muestra : Calicata N°03 **Dosificacion** : Suelo Natural + 8%(Cal + CCM)
Tesistas : Bach. Montoro Ramirez, Yocelin. **Fecha** : Marzo 2024
 Bach. Narvaez Rodriguez, Beatriz Rosmery.

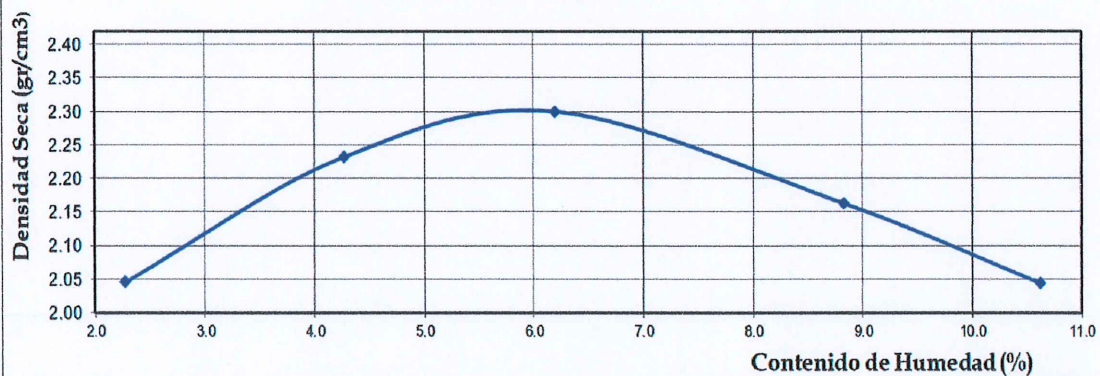
ENSAYO PROCTOR MODIFICADO MTC E 115

PUNTO No.		I	II	III	IV	V
MOLDE No.		1	1	1	1	1
1	Volumen del molde (cm ³)	2133.80	2133.80	2133.80	2133.80	2133.80
2	Peso del molde (gr)	6323.40	6323.40	6323.40	6323.40	6323.40
3	Peso del molde + muestra húmeda (gr)	10786.00	11289.00	11534.00	11345.00	11148.00
4	Peso de la muestra húmeda (gr)	4462.60	4965.60	5210.60	5021.60	4824.60
5	Densidad húmeda de la muestra (gr/cm ³)	2.09	2.33	2.44	2.35	2.26

CONTENIDO DE HUMEDAD Y DENSIDAD SECA

6	Peso de la tara (gr)	26.186	26.225	26.846	26.365	26.182
7	Peso de la tara + suelo húmedo (gr)	126.360	128.336	128.986	128.654	128.458
8	Peso de la tara + suelo seco (gr)	124.142	124.158	123.020	120.360	118.640
9	Peso del agua (gr)	2.218	4.178	5.966	8.294	9.818
10	Peso del suelo seco (gr)	97.956	97.933	96.174	93.995	92.458
11	Contenido de humedad (%)	2.26	4.27	6.20	8.82	10.62
12	Densidad seca de la muestra (gr/cm ³)	2.045	2.232	2.299	2.163	2.044

GRAFICO: DENSIDAD vs HUMEDAD



Máxima Densidad Seca :	2.291
Optimo Contenido de Humedad:	6.20%





"COMPORTAMIENTO DE LA SUBRASANTE DE LA CARRETERA SAN BLAS AL ADICIONAR CAL Y CENIZA DE CORONTA DE MAÍZ, MACATE -2023"

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA

FACULTAD DE INGENIERIA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS



Proyecto : "Comportamiento de la Subrasante de la Carretera San Blas al Adicionar Cal y Ceniza de Coronta de Maiz, Macate - 2023"
Localizacio : San Blas, Distrito de Macate, Provincia Santa, Departamento Ancash
Muestra : Calicata N°04 **Dosificacion** : Suelo Natural + 8%(Cal + CCM)
Tesistas : Bach. Montoro Ramirez , Yocelin. **Fecha** : Marzo 2024
 Bach. Narvaez Rodriguez, Beatriz Rosmery.

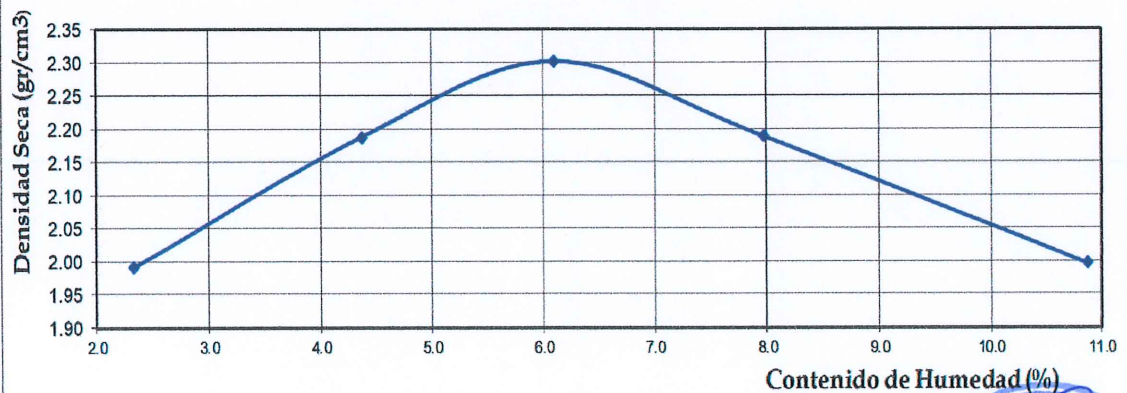
ENSAYO PROCTOR MODIFICADO MTC E 115

PUNTO No.		I	II	III	IV	V
MOLDE No.		1	1	1	1	1
1	Volumen del molde (cm ³)	2133.80	2133.80	2133.80	2133.80	2133.80
2	Peso del molde (gr)	6323.40	6323.40	6323.40	6323.40	6323.40
3	Peso del molde + muestra húmeda (gr)	10674.00	11196.00	11533.00	11366.00	11048.00
4	Peso de la muestra húmeda (gr)	4350.60	4872.60	5209.60	5042.60	4724.60
5	Densidad húmeda de la muestra (gr/cm ³)	2.04	2.28	2.44	2.36	2.21

CONTENIDO DE HUMEDAD Y DENSIDAD SECA

6	Peso de la tara (gr)	27.548	26.854	26.745	27.115	27.245
7	Peso de la tara + suelo húmedo (gr)	128.360	129.665	130.452	130.365	130.114
8	Peso de la tara + suelo seco (gr)	126.058	125.358	124.486	122.740	120.025
9	Peso del agua (gr)	2.302	4.307	5.966	7.625	10.089
10	Peso del suelo seco (gr)	98.510	98.504	97.741	95.625	92.780
11	Contenido de humedad (%)	2.34	4.37	6.10	7.97	10.87
12	Densidad seca de la muestra (gr/cm ³)	1.992	2.188	2.301	2.189	1.997

GRAFICO: DENSIDAD vs HUMEDAD



Máxima Densidad Seca :	2.301
Optimo Contenido de Humedad:	6.10%





ENSAYO
CALIFORNIA
BEARING RATIO -
C.B.R. (ASTM D-
1883)



"COMPORTAMIENTO DE LA SUBRASANTE DE LA CARRETERA SAN BLAS AL ADICIONAR CAL Y CENIZA DE CORONTA DE MAÍZ, MACATE -2023"

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS



Proyecto : "Comportamiento de la Subrasante de la Carretera San Blas al Adicionar Cal y Ceniza de Coronta de Maiz, Macate - 2023"
Localizacion : San Blas, Distrito de Macate, Provincia Santa, Departamento Ancash
Muestra : Calicata N°01 **Dosificacion** : Suelo Natural
Tesistas : Bach. Montoro Ramirez, Yocelin. **Fecha** : Marzo 2024
Bach. Narvaez Rodriguez, Beatriz Rosmery.

ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO - C.B.R. (ASTM D-1883)

a) Ensayo preliminar de Proctor modificado

Máxima Densidad Seca (gr/cm ³)	2.248
Optimo Contenido de Humedad (%)	7.60

b) Compactación de los moldes CBR

Molde N°		I	II	III
N° de capas		5	5	5
N° de golpes por capa		56	26	12
1	Peso del molde + suelo compactado [gr]	20125.00	19895.00	19310.00
2	Peso del molde [gr]	14952.00	15221.00	15071.00
3	Peso de suelo compactado [gr]	(1)-(2)	4674.00	4239.00
4	Volumen de molde [cm ³]	2113.95	2113.95	2113.95
5	Densidad húmeda [gr/cm ³]	(3)/(4)	2.21	2.01

CONTENIDO DE HUMEDAD Y DENSIDAD SECA

Tara N°		1	2	3
6	Peso de la tara, [gr]	25.323	26.410	25.775
7	Peso de la tara + suelo húmedo, [gr]	65.326	66.311	70.565
8	Peso de la tara + suelo seco, [gr]	62.515	63.521	67.423
9	Peso del agua, [gr]	(7)-(8)	2.790	3.142
10	Peso del suelo seco, [gr]	(8)-(6)	37.111	41.648
11	Contenido de humedad, [%]	(9)/(10)x100	7.518	7.544
12	Densidad seca de la muestra, [gr/cm ³]	5(1-(11)/100)	2.056	1.865

c) Prueba de penetración

Area del anillo = 3 pulg²

Presión (libras/pulg²) = L / 3

Penetración (pulg)	Presión patrón (lb/pulg ²)	Molde N° I		Molde N° II		Molde N° III	
		LECTURA	Presión	LECTURA	Presión	LECTURA	Presión
0.000		0.0	0	0.0	0	0.0	0
0.025		382.0	127	212.0	71	144.0	48
0.050		789.0	263	470.0	157	320.0	107
0.075		1148.0	383	730.0	243	510.0	170
0.100	1000	1550.0	517	915.0	305	642.0	214
0.150		2540.0	847	1510.0	503	1050.0	350
0.200	1500	3622.0	1207	2160.0	720	1525.0	508
0.250		4510.0	1503	2730.0	910	1850.0	617
0.300	1900	5366.0	1789	3285.0	1095	2310.0	770
0.400	2300	6970.0	2323	4210.0	1403	2905.0	968
0.500	2600	8760.0	2920	5250.0	1750	3620.0	1207

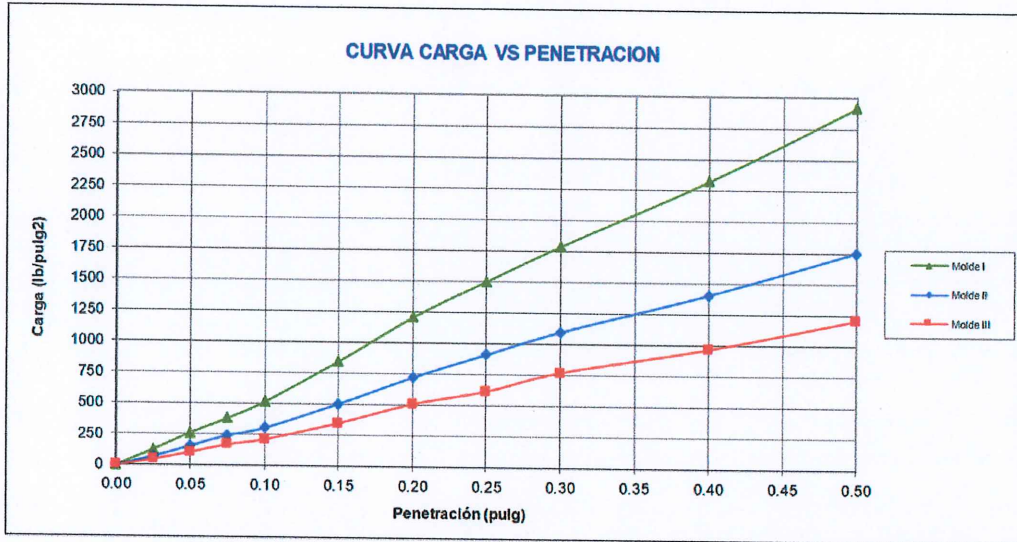


"COMPORTAMIENTO DE LA SUBRASANTE DE LA CARRETERA SAN BLAS AL ADICIONAR CAL Y CENIZA DE CORONTA DE MAÍZ, MACATE -2023"

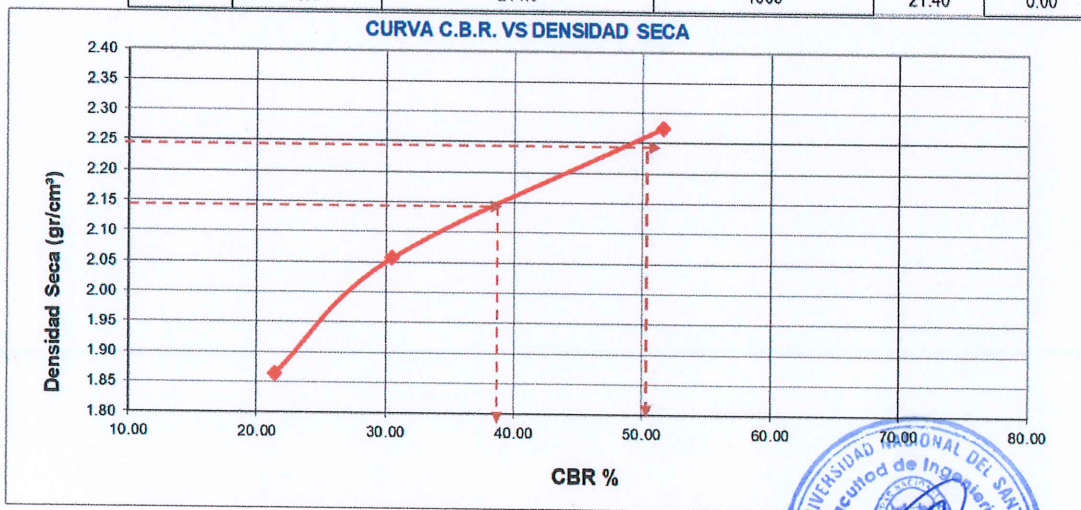
UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS



Proyecto : "Comportamiento de la Subrasante de la Carretera San Blas al Adicionar Cal y Ceniza de Coronta de Maiz, Macate - 2023"
Localizacion : San Blas, Distrito de Macate, Provincia Santa, Departamento Ancash
Muestra : Calicata N°01 **Dosificacion** : Suelo Natural
Tesistas : Bach. Montoro Ramirez, Yocelin. **Fecha** : Marzo 2024
 Bach. Narvaez Rodriguez, Beatriz Rosmery.



Molde	Penetración (pulg)	Presión aplicada (lb/pulg²)	Presión Patrón (lb/pulg²)	C.B.R. (%)	Expansión
I	0.1	516.7	1000	51.67	0.00
II	0.1	305.0	1000	30.50	0.00
III	0.1	214.0	1000	21.40	0.00



CBR 0,1" DE PENETRACIÓN A 100% MDS :	48.00%
CBR 0,1" DE PENETRACIÓN A 95% MDS :	38.00%





"COMPORTAMIENTO DE LA SUBRASANTE DE LA CARRETERA SAN BLAS AL ADICIONAR CAL Y CENIZA DE CORONTA DE MAÍZ, MACATE -2023"

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS



Proyecto : "Comportamiento de la Subrasante de la Carretera San Blas al Adicionar Cal y Ceniza de Coronta de Maiz, Macate - 2023"
Localizacion : San Blas, Distrito de Macate, Provincia Santa, Departamento Ancash
Muestra : Calicata N°02 **Dosificacion** : Suelo Natural
Tesistas : Bach. Montoro Ramirez, Yocelin. **Fecha** : Marzo 2024
Bach. Narvaez Rodriguez, Beatriz Rosmery.

ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO - C.B.R. (ASTM D-1883)

a) Ensayo preliminar de Proctor modificado

Máxima Densidad Seca (gr/cm ³)	2.255
Óptimo Contenido de Humedad (%)	7.50



b) Compactación de los moldes CBR

Molde N°		I	II	III
N° de capas		5	5	5
N° de golpes por capa		56	26	12
1	Peso del molde + suelo compactado [gr]	20285.00	19965.00	19440.00
2	Peso del molde [gr]	14952.00	15221.00	15071.00
3	Peso de suelo compactado [gr]	(1)-(2) 5333.00	4744.00	4369.00
4	Volumen de molde [cm ³]	2113.95	2113.95	2113.95
5	Densidad húmeda [gr/cm ³]	(3)/(4) 2.52	2.24	2.07

CONTENIDO DE HUMEDAD Y DENSIDAD SECA

Tara N°		1	2	3
6	Peso de la tara, [gr]	25.362	25.485	26.445
7	Peso de la tara + suelo húmedo, [gr]	120.652	105.956	125.421
8	Peso de la tara + suelo seco, [gr]	114.022	100.359	118.454
9	Peso del agua, [gr]	(7)-(8) 6.630	5.597	6.967
10	Peso del suelo seco, [gr]	(8)-(6) 88.660	74.874	92.009
11	Contenido de humedad, [%]	(9)/(10)x100 7.478	7.475	7.572
12	Densidad seca de la muestra, [gr/cm ³]	5/(1+(11)/100) 2.347	2.088	1.921

c) Prueba de penetración

Area del anillo = 3 pulg²

Presión (libras/pulg²) = L /3

Penetración (pulg)	Presión patrón (lb/pulg ²)	Molde N° I		Molde N° II		Molde N° III	
		LECTURA	Presión	LECTURA	Presión	LECTURA	Presión
0.000		0.0	0	0.0	0	0.0	0
0.025		429.0	143	238.0	79	152.0	51
0.050		886.0	295	532.0	177	339.0	113
0.075		1288.0	429	819.0	273	540.0	180
0.100	1000	1741.0	580	1027.0	342	680.0	227
0.150		2850.0	950	1696.0	565	1113.0	371
0.200	1500	4069.0	1356	2427.0	809	1616.0	539
0.250		5066.0	1689	3068.0	1023	1961.0	654
0.300	1900	6028.0	2009	3695.0	1232	2448.0	816
0.400	2300	7831.0	2610	4736.0	1579	3080.0	1027
0.500	2600	9842.0	3281	5930.0	1977	3840.0	1280

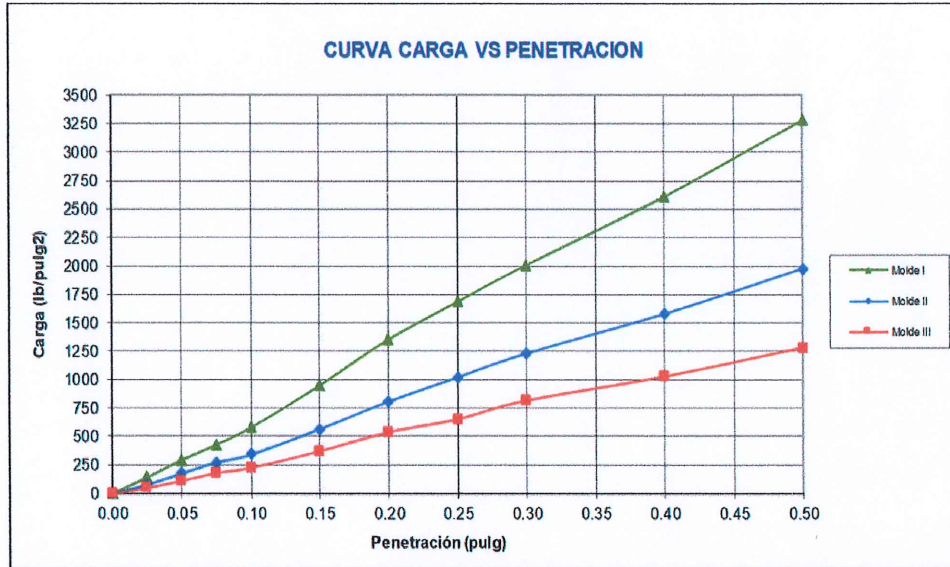


"COMPORTAMIENTO DE LA SUBRASANTE DE LA CARRETERA SAN BLAS AL ADICIONAR CAL Y CENIZA DE CORONTA DE MAÍZ, MACATE -2023"

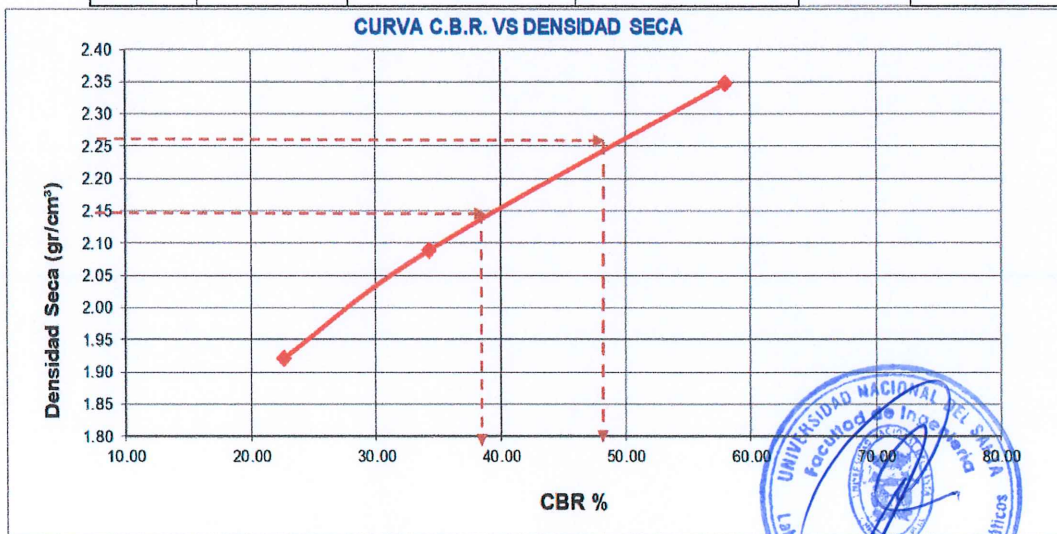
UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS



Proyecto : "Comportamiento de la Subrasante de la Carretera San Blas al Adicionar Cal y Ceniza de Coronta de Maiz, Macate - 2023"
Localizacion : San Blas, Distrito de Macate, Provincia Santa, Departamento Ancash
Muestra : Calicata N°02 **Dosificacion** : Suelo Natural
Tesistas : Bach. Montoro Ramirez, Yocelin. **Fecha** : Marzo 2024
 Bach. Narvaez Rodriguez, Beatriz Rosmery.



Molde	Penetración (pulg)	Presión aplicada (lb/pulg²)	Presión Patrón (lb/pulg²)	C.B.R. (%)	Expansión
I	0.1	580.3	1000	58.03	0.00
II	0.1	342.3	1000	34.23	0.00
III	0.1	226.7	1000	22.67	0.00



CBR 0,1" DE PENETRACIÓN A 100% MDS :	49.50%
CBR 0,1" DE PENETRACIÓN A 95% MDS :	40.00%





“COMPORTAMIENTO DE LA SUBRASANTE DE LA CARRETERA SAN BLAS AL ADICIONAR CAL Y CENIZA DE CORONTA DE MAÍZ, MACATE -2023”

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS



Proyecto : "Comportamiento de la Subrasante de la Carretera San Blas al Adicionar Cal y Ceniza de Coronta de Maiz, Macate - 2023"
Localizacion : San Blas, Distrito de Macate, Provincia Santa, Departamento Ancash
Muestra : Calicata N°03 **Dosificacion** : Suelo Natural
Tesistas : Bach. Montoro Ramirez, Yocelin. **Fecha** : Marzo 2024
Bach. Narvaez Rodriguez, Beatriz Rosmery.

ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO - C.B.R. (ASTM D-1883)

a) Ensayo preliminar de Proctor modificado

Máxima Densidad Seca (gr/cm ³)	1.720
Óptimo Contenido de Humedad (%)	14.00



b) Compactación de los moldes CBR

Molde N°		I	II	III
N° de capas		5	5	5
N° de golpes por capa		56	26	12
1	Peso del molde + suelo compactado [gr]	19750.00	19420.00	18450.00
2	Peso del molde [gr]	14952.00	15221.00	15071.00
3	Peso de suelo compactado [gr]	(1)-(2)	4199.00	3379.00
4	Volumen de molde [cm ³]	2113.95	2113.95	2113.95
5	Densidad húmeda [gr/cm ³]	(3)/(4)	1.99	1.60

CONTENIDO DE HUMEDAD Y DENSIDAD SECA

Tara N°		1	2	3
6	Peso de la tara, [gr]	24.650	24.656	25.445
7	Peso de la tara + suelo húmedo, [gr]	105.325	108.365	110.545
8	Peso de la tara + suelo seco, [gr]	95.440	98.102	100.101
9	Peso del agua, [gr]	(7)-(8)	10.263	10.444
10	Peso del suelo seco, [gr]	(8)-(6)	73.446	74.656
11	Contenido de humedad, [%]	(9)/(10)x100	13.974	13.989
12	Densidad seca de la muestra, [gr/cm ³]	5/(1+(11)/100)	1.743	1.402

c) Prueba de penetración

Area del anillo = 3 pulg²

Presión (libras/pulg²) = L /3

Penetración (pulg)	Presión patrón (lb/pulg ²)	Molde N° I		Molde N° II		Molde N° III	
		LECTURA	Presión	LECTURA	Presión	LECTURA	Presión
0.000		0.0	0	0.0	0	0.0	0
0.025		57.0	19	36.0	12	15.0	5
0.050		123.0	41	80.0	27	34.0	11
0.075		179.0	60	123.0	41	54.0	18
0.100	1000	243.0	81	153.0	51	68.0	23
0.150		399.0	133	255.0	85	110.0	37
0.200	1500	568.0	189	363.0	121	160.0	53
0.250		708.0	236	459.0	153	197.0	66
0.300	1900	842.0	281	555.0	185	245.0	82
0.400	2300	1096.0	365	711.0	237	308.0	103
0.500	2600	1377.0	459	889.0	296	385.0	128

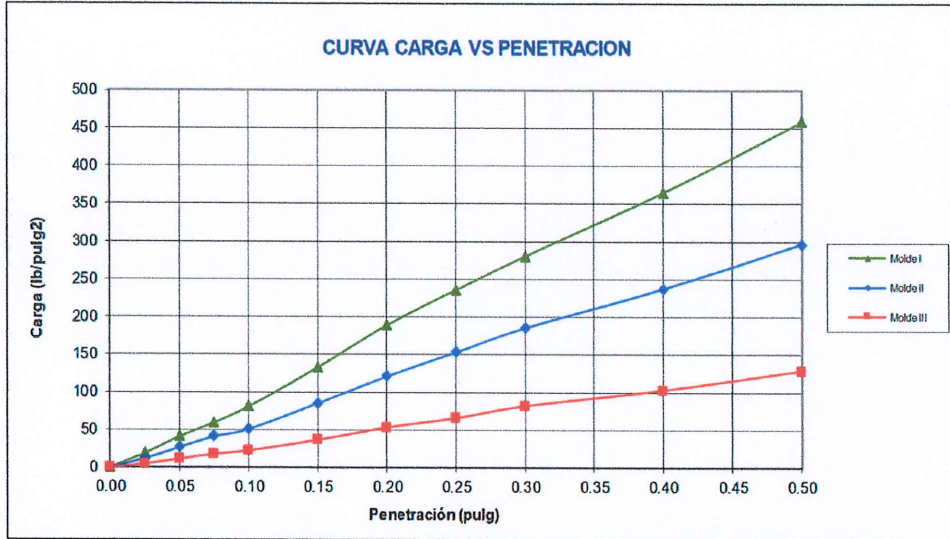


"COMPORTAMIENTO DE LA SUBRASANTE DE LA CARRETERA SAN BLAS AL ADICIONAR CAL Y CENIZA DE CORONTA DE MAÍZ, MACATE -2023"

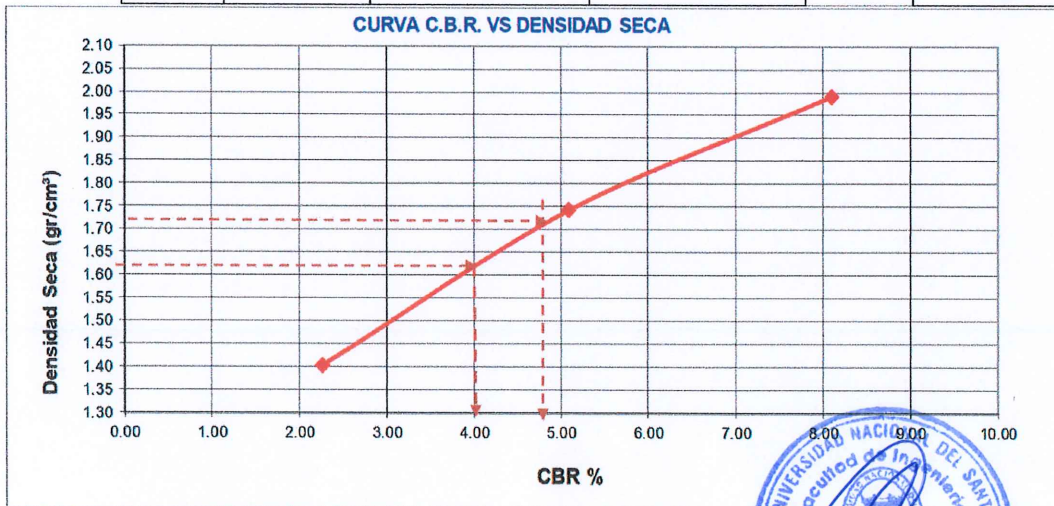
UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS



Proyecto : "Comportamiento de la Subrasante de la Carretera San Blas al Adicionar Cal y Ceniza de Coronta de Maiz, Macate - 2023"
Localizacion : San Blas, Distrito de Macate, Provincia Santa, Departamento Ancash
Muestra : Calicata N°03 **Dosificacion** : Suelo Natural
Tesistas : Bach. Montoro Ramirez , Yocelin. **Fecha** : Marzo 2024
 Bach. Narvaez Rodriguez, Beatriz Rosmery.



Molde	Penetración (pulg)	Presión aplicada (lb/pulg²)	Presión Patrón (lb/pulg²)	C.B.R. (%)	Expansión
I	0.1	81.0	1000	8.10	0.00
II	0.1	51.0	1000	5.10	0.00
III	0.1	22.7	1000	2.27	0.00



CBR 0,1" DE PENETRACIÓN A 100% MDS :	4.80%
CBR 0,1" DE PENETRACIÓN A 95% MDS :	4.00%





“COMPORTAMIENTO DE LA SUBRASANTE DE LA CARRETERA SAN BLAS AL ADICIONAR CAL Y CENIZA DE CORONTA DE MAÍZ, MACATE -2023”

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS



Proyecto : "Comportamiento de la Subrasante de la Carretera San Blas al Adicionar Cal y Ceniza de Coronta de Maiz, Macate - 2023"
Localizacion : San Blas, Distrito de Macate, Provincia Santa, Departamento Ancash
Muestra : Calicata N°04 **Dosificacion** : Suelo Natural
Tesistas : Bach. Montoro Ramirez, Yocelin.
Bach. Narvaez Rodriguez, Beatriz Rosmery. **Fecha** : Marzo 2024

ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO - C.B.R. (ASTM D-1883)

a) Ensayo preliminar de Proctor modificado

Máxima Densidad Seca (gr/cm ³)	1.950
Óptimo Contenido de Humedad (%)	12.00



b) Compactación de los moldes CBR

Molde N°		I	II	III	
N° de capas		5	5	5	
N° de golpes por capa		56	26	12	
1	Peso del molde + suelo compactado [gr]	20150.00	19950.00	18760.00	
2	Peso del molde [gr]	14952.00	15221.00	15071.00	
3	Peso de suelo compactado [gr]	(1)-(2)	5198.00	4729.00	3689.00
4	Volumen de molde [cm ³]		2113.95	2113.95	2113.95
5	Densidad húmeda [gr/cm ³]	(3)/(4)	2.46	2.24	1.75

CONTENIDO DE HUMEDAD Y DENSIDAD SECA

Tara N°		1	2	3	
6	Peso de la tara, [gr]	24.650	24.656	25.445	
7	Peso de la tara + suelo húmedo, [gr]	108.542	102.365	106.012	
8	Peso de la tara + suelo seco, [gr]	99.532	93.977	108.356	
9	Peso del agua, [gr]	(7)-(8)	9.010	8.388	-2.344
10	Peso del suelo seco, [gr]	(8)-(6)	74.882	69.321	82.911
11	Contenido de humedad, [%]	(9)/(10)x100	12.032	12.100	-2.827
12	Densidad seca de la muestra, [gr/cm ³]	5/(1+(11)/100)	2.195	1.996	1.796

c) Prueba de penetración

Area del anillo = 3 pulg²

Presión (libras/pulg²) = L /3

Penetración (pulg)	Presión patrón (lb/pulg ²)	Molde N° I		Molde N° II		Molde N° III	
		LECTURA	Presión	LECTURA	Presión	LECTURA	Presión
0.000		0.0	0	0.0	0	0.0	0
0.025		227.0	76	110.0	37	55.0	18
0.050		450.0	150	290.0	97	145.0	48
0.075		715.0	238	460.0	153	230.0	77
0.100	1000	995.0	332	652.0	217	325.0	108
0.150		1495.0	498	1012.0	337	505.0	168
0.200	1500	2045.0	682	1389.0	463	689.0	230
0.250		2510.0	837	1752.0	584	875.0	292
0.300	1900	3025.0	1008	2100.0	700	1054.0	351
0.400	2300	3910.0	1303	2689.0	896	1349.0	450
0.500	2600	4605.0	1535	3190.0	1063	1655.0	552

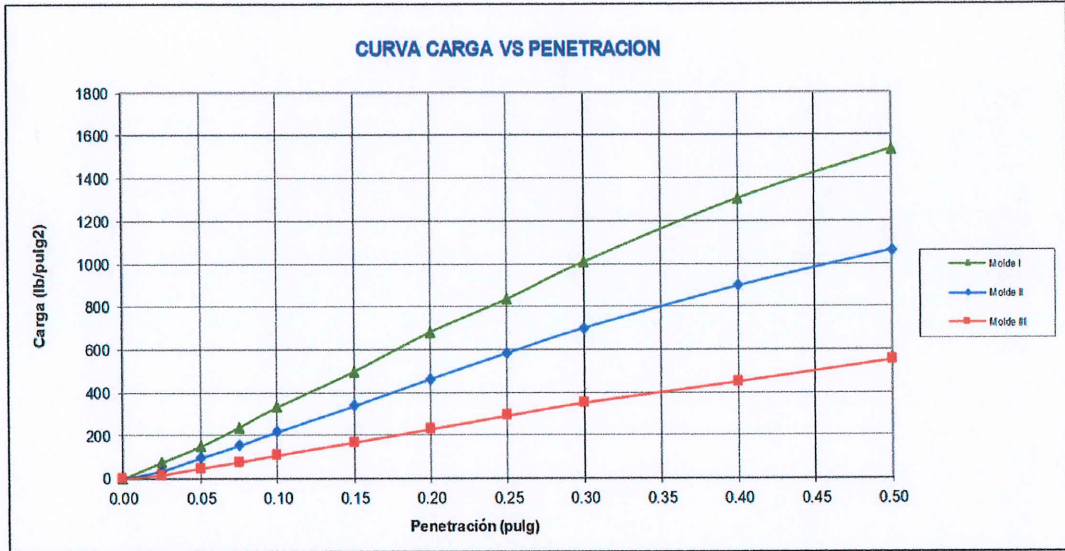


“COMPORTAMIENTO DE LA SUBRASANTE DE LA CARRETERA SAN BLAS AL ADICIONAR CAL Y CENIZA DE CORONTA DE MAÍZ, MACATE -2023”

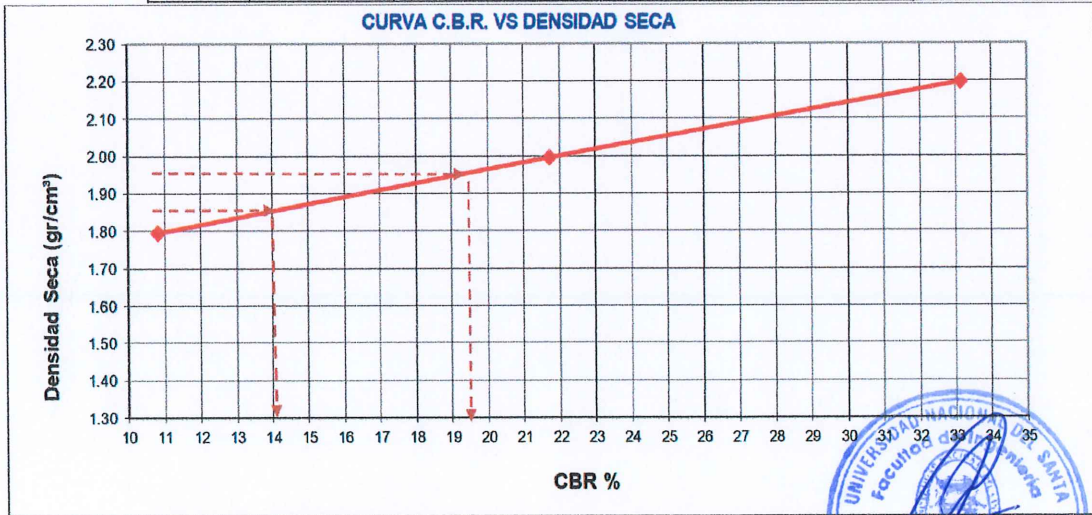
UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS



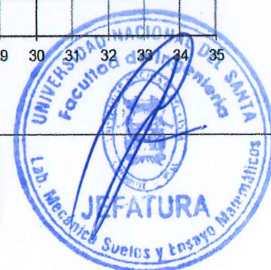
Proyecto : "Comportamiento de la Subrasante de la Carretera San Blas al Adicionar Cal y Ceniza de Coronta de Maiz, Macate - 2023"
Localizacion : San Blas, Distrito de Macate, Provincia Santa, Departamento Ancash
Muestra : Calicata N°04 **Dosificacion** : Suelo Natural
Tesistas : Bach. Montoro Ramirez, Yocelin **Fecha** : Marzo 2024
 Bach. Narvaez Rodriguez, Beatriz Rosmery.



Molde	Penetración (pulg)	Presión aplicada (lb/pulg²)	Presión Patrón (lb/pulg²)	C.B.R. (%)	Expansión
I	0.1	331.7	1000	33.17	0.00
II	0.1	217.3	1000	21.73	0.00
III	0.1	108.3	1000	10.83	0.00



CBR 0,1" DE PENETRACIÓN A 100% MDS :	18.70%
CBR 0,1" DE PENETRACIÓN A 95% MDS :	13.50%





"COMPORTAMIENTO DE LA SUBRASANTE DE LA CARRETERA SAN BLAS AL ADICIONAR CAL Y CENIZA DE CORONTA DE MAÍZ, MACATE -2023"

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS



Proyecto : "Comportamiento de la Subrasante de la Carretera San Blas al Adicionar Cal y Ceniza de Coronta de Maiz, Macate - 2023"
Localizacion : San Blas, Distrito de Macate, Provincia Santa, Departamento Ancash
Muestra : Calicata N°01 **Dosificacion** : Suelo Natural + 3%(Cal + CCM)
Tesistas : Bach. Montoro Ramirez, Yocelin. **Fecha** : Marzo 2024
 Bach. Narvaez Rodriguez, Beatriz Rosmery.

ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO - C.B.R. (ASTM D-1883)

a) Ensayo preliminar de Proctor modificado

Máxima Densidad Seca (gr/cm ³)	2.306
Óptimo Contenido de Humedad (%)	7.00



b) Compactación de los moldes CBR

Molde N°		I	II	III
N° de capas		5	5	5
N° de golpes por capa		56	26	12
1	Peso del molde + suelo compactado [gr]	20202.00	19965.00	19241.00
2	Peso del molde [gr]	14952.00	15221.00	15071.00
3	Peso de suelo compactado [gr]	(1)-(2)	4744.00	4170.00
4	Volumen de molde [cm ³]	2113.95	2113.95	2113.95
5	Densidad húmeda [gr/cm ³]	(3)/(4)	2.24	1.97

CONTENIDO DE HUMEDAD Y DENSIDAD SECA

Tara N°		1	2	3
6	Peso de la tara, [gr]	25.323	26.410	26.410
7	Peso de la tara + suelo húmedo, [gr]	125.302	118.305	110.225
8	Peso de la tara + suelo seco, [gr]	118.752	112.290	104.722
9	Peso del agua, [gr]	(7)-(8)	6.015	5.503
10	Peso del suelo seco, [gr]	(8)-(6)	93.429	85.880
11	Contenido de humedad, [%]	(9)/(10)x100	7.011	7.004
12	Densidad seca de la muestra, [gr/cm ³]	5/(1+(11)/100)	2.321	2.097

c) Prueba de penetración

Area del anillo = 3 pulg²

Presión (libras/pulg²) = (L x 7.36 + 30.18)/3

Penetración (pulg)	Presión patrón (lb/pulg ²)	Molde N° I		Molde N° II		Molde N° III	
		LECTURA	Presión	LECTURA	Presión	LECTURA	Presión
0.000		0.0	0	0.0	0	0.0	0
0.025		382.0	127	212.0	71	144.0	48
0.050		789.0	263	470.0	157	320.0	107
0.075		1148.0	383	730.0	243	510.0	170
0.100	1000	1550.0	517	915.0	305	642.0	214
0.150		2540.0	847	1510.0	503	1050.0	350
0.200	1500	3622.0	1207	2160.0	720	1525.0	508
0.250		4510.0	1503	2730.0	910	1850.0	617
0.300	1900	5366.0	1789	3285.0	1095	2310.0	770
0.400	2300	6970.0	2323	4210.0	1403	2905.0	968
0.500	2600	8760.0	2920	5250.0	1750	3620.0	1207

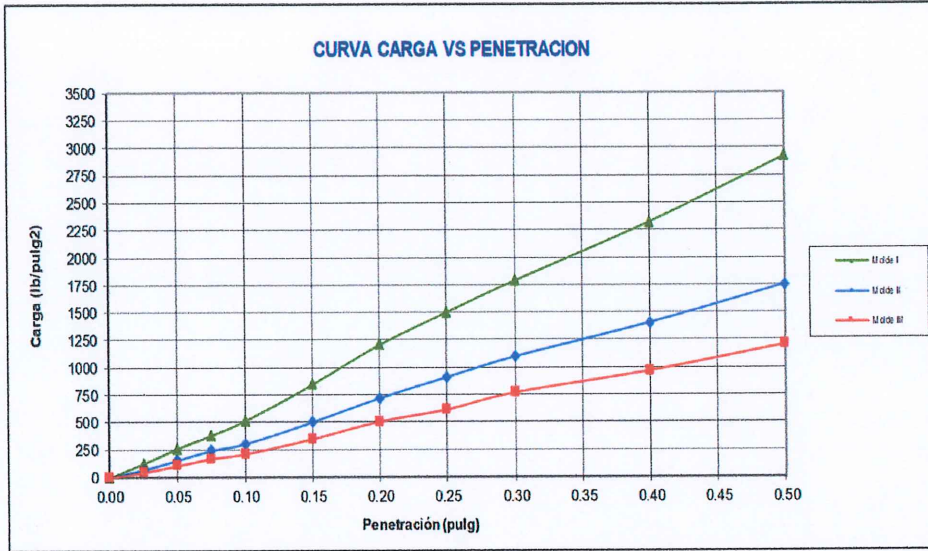


"COMPORTAMIENTO DE LA SUBRASANTE DE LA CARRETERA SAN BLAS AL ADICIONAR CAL Y CENIZA DE CORONTA DE MAÍZ, MACATE -2023"

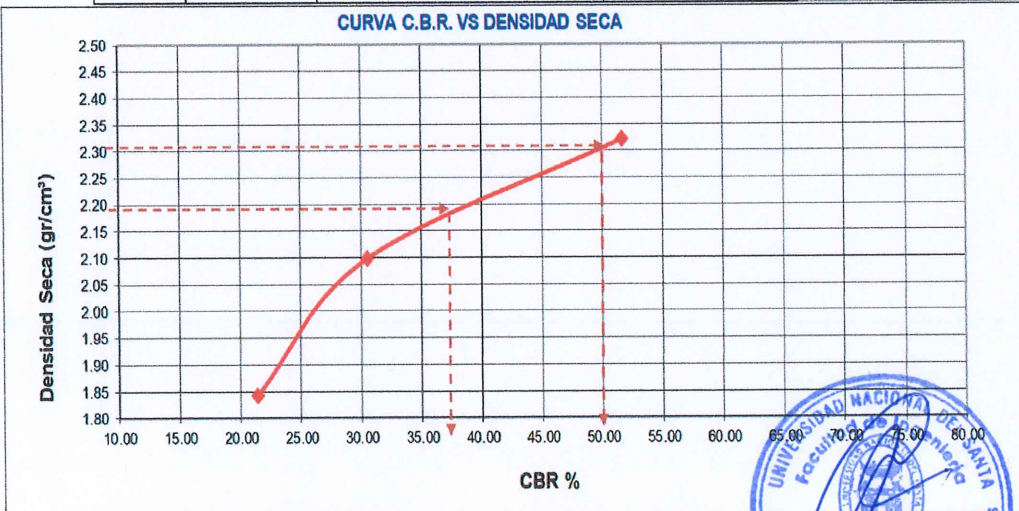
UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS



Proyecto : "Comportamiento de la Subrasante de la Carretera San Blas al Adicionar Cal y Ceniza de Coronta de Maiz, Macate - 2023"
Localizacion : San Blas, Distrito de Macate, Provincia Santa, Departamento Ancash
Muestra : Calicata N°01 **Dosificacion** : Suelo Natural + 3%(Cal + CCM)
Tesistas : Bach. Montoro Ramirez, Yocelin **Fecha** : Marzo 2024
 Bach. Narvaez Rodriguez, Beatriz Rosmery



Molde	Penetración (pulg)	Presión aplicada (lb/pulg²)	Presión Patrón (lb/pulg²)	C.B.R. (%)	Expansión
I	0.1	516.7	1000	51.67	0.00
II	0.1	305.0	1000	30.50	0.00
III	0.1	214.0	1000	21.40	0.00



CBR 0,1" DE PENETRACIÓN A 100% MDS :	50.00%
CBR 0,1" DE PENETRACIÓN A 95% MDS :	38.50%





"COMPORTAMIENTO DE LA SUBRASANTE DE LA CARRETERA SAN BLAS AL ADICIONAR CAL Y CENIZA DE CORONTA DE MAÍZ, MACATE -2023"

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS



Proyecto : "Comportamiento de la Subrasante de la Carretera San Blas al Adicionar Cal y Ceniza de Coronta de Maiz, Macate - 2023"
Localizacion : San Blas, Distrito de Macate, Provincia Santa, Departamento Ancash
Muestra : Calicata N°02 **Dosificacion** : Suelo Natural + 3%(Cal + CCM)
Tesistas : Bach. Montoro Ramirez, Yocelin. **Fecha** : Marzo 2024
 Bach. Narvaez Rodriguez, Beatriz

ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO - C.B.R. (ASTM D-1883)

a) Ensayo preliminar de Proctor modificado

Máxima Densidad Seca (gr/cm ³)	2.343
Óptimo Contenido de Humedad (%)	6.97



b) Compactación de los moldes CBR

Molde N°		I	II	III
N° de capas		5	5	5
N° de golpes por capa		56	26	12
1	Peso del molde + suelo compactado [gr]	20350.00	19995.00	19410.00
2	Peso del molde [gr]	14952.00	15221.00	15071.00
3	Peso de suelo compactado [gr]	(1)-(2) 5398.00	4774.00	4339.00
4	Volumen de molde [cm ³]	2113.95	2113.95	2113.95
5	Densidad húmeda [gr/cm ³]	(3)/(4) 2.55	2.26	2.05

CONTENIDO DE HUMEDAD Y DENSIDAD SECA

Tara N°		1	2	3
6	Peso de la tara, [gr]	25.323	26.410	26.410
7	Peso de la tara + suelo húmedo, [gr]	109.545	110.565	103.556
8	Peso de la tara + suelo seco, [gr]	104.085	105.085	98.445
9	Peso del agua, [gr]	(7)-(8) 5.460	5.480	5.111
10	Peso del suelo seco, [gr]	(8)-(6) 78.762	78.675	72.035
11	Contenido de humedad, [%]	(9)/(10)x100 6.932	6.965	7.095
12	Densidad seca de la muestra, [gr/cm ³]	5/(1+(11)/100) 2.388	2.111	1.917

c) Prueba de penetración

Area del anillo = 3 pulg²

Presión (libras/pulg²) = (L x 7.36+30.18)/3

Penetración (pulg)	Presión patrón (lb/pulg ²)	Molde N° I		Molde N° II		Molde N° III	
		LECTURA	Presión	LECTURA	Presión	LECTURA	Presión
0.000		0.0	0	0.0	0	0.0	0
0.025		415.0	138	230.0	77	156.0	52
0.050		855.0	285	510.0	170	345.0	115
0.075		1245.0	415	790.0	263	550.0	183
0.100	1000	1680.0	560	990.0	330	700.0	233
0.150		2755.0	918	1640.0	547	1140.0	380
0.200	1500	3930.0	1310	2340.0	780	1650.0	550
0.250		4795.0	1598	2960.0	987	2010.0	670
0.300	1900	5822.0	1941	3560.0	1187	2510.0	837
0.400	2300	7565.0	2522	4570.0	1523	3150.0	1050
0.500	2600	9504.0	3168	5695.0	1898	3930.0	1310

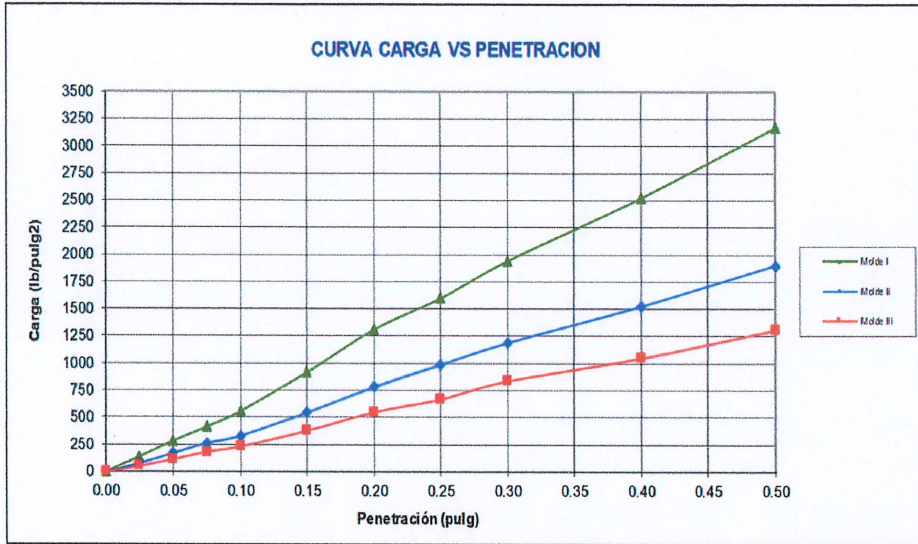


"COMPORTAMIENTO DE LA SUBRASANTE DE LA CARRETERA SAN BLAS AL ADICIONAR CAL Y CENIZA DE CORONTA DE MAÍZ, MACATE -2023"

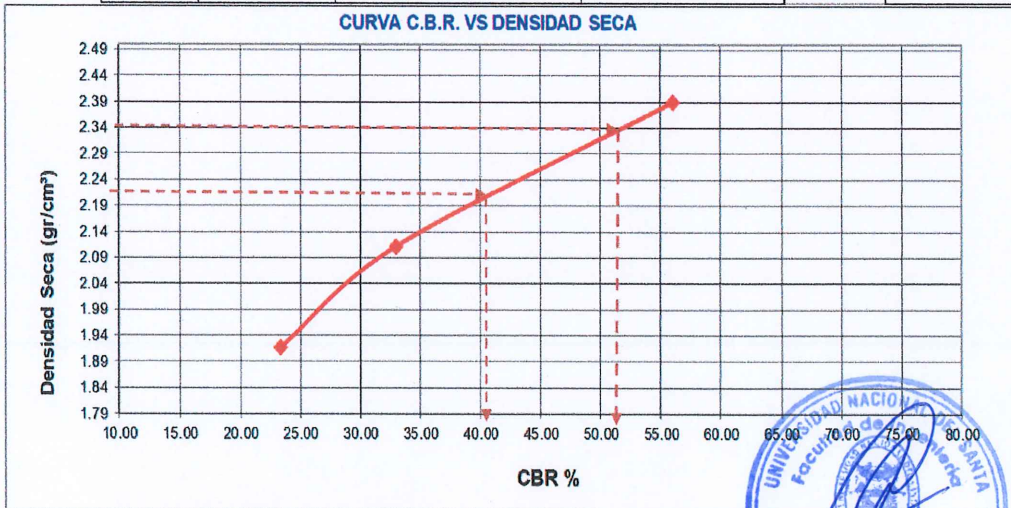
UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS



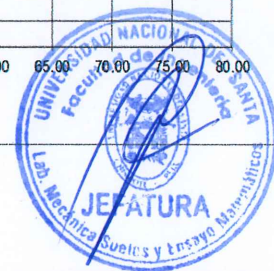
Proyecto : "Comportamiento de la Subrasante de la Carretera San Blas al Adicionar Cal y Ceniza de Coronta de Maíz, Macate - 2023"
Localización : San Blas, Distrito de Macate, Provincia Santa, Departamento Ancash
Muestra : Calicata N°02 **Dosificación** : Suelo Natural + 3%(Cal + CCM)
Tesistas : Bach. Montoro Ramirez , Yocelin. **Fecha** : Marzo 2024
 Bach. Narvaez Rodriguez, Beatriz Rosmery.



Molde	Penetración (pulg)	Presión aplicada (lb/pulg²)	Presión Patrón (lb/pulg²)	C.B.R. (%)	Expansión
I	0.1	560.0	1000	56.00	0.00
II	0.1	330.0	1000	33.00	0.00
III	0.1	233.3	1000	23.33	0.00



CBR 0,1" DE PENETRACIÓN A 100% MDS :	52.00%
CBR 0,1" DE PENETRACIÓN A 95% MDS :	41.50%





“COMPORTAMIENTO DE LA SUBRASANTE DE LA CARRETERA SAN BLAS AL ADICIONAR CAL Y CENIZA DE CORONTA DE MAÍZ, MACATE -2023”

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS



Proyecto : "Comportamiento de la Subrasante de la Carretera San Blas al Adicionar Cal y Ceniza de Coronta de Maiz, Macate - 2023"
Localizacion : San Blas, Distrito de Macate, Provincia Santa, Departamento Ancash
Muestra : Calicata N°03 **Dosificacion** : Suelo Natural + 3%(Cal + CCM)
Tesistas : Bach. Montoro Ramirez, Yocelin. **Fecha** : Marzo 2024
Bach. Narvaez Rodriguez, Beatriz Rosmery.

ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO - C.B.R. (ASTM D-1883)

a) Ensayo preliminar de Proctor modificado

Máxima Densidad Seca (gr/cm3)	2.185
Óptimo Contenido de Humedad (%)	6.21



b) Compactación de los moldes CBR

Molde N°		I	II	III
N° de capas		5	5	5
N° de golpes por capa		56	26	12
1	Peso del molde + suelo compactado [gr]	19975.00	19865.00	19368.00
2	Peso del molde [gr]	14952.00	15221.00	15071.00
3	Peso de suelo compactado [gr]	(1)-(2)	4644.00	4297.00
4	Volumen de molde [cm3]	2113.95	2113.95	2113.95
5	Densidad húmeda [gr/cm3]	(3)/(4)	2.20	2.03

CONTENIDO DE HUMEDAD Y DENSIDAD SECA

Tara N°		1	2	3
6	Peso de la tara, [gr]	25.323	26.410	26.410
7	Peso de la tara + suelo húmedo, [gr]	105.230	121.452	112.454
8	Peso de la tara + suelo seco, [gr]	100.565	115.965	107.422
9	Peso del agua, [gr]	(7)-(8)	5.487	5.032
10	Peso del suelo seco, [gr]	(8)-(6)	89.555	81.012
11	Contenido de humedad, [%]	(9)/(10)x100	6.127	6.211
12	Densidad seca de la muestra, [gr/cm3]	5/(1-(11)/100)	2.070	1.914

c) Prueba de penetración

Area del anillo = 3 pulg²

Presión (libras/pulg²) = (L x 7.36+30.18)/3

Penetración (pulg)	Presión patrón (lb/pulg ²)	Molde N° I		Molde N° II		Molde N° III	
		LECTURA	Presión	LECTURA	Presión	LECTURA	Presión
0.000		0.0	0	0.0	0	0.0	0
0.025		145.0	48	80.0	27	40.0	13
0.050		310.0	103	195.0	65	85.0	28
0.075		450.0	150	290.0	97	135.0	45
0.100	1000	610.0	203	380.0	127	170.0	57
0.150		1005.0	335	640.0	213	275.0	92
0.200	1500	1420.0	473	910.0	303	405.0	135
0.250		1770.0	590	1150.0	383	490.0	163
0.300	1900	2105.0	702	1390.0	463	615.0	205
0.400	2300	2740.0	913	1780.0	593	770.0	257
0.500	2600	3440.0	1147	2220.0	740	965.0	322

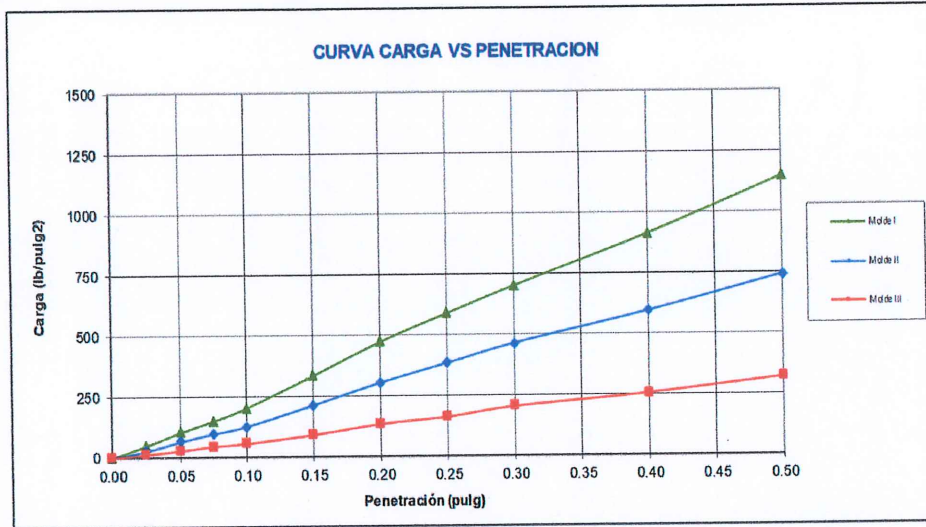


“COMPORTAMIENTO DE LA SUBRASANTE DE LA CARRETERA SAN BLAS AL ADICIONAR CAL Y CENIZA DE CORONTA DE MAÍZ, MACATE -2023”

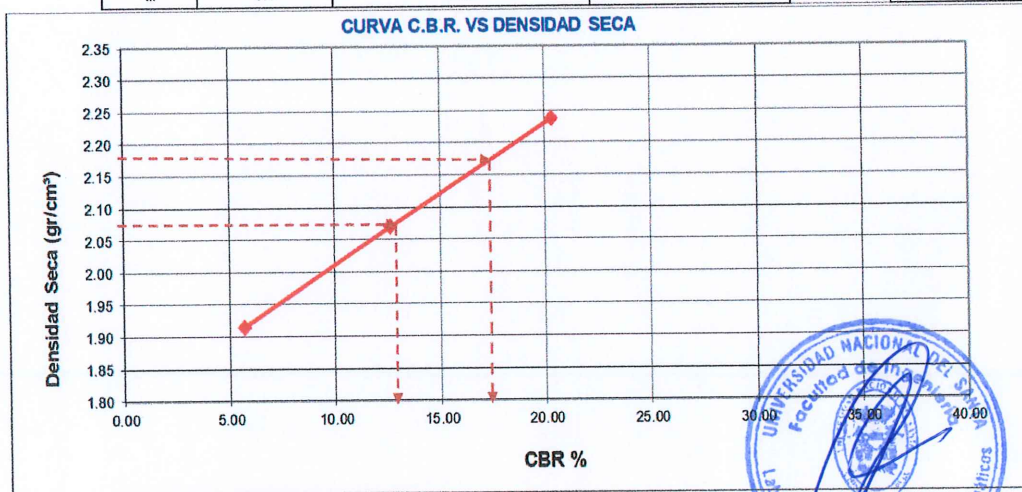
UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS



Proyecto : "Comportamiento de la Subrasante de la Carretera San Blas al Adicionar Cal y Ceniza de Coronta de Maiz, Macate - 2023"
Localizacion : San Blas, Distrito de Macate, Provincia Santa, Departamento Ancash
Muestra : Calicata N°03 **Dosificacion** : Suelo Natural + 3%(Cal + CCM)
Tesistas : Bach. Montoro Ramirez, Yoelin. **Fecha** : Marzo 2024
 Bach. Narvaez Rodriguez, Beatriz Rosmery.



Molde	Penetración (pulg)	Presión aplicada (lb/pulg²)	Presión Patrón (lb/pulg²)	C.B.R. (%)	Expansión
I	0.1	203.3	1000	20.33	0.00
II	0.1	126.7	1000	12.67	0.00
III	0.1	56.7	1000	5.67	0.00



CBR 0,1" DE PENETRACIÓN A 100% MDS :	17.50%
CBR 0,1" DE PENETRACIÓN A 95% MDS :	13.00%





"COMPORTAMIENTO DE LA SUBRASANTE DE LA CARRETERA SAN BLAS AL ADICIONAR CAL Y CENIZA DE CORONTA DE MAÍZ, MACATE -2023"

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS



Proyecto : "Comportamiento de la Subrasante de la Carretera San Blas al Adicionar Cal y Ceniza de Coronta de Maiz, Macate - 2023"
Localizacion : San Blas, Distrito de Macate, Provincia Santa, Departamento Ancash
Muestra : Calicata N°04 **Dosificacion** : Suelo Natural + 3%(Cal + CCM)
Tesistas : Bach. Montoro Ramirez, Yocelin. **Fecha** : Marzo 2024
Bach. Narvaez Rodriguez, Beatriz

ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO - C.B.R. (ASTM D-1863)

a) Ensayo preliminar de Proctor modificado

Máxima Densidad Seca (gr/cm ³)	2.191
Optimo Contenido de Humedad (%)	6.64



b) Compactación de los moldes CBR

Molde N°		I	II	III	
N° de capas		5	5	5	
N° de golpes por capa		56	26	12	
1	Peso del molde + suelo compactado [gr]	20010.00	19870.00	19505.00	
2	Peso del molde [gr]	14952.00	15221.00	15071.00	
3	Peso de suelo compactado [gr]	(1)-(2)	5058.00	4649.00	4434.00
4	Volumen de molde [cm ³]		2113.95	2113.95	2113.95
5	Densidad húmeda [gr/cm ³]	(3)/(4)	2.39	2.20	2.10

CONTENIDO DE HUMEDAD Y DENSIDAD SECA

Tara N°		1	2	3	
6	Peso de la tara, [gr]	25.323	26.410	26.410	
7	Peso de la tara + suelo húmedo, [gr]	108.352	111.535	115.478	
8	Peso de la tara + suelo seco, [gr]	103.233	106.210	109.895	
9	Peso del agua, [gr]	(7)-(8)	5.119	5.325	5.583
10	Peso del suelo seco, [gr]	(8)-(6)	77.910	79.800	83.485
11	Contenido de humedad, [%]	(9)/(10)x100	6.570	6.673	6.687
12	Densidad seca de la muestra, [gr/cm ³]	5/(1+(11)/100)	2.245	2.062	1.966

c) Prueba de penetración

Area del anillo = 3 pulg²

Presión (libras/pulg²) = (L x 7.36+30.18)/3

Penetración (pulg)	Presión patrón (lb/pulg ²)	Molde N° I		Molde N° II		Molde N° III	
		LECTURA	Presión	LECTURA	Presión	LECTURA	Presión
0.000		0.0	0	0.0	0	0.0	0
0.025		165.0	55	90.0	30	45.0	15
0.050		350.0	117	220.0	73	95.0	32
0.075		510.0	170	330.0	110	155.0	52
0.100	1000	690.0	230	430.0	143	190.0	63
0.150		1135.0	378	725.0	242	310.0	103
0.200	1500	1605.0	535	1030.0	343	460.0	153
0.250		2000.0	667	1300.0	433	555.0	185
0.300	1900	2380.0	793	1570.0	523	695.0	232
0.400	2300	3100.0	1033	2010.0	670	870.0	290
0.500	2600	3890.0	1297	2510.0	837	1090.0	363



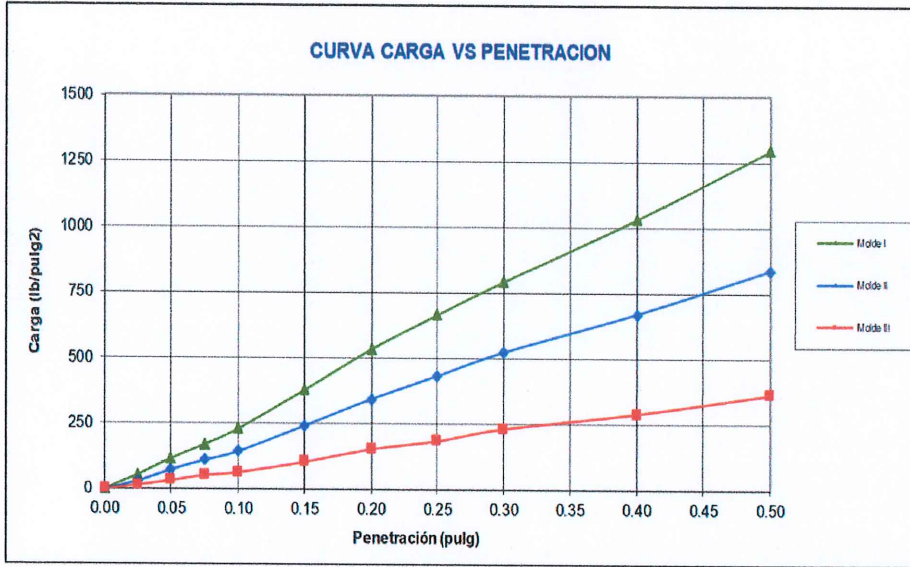
"COMPORTAMIENTO DE LA SUBRASANTE DE LA CARRETERA SAN BLAS AL ADICIONAR CAL Y CENIZA DE CORONTA DE MAÍZ, MACATE - 2023"

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA

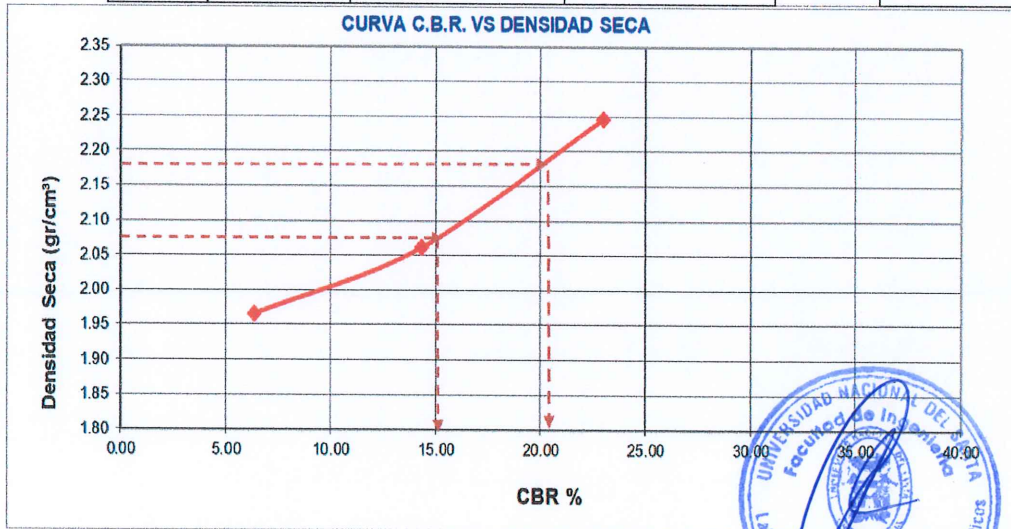
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS



Proyecto : "Comportamiento de la Subrasante de la Carretera San Blas al Adicionar Cal y Ceniza de Coronta de Maiz, Macate - 2023"
Localizacion : San Blas, Distrito de Macate, Provincia Santa, Departamento Ancash
Muestra : Calicata N°04 **Dosificacion** : Suelo Natural + 3%(Cal + CCM)
Tesistas : Bach. Montoro Ramirez, Yocelin. **Fecha** : Marzo 2024
 Bach. Narvaez Rodriguez, Beatriz Rosmery.



Molde	Penetración (pulg)	Presión aplicada (lb/pulg²)	Presión Patrón (lb/pulg²)	C.B.R. (%)	Expansión
I	0.1	230.0	1000	23.00	0.00
II	0.1	143.3	1000	14.33	0.00
III	0.1	63.3	1000	6.33	0.00



CBR 0,1" DE PENETRACIÓN A 100% MDS :	20.50%
CBR 0,1" DE PENETRACIÓN A 95% MDS :	15.00%





"COMPORTAMIENTO DE LA SUBRASANTE DE LA CARRETERA SAN BLAS AL ADICIONAR CAL Y CENIZA DE CORONTA DE MAÍZ, MACATE -2023"

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS



Proyecto : "Comportamiento de la Subrasante de la Carretera San Blas al Adicionar Cal y Ceniza de Coronta de Maiz, Macate - 2023"
Localizacion : San Blas, Distrito de Macate, Provincia Santa, Departamento Ancash
Muestra : Calicata N°01 **Dosificacion** : Suelo Natural + 5%(Cal + CCM)
Tesistas : Bach. Montoro Ramirez, Yocelin. **Fecha** : Marzo 2024
 Bach. Narvaez Rodriguez, Beatriz

ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO - C.B.R. (ASTM D-1683)

a) Ensayo preliminar de Proctor modificado

Máxima Densidad Seca (gr/cm ³)	2.332
Óptimo Contenido de Humedad (%)	6.38



b) Compactación de los moldes CBR

Molde N°		I	II	III
N° de capas		5	5	5
N° de golpes por capa		56	26	12
1	Peso del molde + suelo compactado [gr]	20320.00	19950.00	19320.00
2	Peso del molde [gr]	14952.00	15221.00	15071.00
3	Peso de suelo compactado [gr]	(1)-(2) 5368.00	4729.00	4249.00
4	Volumen de molde [cm ³]	2113.95	2113.95	2113.95
5	Densidad húmeda [gr/cm ³]	(3)/(4) 2.54	2.24	2.01

CONTENIDO DE HUMEDAD Y DENSIDAD SECA

Tara N°		1	2	3
6	Peso de la tara, [gr]	25.323	26.410	26.410
7	Peso de la tara + suelo húmedo, [gr]	95.365	89.963	103.525
8	Peso de la tara + suelo seco, [gr]	91.201	86.124	98.862
9	Peso del agua, [gr]	(7)-(8) 4.164	3.839	4.663
10	Peso del suelo seco, [gr]	(8)-(6) 65.878	59.714	72.452
11	Contenido de humedad, [%]	(9)/(10)x100 6.321	6.429	6.436
12	Densidad seca de la muestra, [gr/cm ³]	5/(1-(11)/100) 2.388	2.102	1.888

c) Prueba de penetración

Area del anillo = 3 pulg²

Presión (libras/pulg²) = (L x 7.36+30.18)/3

Penetración (pulg)	Presión patrón (lb/pulg ²)	Molde N° I		Molde N° II		Molde N° III	
		LECTURA	Presión	LECTURA	Presión	LECTURA	Presión
0.000		0.0	0	0.0	0	0.0	0
0.025		445.0	148	248.0	83	170.0	57
0.050		920.0	307	550.0	183	375.0	125
0.075		1345.0	448	855.0	285	595.0	198
0.100	1000	1815.0	605	1070.0	357	750.0	250
0.150		2970.0	990	1765.0	588	1230.0	410
0.200	1500	4240.0	1413	2530.0	843	1785.0	595
0.250		5280.0	1760	3195.0	1065	2165.0	722
0.300	1900	6280.0	2093	3845.0	1282	2705.0	902
0.400	2300	8155.0	2718	4925.0	1642	3400.0	1133
0.500	2600	10250.0	3417	6145.0	2048	4235.0	1412

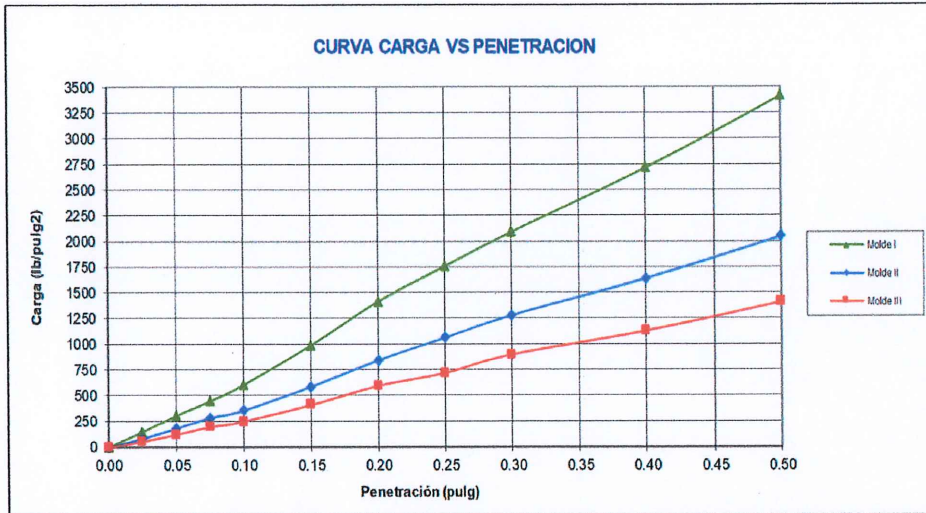


"COMPORTAMIENTO DE LA SUBRASANTE DE LA CARRETERA SAN BLAS AL ADICIONAR CAL Y CENIZA DE CORONTA DE MAÍZ, MACATE -2023"

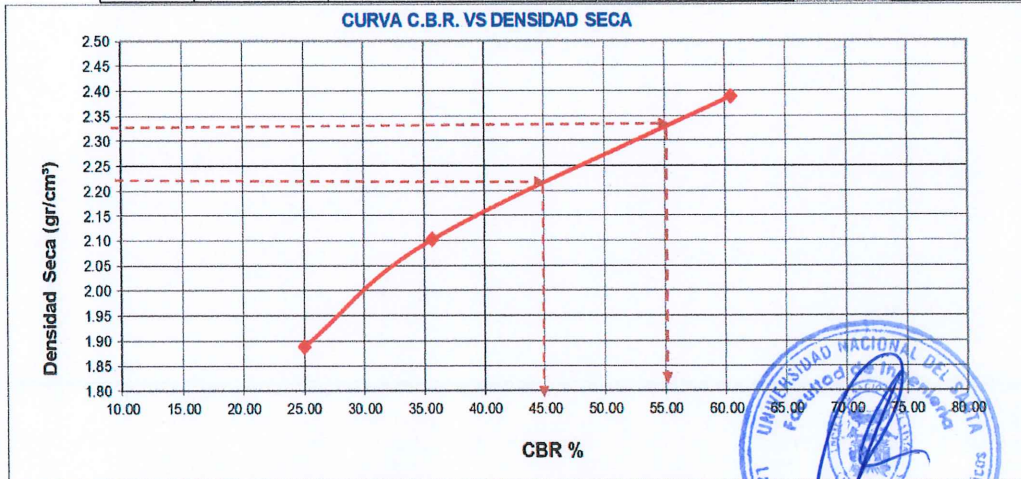
UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS



Proyecto : "Comportamiento de la Subrasante de la Carretera San Blas al Adicionar Cal y Ceniza de Coronta de Maiz, Macate - 2023"
Localizacion : San Blas, Distrito de Macate, Provincia Santa, Departamento Ancash
Muestra : Calicata N°01 **Dosificacion** : Suelo Natural + 5%(Cal + CCM)
Tesistas : Bach. Montoro Ramirez, Yocelin. **Fecha** : Marzo 2024
 Bach. Narvaez Rodriguez, Beatriz Rosmery.



Molde	Penetración (pulg)	Presión aplicada (lb/pulg²)	Presión Patrón (lb/pulg²)	C.B.R. (%)	Expansión
I	0.1	605.0	1000	60.50	0.00
II	0.1	356.7	1000	35.67	0.00
III	0.1	250.0	1000	25.00	0.00



CBR 0,1" DE PENETRACIÓN A 100% MDS :	55.00%
CBR 0,1" DE PENETRACIÓN A 95% MDS :	45.00%





"COMPORTAMIENTO DE LA SUBRASANTE DE LA CARRETERA SAN BLAS AL ADICIONAR CAL Y CENIZA DE CORONTA DE MAÍZ, MACATE -2023"

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS



Proyecto : "Comportamiento de la Subrasante de la Carretera San Blas al Adicionar Cal y Ceniza de Coronta de Maiz, Macate - 2023"
Localizacion : San Blas, Distrito de Macate, Provincia Santa, Departamento Ancash
Muestra : Calicata N°02 **Dosificacion** : Suelo Natural + 5%(Cal + CCM)
Tesistas : Bach. Montoro Ramirez , Yocelin. **Fecha** : Marzo 2024
 Bach. Narvaez Rodriguez, Beatriz Rosmery.

ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO - C.B.R. (ASTM D-1883)

a) Ensayo prelliminar de Proctor modificado

Máxima Densidad Seca (gr/cm3)	2.343
Óptimo Contenido de Humedad (%)	6.21



b) Compactación de los moldes CBR

Molde N°		I	II	III
N° de capas		5	5	5
N° de golpes por capa		56	26	12
1	Peso del molde + suelo compactado [gr]	20375.00	20040.00	19600.00
2	Peso del molde [gr]	14952.00	15221.00	15071.00
3	Peso de suelo compactado [gr]	(1)-(2) 5423.00	4819.00	4529.00
4	Volumen de molde [cm3]	2113.95	2113.95	2113.95
5	Densidad húmeda [gr/cm3]	(3)/(4) 2.57	2.28	2.14

CONTENIDO DE HUMEDAD Y DENSIDAD SECA

Tara N°		1	2	3
6	Peso de la tara, [gr]	25.323	26.410	26.410
7	Peso de la tara + suelo húmedo, [gr]	103.265	111.032	117.325
8	Peso de la tara + suelo seco, [gr]	98.705	106.055	112.025
9	Peso del agua, [gr]	(7)-(8) 4.560	4.977	5.300
10	Peso del suelo seco, [gr]	(8)-(6) 73.382	79.645	85.615
11	Contenido de humedad, [%]	(9)/(10)x100 6.214	6.249	6.191
12	Densidad seca de la muestra, [gr/cm3]	5*(11)/100 2.415	2.146	2.018

c) Prueba de penetración

Area del anillo = 3 pulg²

Presión (libras/pulg²) = (L x 7.36+30.18)/3

Penetración (pulg)	Presión patrón (lb/pulg ²)	Molde N° I		Molde N° II		Molde N° III	
		LECTURA	Presión	LECTURA	Presión	LECTURA	Presión
0.000		0.0	0	0.0	0	0.0	0
0.025		455.0	152	255.0	85	170.0	57
0.050		940.0	313	560.0	187	380.0	127
0.075		1370.0	457	870.0	290	605.0	202
0.100	1000	1850.0	617	1090.0	363	770.0	257
0.150		3030.0	1010	1805.0	602	1255.0	418
0.200	1500	4323.0	1441	2575.0	858	1815.0	605
0.250		5280.0	1760	3255.0	1085	2210.0	737
0.300	1900	6405.0	2135	3920.0	1307	2765.0	922
0.400	2300	8325.0	2775	5030.0	1677	3465.0	1155
0.500	2600	10454.0	3485	6265.0	2088	4825.0	1608

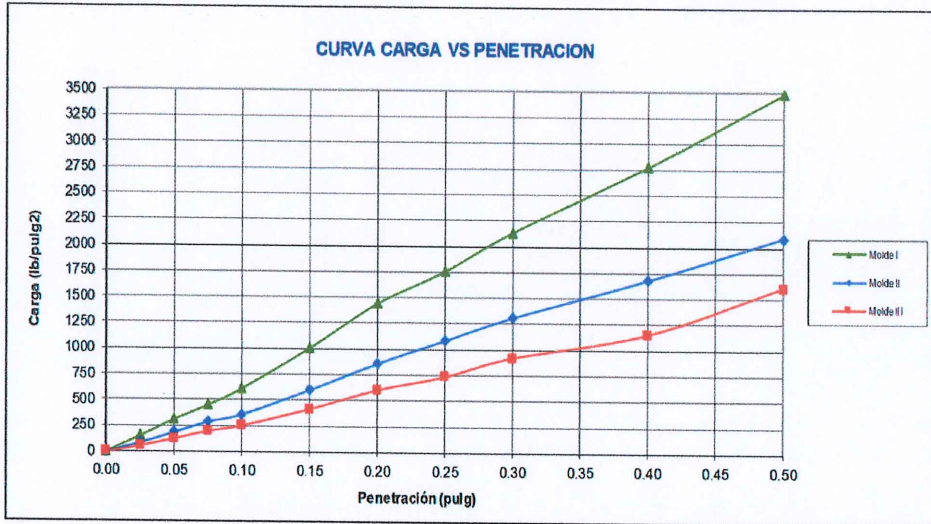


"COMPORTAMIENTO DE LA SUBRASANTE DE LA CARRETERA SAN BLAS AL ADICIONAR CAL Y CENIZA DE CORONTA DE MAÍZ, MACATE -2023"

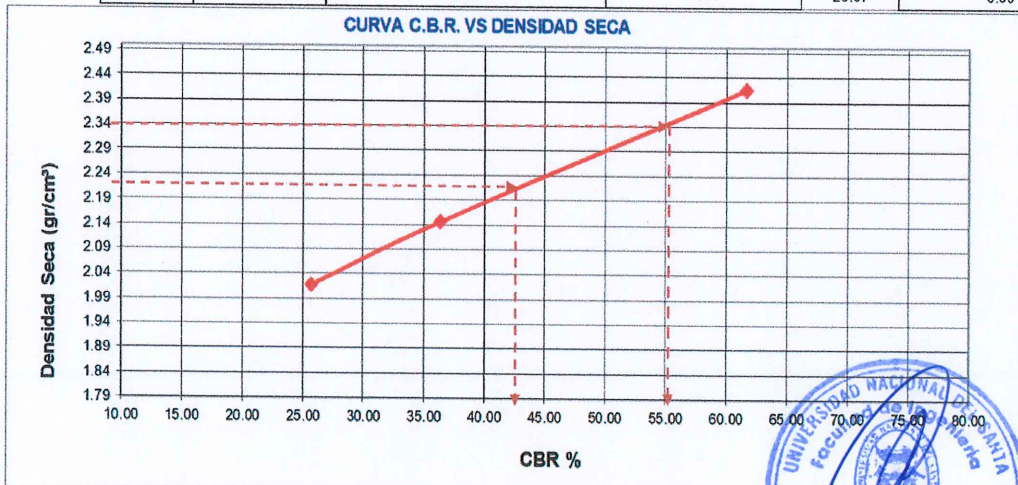
UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS



Proyecto : "Comportamiento de la Subrasante de la Carretera San Blas al Adicionar Cal y Ceniza de Coronta de Maíz, Macate - 2023"
Localización : San Blas, Distrito de Macate, Provincia Santa, Departamento Ancash
Muestra : Calicata N°02 **Dosificación** : Suelo Natural + 5%(Cal + CCM)
Tesistas : Bach. Montoro Ramirez, Yocelin. **Fecha** : Marzo 2024
 Bach. Narvaez Rodriguez, Beatriz Rosmery.



Molde	Penetración (pulg)	Presión aplicada (lb/pulg²)	Presión Patrón (lb/pulg²)	C.B.R. (%)	Expansión
I	0.1	616.7	1000	61.67	0.00
II	0.1	363.3	1000	36.33	0.00
III	0.1	256.7	1000	25.67	0.00



CBR 0,1" DE PENETRACIÓN A 100% MDS :	55.00%
CBR 0,1" DE PENETRACIÓN A 95% MDS :	43.00%





“COMPORTAMIENTO DE LA SUBRASANTE DE LA CARRETERA SAN BLAS AL ADICIONAR CAL Y CENIZA DE CORONTA DE MAÍZ, MACATE -2023”

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

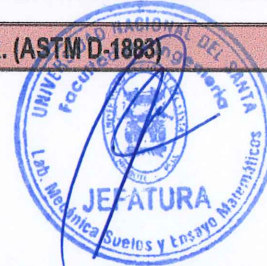


Proyecto : "Comportamiento de la Subrasante de la Carretera San Blas al Adicionar Cal y Ceniza de Coronta de Maiz, Macate - 2023"
Localización : San Blas, Distrito de Macate, Provincia Santa, Departamento Ancash
Muestra : Calicata N°03 **Dosificación** : Suelo Natural + 5%(Cal + CCM)
Tesistas : Bach. Montoro Ramirez, Yocelin.
Bach. Narvaez Rodriguez, Beatriz **Fecha** : Marzo 2024

ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO - C.B.R. (ASTM D-1883)

a) Ensayo preliminar de Proctor modificado

Máxima Densidad Seca (gr/cm ³)	2.206
Óptimo Contenido de Humedad (%)	6.00



b) Compactación de los moldes CBR

Molde N°		I	II	III
N° de capas		5	5	5
N° de golpes por capa		56	26	12
1	Peso del molde + suelo compactado [gr]	20095.00	19865.00	19368.00
2	Peso del molde [gr]	14952.00	15221.00	15071.00
3	Peso de suelo compactado [gr]	(1)-(2)	4644.00	4297.00
4	Volumen de molde [cm ³]	2113.95	2113.95	2113.95
5	Densidad húmeda [gr/cm ³]	(3)/(4)	2.20	2.03

CONTENIDO DE HUMEDAD Y DENSIDAD SECA

Tara N°		1	2	3
6	Peso de la tara, [gr]	25.323	26.410	26.410
7	Peso de la tara + suelo húmedo, [gr]	104.652	117.452	121.475
8	Peso de la tara + suelo seco, [gr]	100.121	112.285	116.085
9	Peso del agua, [gr]	(7)-(8)	5.167	5.390
10	Peso del suelo seco, [gr]	(8)-(6)	85.875	89.675
11	Contenido de humedad, [%]	(9)/(10)x100	6.017	6.011
12	Densidad seca de la muestra, [gr/cm ³]	5/(1+(11)/100)	2.072	1.917

c) Prueba de penetración

Area del anillo = 3 pulg²

Presión (libras/pulg²) = (L x 7.36+30.18)/3

Penetración (pulg)	Presión patrón (lb/pulg ²)	Molde N° I		Molde N° II		Molde N° III	
		LECTURA	Presión	LECTURA	Presión	LECTURA	Presión
0.000		0.0	0	0.0	0	0.0	0
0.025		165.0	55	90.0	30	45.0	15
0.050		350.0	117	220.0	73	95.0	32
0.075		510.0	170	330.0	110	155.0	52
0.100	1000	690.0	230	430.0	143	190.0	63
0.150		1135.0	378	725.0	242	310.0	103
0.200	1500	1605.0	535	1030.0	343	460.0	153
0.250		2000.0	667	1300.0	433	555.0	185
0.300	1900	2380.0	793	1570.0	523	695.0	232
0.400	2300	3095.0	1032	2010.0	670	870.0	290
0.500	2600	3890.0	1297	2510.0	837	1090.0	363

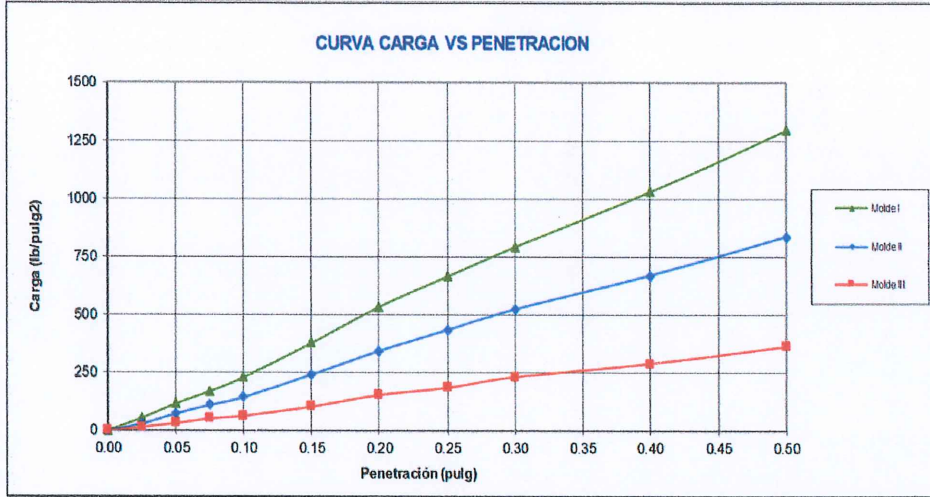


"COMPORTAMIENTO DE LA SUBRASANTE DE LA CARRETERA SAN BLAS AL ADICIONAR CAL Y CENIZA DE CORONTA DE MAÍZ, MACATE -2023"

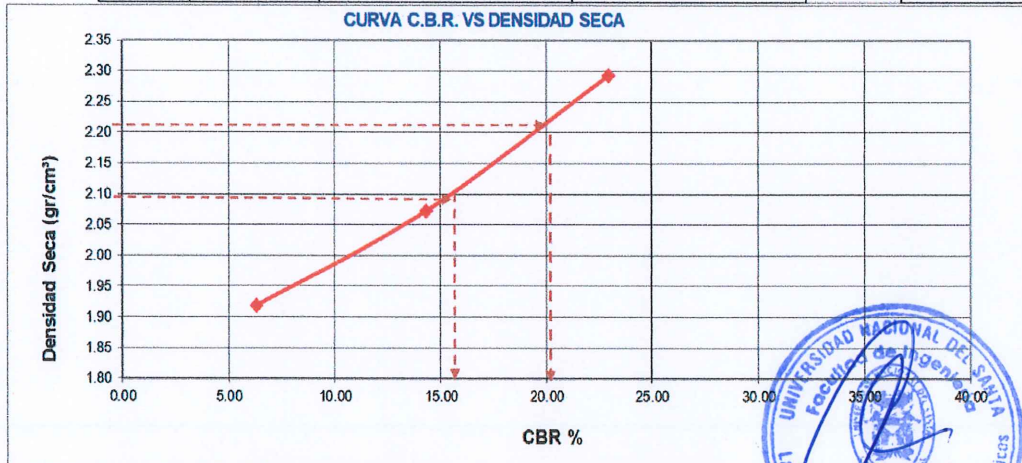
UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS



Proyecto : "Comportamiento de la Subrasante de la Carretera San Blas al Adicionar Cal y Ceniza de Coronta de Maiz, Macate - 2023"
Localización : San Blas, Distrito de Macate, Provincia Santa, Departamento Ancash
Muestra : Calicata N°03
Tesistas : Bach. Montoro Ramirez, Yocelin.
Dosificación : Suelo Natural + 5%(Cal + CCM)
Fecha : Marzo 2024



Molde	Penetración (pulg)	Presión aplicada (lb/pulg²)	Presión Patrón (lb/pulg²)	C.B.R. (%)	Expansión
I	0.1	230.0	1000	23.00	0.00
II	0.1	143.3	1000	14.33	0.00
III	0.1	63.3	1000	6.33	0.00



CBR 0,1" DE PENETRACIÓN A 100% MDS :	20.00%
CBR 0,1" DE PENETRACIÓN A 95% MDS :	16.50%





“COMPORTAMIENTO DE LA SUBRASANTE DE LA CARRETERA SAN BLAS AL ADICIONAR CAL Y CENIZA DE CORONTA DE MAÍZ, MACATE -2023”

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS



Proyecto : "Comportamiento de la Subrasante de la Carretera San Blas al Adicionar Cal y Ceniza de Coronta de Maiz, Macate - 2023"
Localizacion : San Blas, Distrito de Macate, Provincia Santa, Departamento Ancash
Muestra : Calicata N°04 **Dosificacion** : Suelo Natural + 5%(Cal + CCM)
Tesistas : Bach. Montoro Ramirez, Yocelin. **Fecha** : Marzo 2024
 Bach. Narvaez Rodriguez, Beatriz Rosmery.

ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO - C.B.R. (ASTM D-1883)

a) Ensayo preliminar de Proctor modificado

Máxima Densidad Seca (gr/cm ³)	2.222
Optimo Contenido de Humedad (%)	6.26



b) Compactación de los moldes CBR

Molde N°		I	II	III	
N° de capas		5	5	5	
N° de golpes por capa		56	26	12	
1	Peso del molde + suelo compactado [gr]	20102.00	19930.00	19602.00	
2	Peso del molde [gr]	14952.00	15221.00	15071.00	
3	Peso de suelo compactado [gr]	(1)-(2)	5150.00	4709.00	4531.00
4	Volumen de molde [cm ³]		2113.95	2113.95	2113.95
5	Densidad húmeda [gr/cm ³]	(3)/(4)	2.44	2.23	2.14

CONTENIDO DE HUMEDAD Y DENSIDAD SECA

Tara N°		1	2	3	
6	Peso de la tara, [gr]	25.323	26.410	26.410	
7	Peso de la tara + suelo húmedo, [gr]	90.565	96.895	93.445	
8	Peso de la tara + suelo seco, [gr]	86.721	92.722	89.566	
9	Peso del agua, [gr]	(7)-(8)	3.844	4.173	3.879
10	Peso del suelo seco, [gr]	(8)-(6)	61.398	66.312	63.156
11	Contenido de humedad, [%]	(9)/(10)x100	6.261	6.293	6.142
12	Densidad seca de la muestra, [gr/cm ³]	5/(1+(11)/100)	2.293	2.096	2.019

c) Prueba de penetración

Area del anillo = 3 pulg²

Presión (libras/pulg²) = (L x 7.36+30.18)/3

Penetración (pulg)	Presión patrón (lb/pulg ²)	Molde N° I		Molde N° II		Molde N° III	
		LECTURA	Presión	LECTURA	Presión	LECTURA	Presión
0.000		0.0	0	0.0	0	0.0	0
0.025		188.0	63	105.0	35	51.0	17
0.050		400.0	133	250.0	83	108.0	36
0.075		585.0	195	375.0	125	175.0	58
0.100	1000	790.0	263	490.0	163	215.0	72
0.150		1295.0	432	830.0	277	355.0	118
0.200	1500	1830.0	610	1175.0	392	525.0	175
0.250		2280.0	760	1485.0	495	635.0	212
0.300	1900	2715.0	905	1785.0	595	795.0	265
0.400	2300	3535.0	1178	2295.0	765	995.0	332
0.500	2600	4435.0	1478	2865.0	955	1245.0	415

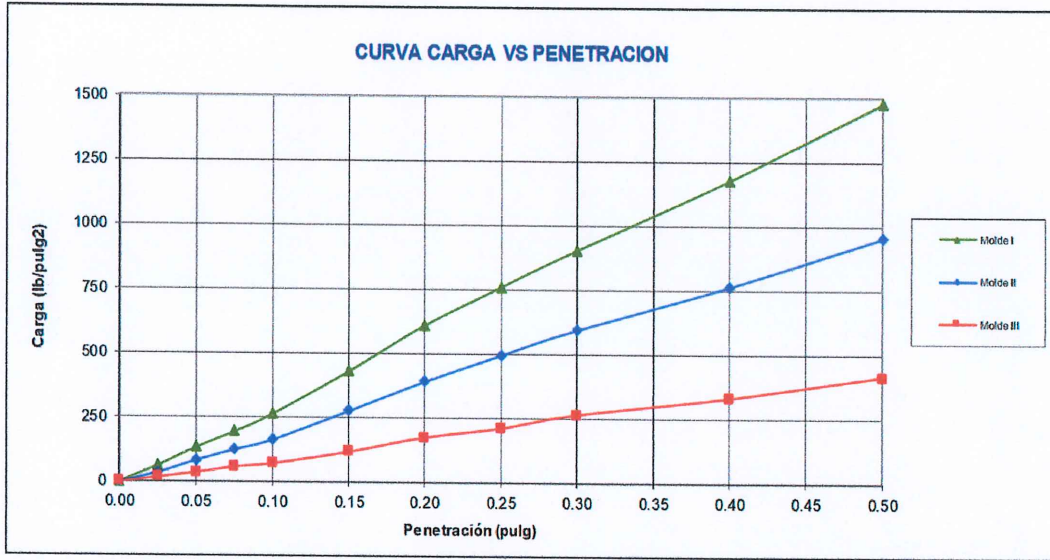


"COMPORTAMIENTO DE LA SUBRASANTE DE LA CARRETERA SAN BLAS AL ADICIONAR CAL Y CENIZA DE CORONTA DE MAÍZ, MACATE -2023"

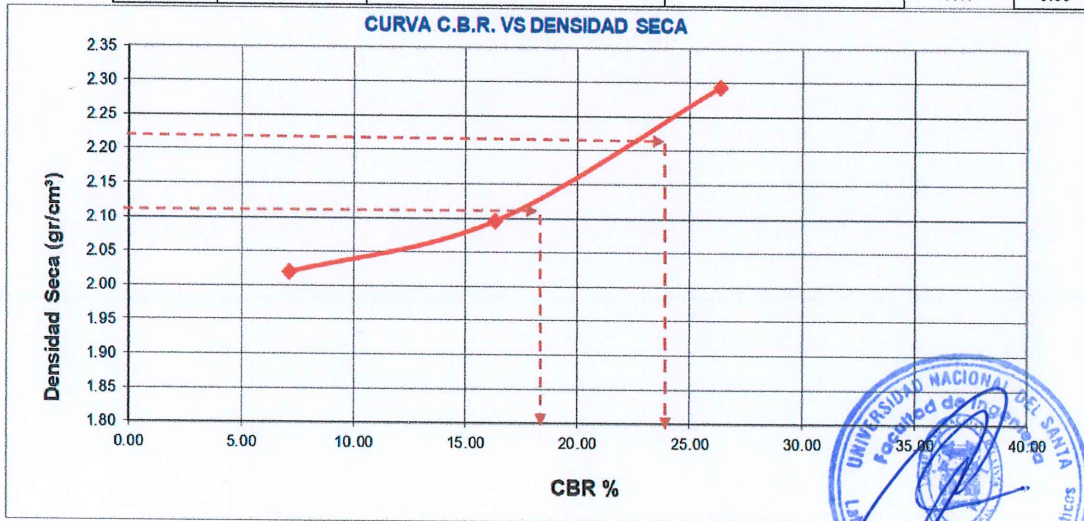
UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS



Proyecto : "Comportamiento de la Subrasante de la Carretera San Blas al Adicionar Cal y Ceniza de Coronta de Maiz, Macate - 2023"
Localizacion : San Blas, Distrito de Macate, Provincia Santa, Departamento Ancash
Muestra : Calicata N°04
Tesistas : Bach. Montoro Ramirez, Yocelin.
 Bach. Narvaez Rodriguez, Beatriz Rosmery.
Dosificacion : Suelo Natural + 5%(Cal + CCM)
Fecha : Marzo 2024



Molde	Penetración (pulg)	Presión aplicada (lb/pulg²)	Presión Patrón (lb/pulg²)	C.B.R. (%)	Expansión
I	0.1	263.3	1000	26.33	0.00
II	0.1	163.3	1000	16.33	0.00
III	0.1	71.7	1000	7.17	0.00



CBR 0,1" DE PENETRACIÓN A 100% MDS :	23.00%
CBR 0,1" DE PENETRACIÓN A 95% MDS :	17.50%





"COMPORTAMIENTO DE LA SUBRASANTE DE LA CARRETERA SAN BLAS AL ADICIONAR CAL Y CENIZA DE CORONTA DE MAÍZ, MACATE -2023"

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS



Proyecto : "Comportamiento de la Subrasante de la Carretera San Blas al Adicionar Cal y Ceniza de Coronta de Maiz, Macate - 2023"
Localizacion : San Blas, Distrito de Macate, Provincia Santa, Departamento Ancash
Muestra : Calicata N°01 **Dosificacion** : Suelo Natural + 8%(Cal + CCM)
Tesistas : Bach. Montoro Ramirez, Yocelin. **Fecha** : Marzo 2024
Bach. Narvaez Rodriguez, Beatriz

ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO - C.B.R. (ASTM D-1883)

a) Ensayo preliminar de Proctor modificado

Máxima Densidad Seca (gr/cm ³)	2.425
Óptimo Contenido de Humedad (%)	6.55



b) Compactación de los moldes CBR

Molde N°		I	II	III	
N° de capas		5	5	5	
N° de golpes por capa		56	26	12	
1	Peso del molde + suelo compactado [gr]	20935.00	20235.00	19765.00	
2	Peso del molde [gr]	14952.00	15221.00	15071.00	
3	Peso de suelo compactado [gr]	(1)-(2)	5983.00	5014.00	4694.00
4	Volumen de molde [cm ³]		2113.95	2113.95	2113.95
5	Densidad húmeda [gr/cm ³]	(3)/(4)	2.83	2.37	2.22

CONTENIDO DE HUMEDAD Y DENSIDAD SECA

Tara N°		1	2	3	
6	Peso de la tara, [gr]	25.323	26.410	26.410	
7	Peso de la tara + suelo húmedo, [gr]	115.302	101.652	107.744	
8	Peso de la tara + suelo seco, [gr]	109.688	97.044	102.813	
9	Peso del agua, [gr]	(7)-(8)	5.614	4.608	4.931
10	Peso del suelo seco, [gr]	(8)-(6)	84.365	70.634	76.403
11	Contenido de humedad, [%]	(9)/(10)x100	6.654	6.524	6.454
12	Densidad seca de la muestra, [gr/cm ³]	5(1+(11)/100	2.654	2.227	2.086

c) Prueba de penetración

Area del anillo = 3 pulg²

Presión (libras/pulg²) = (L x 7.36+30.18)/3

Penetración (pulg)	Presión patrón (lb/pulg ²)	Molde N° I		Molde N° II		Molde N° III	
		LECTURA	Presión	LECTURA	Presión	LECTURA	Presión
0.000		0.0	0	0.0	0	0.0	0
0.025		520.0	173	290.0	97	200.0	67
0.050		1076.0	359	645.0	215	440.0	147
0.075		1575.0	525	1010.0	337	695.0	232
0.100	1000	2125.0	708	1255.0	418	880.0	293
0.150		3475.0	1158	2065.0	688	1440.0	480
0.200	1500	4960.0	1653	2960.0	987	2090.0	697
0.250		6180.0	2060	3740.0	1247	2535.0	845
0.300	1900	7350.0	2450	4500.0	1500	3165.0	1055
0.400	2300	9540.0	3180	5765.0	1922	3980.0	1327
0.500	2600	11995.0	3998	7190.0	2397	4955.0	1652

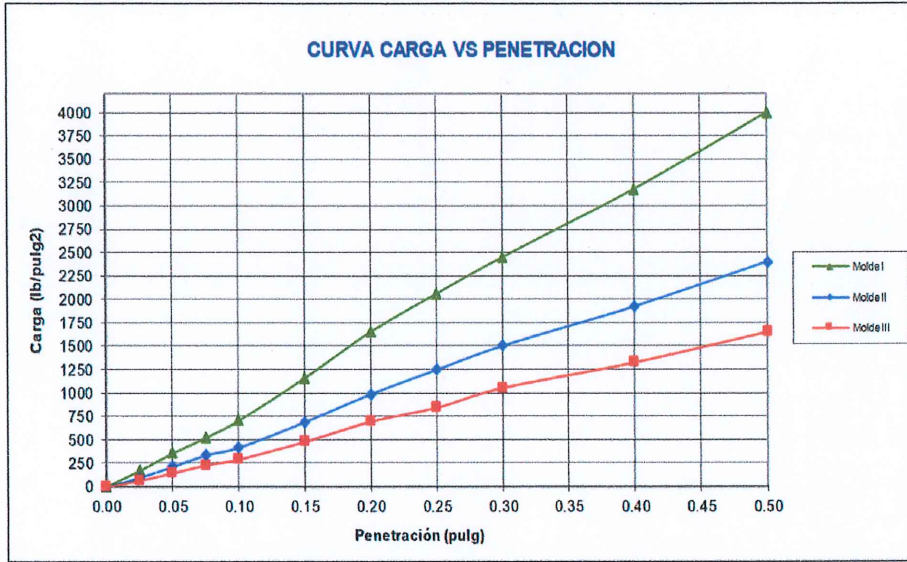


"COMPORTAMIENTO DE LA SUBRASANTE DE LA CARRETERA SAN BLAS AL ADICIONAR CAL Y CENIZA DE CORONTA DE MAÍZ, MACATE -2023"

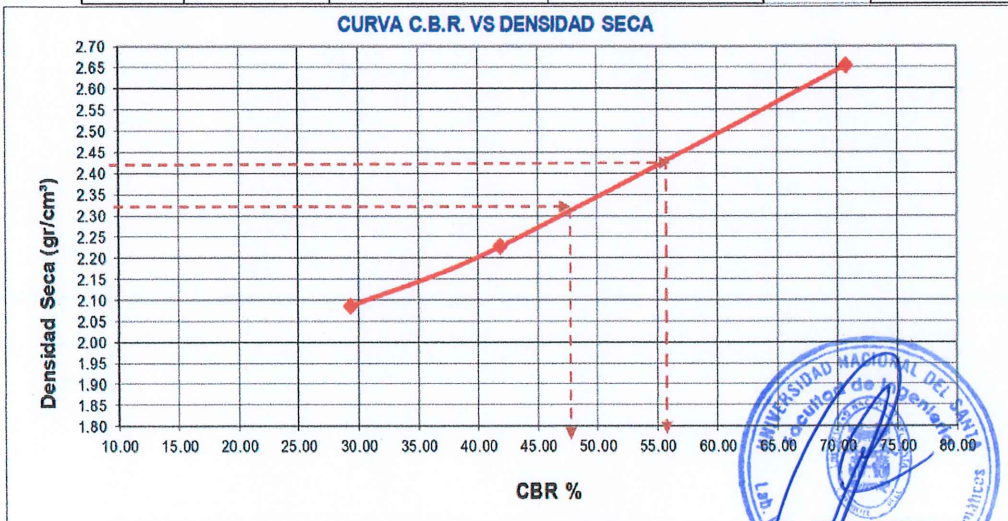
UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS



Proyecto : "Comportamiento de la Subrasante de la Carretera San Blas al Adicionar Cal y Ceniza de Coronta de Maiz, Macate - 2023"
Localizacion : San Blas, Distrito de Macate, Provincia Santa, Departamento Ancash
Muestra : Calicata N°01 **Dosificacion** : Suelo Natural + 8%(Cal + CCM)
Tesistas : Bach. Montoro Ramirez, Yocelin. **Fecha** : Marzo 2024
 Bach. Narvaez Rodríguez, Beatriz Rosmery.



Molde	Penetración (pulg)	Presión aplicada (lb/pulg²)	Presión Patrón (lb/pulg²)	C.B.R. (%)	Expansión
I	0.1	708.3	1000	70.83	0.00
II	0.1	418.3	1000	41.83	0.00
III	0.1	293.3	1000	29.33	0.00



CBR 0,1" DE PENETRACIÓN A 100% MDS :	55.50%
CBR 0,1" DE PENETRACIÓN A 95% MDS :	47.00%





“COMPORTAMIENTO DE LA SUBRASANTE DE LA CARRETERA SAN BLAS AL ADICIONAR CAL Y CENIZA DE CORONTA DE MAÍZ, MACATE -2023”

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS



Proyecto : "Comportamiento de la Subrasante de la Carretera San Blas al Adicionar Cal y Ceniza de Coronta de Maiz, Macate - 2023"
Localizacion : San Blas, Distrito de Macate, Provincia Santa, Departamento Ancash
Muestra : Calicata N°02 **Dosificacion** : Suelo Natural + 8%(Cal + CCM)
Tesistas : Bach. Montoro Ramirez, Yocelin. **Fecha** : Marzo 2024
 Bach. Narvaez Rodriguez, Beatriz

ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO - C.B.R. (ASTM D-1883)

a) Ensayo preliminar de Proctor modificado

Máxima Densidad Seca (gr/cm3)	2.431
Óptimo Contenido de Humedad (%)	6.25



b) Compactación de los moldes CBR

Molde N°		I	II	III	
N° de capas		5	5	5	
N° de golpes por capa		56	26	12	
1	Peso del molde + suelo compactado [gr]	20650.00	20135.00	19750.00	
2	Peso del molde [gr]	14952.00	15221.00	15071.00	
3	Peso de suelo compactado [gr]	(1)-(2)	5698.00	4914.00	4679.00
4	Volumen de molde [cm3]		2113.95	2113.95	2113.95
5	Densidad húmeda [gr/cm3]	(3)/(4)	2.70	2.32	2.21

CONTENIDO DE HUMEDAD Y DENSIDAD SECA

Tara N°		1	2	3	
6	Peso de la tara, [gr]	25.323	26.410	26.410	
7	Peso de la tara + suelo húmedo, [gr]	105.245	122.215	100.445	
8	Peso de la tara + suelo seco, [gr]	100.562	116.533	96.075	
9	Peso del agua, [gr]	(7)-(8)	4.683	5.682	4.370
10	Peso del suelo seco, [gr]	(8)-(6)	75.239	90.123	69.665
11	Contenido de humedad, [%]	(9)/(10)x100	6.224	6.305	6.273
12	Densidad seca de la muestra, [gr/cm3]	5(1+(11)/100	2.537	2.187	2.083

c) Prueba de penetración

Area del anillo = 3 pulg²

Presión (libras/pulg²) = (L x 7.36+30.18)/3

Penetración (pulg)	Presión patrón (lb/pulg ²)	Molde N° I		Molde N° II		Molde N° III	
		LECTURA	Presión	LECTURA	Presión	LECTURA	Presión
0.000		0.0	0	0.0	0	0.0	0
0.025		480.0	160	270.0	90	180.0	60
0.050		990.0	330	590.0	197	400.0	133
0.075		1445.0	482	920.0	307	640.0	213
0.100	1000	1950.0	650	1150.0	383	815.0	272
0.150		3195.0	1065	1905.0	635	1325.0	442
0.200	1500	4560.0	1520	2715.0	905	1915.0	638
0.250		5570.0	1857	2435.0	812	2330.0	777
0.300	1900	6755.0	2252	4135.0	1378	2920.0	973
0.400	2300	8780.0	2927	5305.0	1768	3655.0	1218
0.500	2600	11030.0	3677	6610.0	2203	5090.0	1697

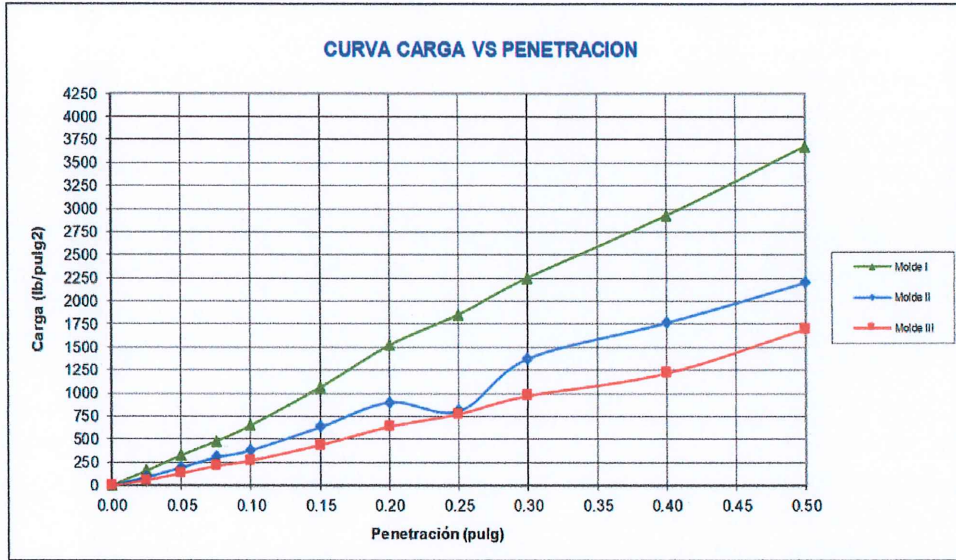


“COMPORTAMIENTO DE LA SUBRASANTE DE LA CARRETERA SAN BLAS AL ADICIONAR CAL Y CENIZA DE CORONTA DE MAÍZ, MACATE -2023”

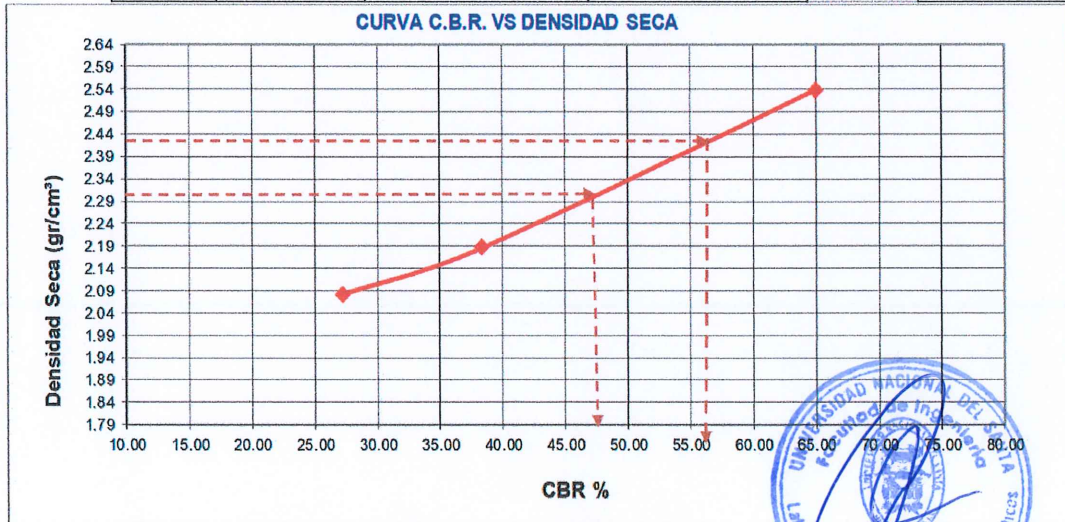
UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS



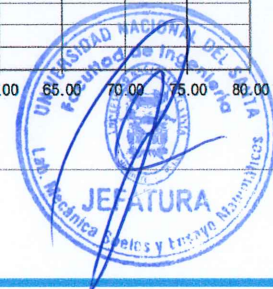
Proyecto : "Comportamiento de la Subrasante de la Carretera San Blas al Adicionar Cal y Ceniza de Coronta de Maiz, Macate - 2023"
Localizacion : San Blas, Distrito de Macate, Provincia Santa, Departamento Ancash
Muestra : Calicata N°02 **Dosificacion** : Suelo Natural + 8%(Cal + CCM)
Tesistas : Bach. Montoro Ramirez, Yocelin. **Fecha** : Marzo 2024
 Bach. Narvaez Rodriguez, Beatriz Rosmery.



Molde	Penetración (pulg)	Presión aplicada (lb/pulg²)	Presión Patrón (lb/pulg²)	C.B.R. (%)	Expansión
I	0.1	650.0	1000	65.00	0.00
II	0.1	383.3	1000	38.33	0.00
III	0.1	271.7	1000	27.17	0.00



CBR 0,1" DE PENETRACIÓN A 100% MDS :	57.00%
CBR 0,1" DE PENETRACIÓN A 95% MDS :	47.50%





"COMPORTAMIENTO DE LA SUBRASANTE DE LA CARRETERA SAN BLAS AL ADICIONAR CAL Y CENIZA DE CORONTA DE MAÍZ, MACATE -2023"

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS



Proyecto : "Comportamiento de la Subrasante de la Carretera San Blas al Adicionar Cal y Ceniza de Coronta de Maiz, Macate - 2023"
Localizacion : San Blas, Distrito de Macate, Provincia Santa, Departamento Ancash
Muestra : Calicata N°03 **Dosificacion** : Suelo Natural + 8%(Cal + CCM)
Testistas : Bach. Montoro Ramirez, Yocelin.
Bach. Narvaez Rodriguez, Beatriz **Fecha** : Marzo 2024

ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO - C.B.R. (ASTM D-1883)

a) Ensayo preliminar de Proctor modificado

Máxima Densidad Seca (gr/cm ³)	2.291
Óptimo Contenido de Humedad (%)	6.20



b) Compactación de los moldes CBR

Molde N°		I	II	III
N° de capas		5	5	5
N° de golpes por capa		56	26	12
1	Peso del molde + suelo compactado [gr]	20185.00	19910.00	19505.00
2	Peso del molde [gr]	14952.00	15221.00	15071.00
3	Peso de suelo compactado [gr]	(1)-(2) 5233.00	4689.00	4434.00
4	Volumen de molde [cm ³]	2113.95	2113.95	2113.95
5	Densidad húmeda [gr/cm ³]	(3)/(4) 2.48	2.22	2.10

CONTENIDO DE HUMEDAD Y DENSIDAD SECA

Tara N°		1	2	3
6	Peso de la tara, [gr]	25.323	26.410	26.410
7	Peso de la tara + suelo húmedo, [gr]	103.250	111.032	107.525
8	Peso de la tara + suelo seco, [gr]	98.625	106.155	102.795
9	Peso del agua, [gr]	(7)-(8) 4.625	4.877	4.730
10	Peso del suelo seco, [gr]	(8)-(6) 73.302	79.745	76.385
11	Contenido de humedad, [%]	(9)/(10)x100 6.310	6.116	6.192
12	Densidad seca de la muestra, [gr/cm ³]	5/(1+(11)/100) 2.329	2.090	1.975

c) Prueba de penetración

Area del anillo = 3 pulg²

Presión (libras/pulg²) = (L x 7.36 + 30.18) / 3

Penetración (pulg)	Presión patrón (lb/pulg ²)	Molde N° I		Molde N° II		Molde N° III	
		LECTURA	Presión	LECTURA	Presión	LECTURA	Presión
0.000		0.0	0	0.0	0	0.0	0
0.025		180.0	60	98.0	33	50.0	17
0.050		380.0	127	240.0	80	105.0	35
0.075		555.0	185	360.0	120	170.0	57
0.100	1000	755.0	252	470.0	157	205.0	68
0.150		1240.0	413	790.0	263	340.0	113
0.200	1500	1750.0	583	1125.0	375	505.0	168
0.250		2180.0	727	1420.0	473	605.0	202
0.300	1900	2600.0	867	1710.0	570	755.0	252
0.400	2300	3375.0	1125	2190.0	730	950.0	317
0.500	2600	4240.0	1413	2735.0	912	1190.0	397

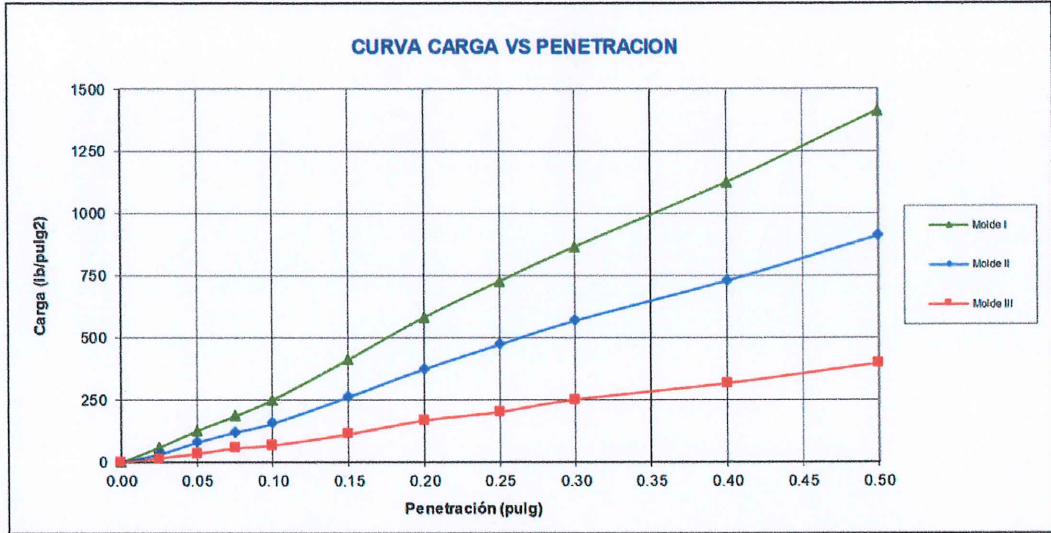


"COMPORTAMIENTO DE LA SUBRASANTE DE LA CARRETERA SAN BLAS AL ADICIONAR CAL Y CENIZA DE CORONTA DE MAÍZ, MACATE -2023"

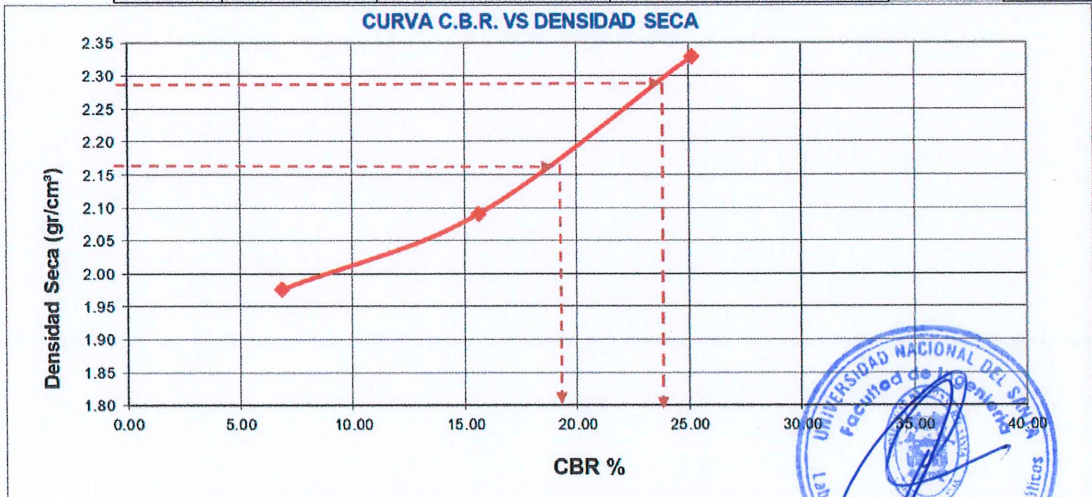
UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS



Proyecto : "Comportamiento de la Subrasante de la Carretera San Blas al Adicionar Cal y Ceniza de Coronata de Maiz, Macate - 2023"
Localizacion : San Blas, Distrito de Macate, Provincia Santa, Departamento Ancash
Muestra : Calicata N°03 **Dosificacion** : Suelo Natural + 8%(Cal + CCM)
Tesistas : Bach. Montoro Ramirez, Yocelin. **Fecha** : Marzo 2024
 Bach. Narvaez Rodriguez, Beatriz Rosmery.



Molde	Penetración (pulg)	Presión aplicada (lb/pulg²)	Presión Patrón (lb/pulg²)	C.B.R. (%)	Expansión
I	0.1	251.7	1000	25.17	0.00
II	0.1	156.7	1000	15.67	0.00
III	0.1	68.3	1000	6.83	0.00



CBR 0,1" DE PENETRACIÓN A 100% MDS :	23.50%
CBR 0,1" DE PENETRACIÓN A 95% MDS :	19.00%





“COMPORTAMIENTO DE LA SUBRASANTE DE LA CARRETERA SAN BLAS AL ADICIONAR CAL Y CENIZA DE CORONTA DE MAÍZ, MACATE -2023”

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS



Proyecto : "Comportamiento de la Subrasante de la Carretera San Blas al Adicionar Cal y Ceniza de Coronta de Maiz, Macate - 2023"
Localizacio : San Blas, Distrito de Macate, Provincia Santa, Departamento Ancash
Muestra : Calicata N°04 **Dosificacio** : Suelo Natural + 8%(Cal + CCM)
Tesistas : Bach. Montoro Ramirez, Yocelin. **Fecha** : Marzo 2024
Bach. Narvaez Rodriguez, Beatriz

ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO - C.B.R. (ASTM D-1883)

a) Ensayo preliminar de Proctor modificado

Máxima Densidad Seca (gr/cm ³)	2.300
Óptimo Contenido de Humedad (%)	6.10

b) Compactación de los moldes CBR

Molde N°		I	II	III
N° de capas		5	5	5
N° de golpes por capa		56	26	12
1	Peso del molde + suelo compactado [gr]	20250.00	20030.00	19695.00
2	Peso del molde [gr]	14952.00	15221.00	15071.00
3	Peso de suelo compactado [gr]	(1)-(2) 5298.00	4809.00	4624.00
4	Volumen de molde [cm ³]	2113.95	2113.95	2113.95
5	Densidad húmeda [gr/cm ³]	(3)/(4) 2.51	2.27	2.19

CONTENIDO DE HUMEDAD Y DENSIDAD SECA

Tara N°		1	2	3
6	Peso de la tara, [gr]	25.323	26.410	26.410
7	Peso de la tara + suelo húmedo, [gr]	100.632	101.855	106.555
8	Peso de la tara + suelo seco, [gr]	96.233	97.545	101.979
9	Peso del agua, [gr]	(7)-(8) 4.399	4.310	4.576
10	Peso del suelo seco, [gr]	(8)-(6) 70.910	71.135	75.569
11	Contenido de humedad, [%]	(9)/(10)x100 6.204	6.059	6.055
12	Densidad seca de la muestra, [gr/cm ³]	5/(1+(11)/100) 2.360	2.145	2.062

c) Prueba de penetración

Area del anillo = 3 pulg²

Presión (libras/pulg²) = (L x 7.36+30.18)/3

Penetración (pulg)	Presión patrón (lb/pulg ²)	Molde N° I		Molde N° II		Molde N° III	
		LECTURA	Presión	LECTURA	Presión	LECTURA	Presión
0.000		0.0	0	0.0	0	0.0	0
0.025		205.0	68	115.0	38	55.0	18
0.050		430.0	143	270.0	90	115.0	38
0.075		625.0	208	400.0	133	190.0	63
0.100	1000	845.0	282	525.0	175	230.0	77
0.150		1385.0	462	890.0	297	380.0	127
0.200	1500	1960.0	653	1260.0	420	560.0	187
0.250		2440.0	813	1590.0	530	680.0	227
0.300	1900	2905.0	968	1910.0	637	850.0	283
0.400	2300	3785.0	1262	2460.0	820	1065.0	355
0.500	2600	4745.0	1582	3065.0	1022	1335.0	445

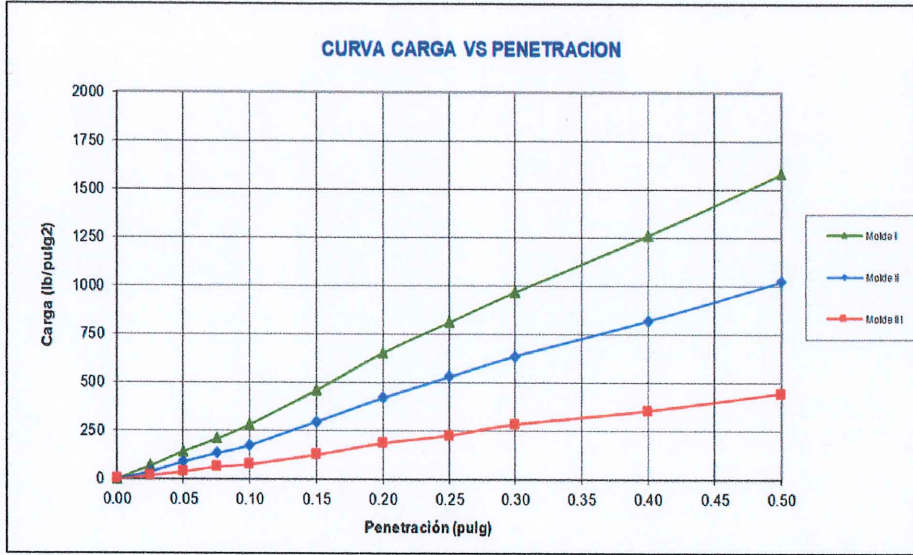


"COMPORTAMIENTO DE LA SUBRASANTE DE LA CARRETERA SAN BLAS AL ADICIONAR CAL Y CENIZA DE CORONTA DE MAÍZ, MACATE -2023"

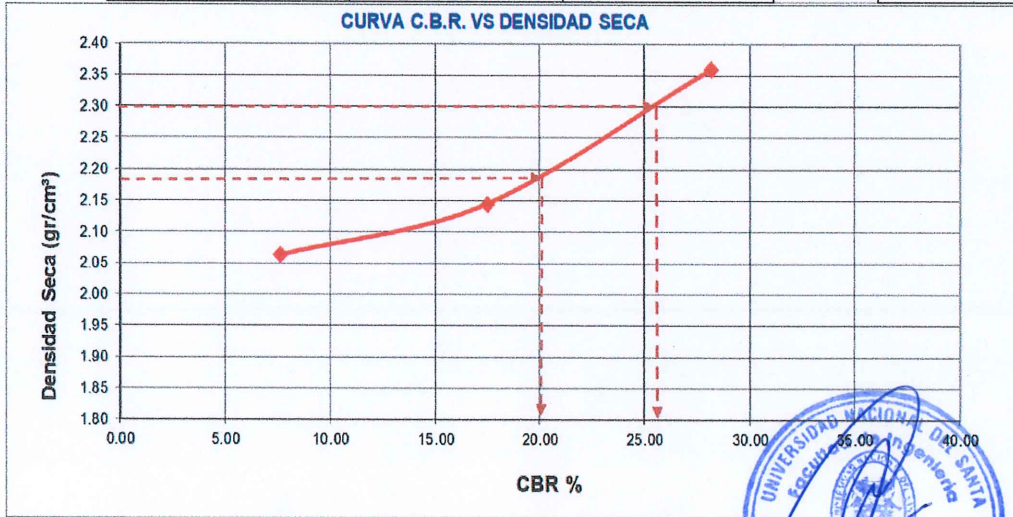
UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS



Proyecto : "Comportamiento de la Subrasante de la Carretera San Blas al Adicionar Cal y Ceniza de Coronta de Maiz, Macate - 2023"
Localizacion : San Blas, Distrito de Macate, Provincia Santa, Departamento Ancash
Muestra : Calicata N°04 **Dosificacion** : Suelo Natural + 8%(Cal + CCM)
Tesistas : Bach. Montoro Ramirez, Yocelin. **Fecha** : Marzo 2024
 Bach. Narvaez Rodriguez, Beatriz Rosmery.



Molde	Penetración (pulg)	Presión aplicada (lb/pulg²)	Presión Patrón (lb/pulg²)	C.B.R. (%)	Expansión
I	0.1	281.7	1000	28.17	0.00
II	0.1	175.0	1000	17.50	0.00
III	0.1	76.7	1000	7.67	0.00



CBR 0,1" DE PENETRACION A 100% MDS :	26.00%
CBR 0,1" DE PENETRACION A 95% MDS :	20.00%





ENSAYO DENSIDAD DE CAMPO (ASTM D- 1556)



"COMPORTAMIENTO DE LA SUBRASANTE DE LA CARRETERA SAN BLAS AL ADICIONAR CAL Y CENIZA DE CORONTA DE MAÍZ, MACATE -2023"

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA FACULTAD DE INGENIERIA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS		 UNS UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
Proyecto	: "Comportamiento de la Subrasante de la Carretera San Blas al Adicionar Cal y Ceniza de Coronta de	
Localizacion	: San Blas, Distrito de Macate, Provincia Santa, Departamento Ancash	
Muestra	: Calicata N°03	Dosificacion : Suelo Natural + 5%(Cal + CCM)
Testistas	: Bach. Montoro Ramirez, Yocelin. Bach. Narvaez Rodriguez, Beatriz Rosmary. Fecha : Marzo 2024	
DENSIDAD DE CAMPO (ASTM D -1556)		

DENSIDAD DE CAMPO (ASTM D -1556)		
VOLUMEN DEL HOYO		
1	Peso del frasco + arena conocida(gr)	5546.00
2	Peso del frasco + arena sobrante (gr)	2455.00
3	Peso de arena empleada (gr) (1-2)	3091.00
4	Peso de arena en el cono (gr)	1520.00
5	Peso de la arena en el hoyo (gr) (3-4)	1571.00
6	Densidad de la arena (gr/cm ³)	1.36
7	Volumen del hoyo (cm ³) (5/6)	1155.15
DENSIDAD SECA IN SITU DE LA MUESTRA		
8	Peso del suelo + grava (gr)	2554.80
9	Peso retenido en el tamiz 3/4" (gr)	127.75
10	Peso especifico de grava (gr/cm ³)	2.68
11	Volumen de la grava (cm ³) (9/10)	47.67
12	Peso de la muestra extraida del hoyo (gr)	2554.80
13	Volumen del suelo (cm ³)	1155.15
14	Densidad humedad in situ (gr/cm ³)	2.21
15	Contenido de humedad (%)	5.48
16	Densidad Seca in situ (gr/cm ³)	2.10
GRADO DE COMPACTACION		
17	Maxima Densidad seca (gr/cm ³) (proctor)	2.21
18	Optimo Contenido de Humedad (%)	6.00
Grado de compactacion (%)		95.05





ANEXO 5
PANEL FOTOGRAFICO



TRABAJOS EN CAMPO

Fotografía 1 *Identificación del tramo en estudio correspondiente a la carretera San Blas*



Fotografía 2 *Toma de coordenadas con GPS en la progresiva 0+000km correspondiente al tramo de estudio de la Carretera San Blas- Macate*





Fotografía 3 *Toma de coordenadas con GPS en un punto de referencia (canal existente) correspondiente al tramo de estudio de la Carretera San Blas- Macate*



Fotografía 4 *Toma de coordenadas con GPS en un punto de referencia (riachuelo) correspondiente al tramo de estudio de la Carretera San Blas- Macate*





Fotografía 5 Toma de coordenadas con GPS en un punto de referencia (río) correspondiente al tramo de estudio de la Carretera San Blas- Macate



Fotografía 6 Toma de coordenadas con GPS en la progresiva 1+500km correspondiente al tramo de estudio de la Carretera San Blas- Macate





“COMPORTAMIENTO DE LA SUBRASANTE DE LA CARRETERA SAN BLAS AL ADICIONAR CAL Y CENIZA DE CORONTA DE MAÍZ, MACATE -2023”

Fotografía 7 *Ubicación y toma de coordenadas con GPS de la calicata C-01 en la Carretera San Blas-Macate correspondiente al tramo 0+000km – 1+500km*



Fotografía 8 *Excavación de la calicata C-01 en la Carretera San Blas- Macate correspondiente al tramo 0+000km – 1+500km*





“COMPORTAMIENTO DE LA SUBRASANTE DE LA CARRETERA SAN BLAS AL ADICIONAR CAL Y CENIZA DE CORONTA DE MAÍZ, MACATE -2023”

Fotografía 9 Toma de muestra de la calicata C-01 en la Carretera San Blas- Macate correspondiente al tramo 0+000km – 1+500km



Fotografía 10 Recolección de muestras de la calicata C-01 en la Carretera San Blas- Macate correspondiente al tramo 0+000km – 1+500km





“COMPORTAMIENTO DE LA SUBRASANTE DE LA CARRETERA SAN BLAS AL ADICIONAR CAL Y CENIZA DE CORONTA DE MAÍZ, MACATE -2023”

Fotografía 11 Ubicación y toma de coordenadas con GPS de la calicata C-02 en la Carretera San Blas-Macate correspondiente al tramo 0+000km – 1+500km



Fotografía 12 Excavación de la calicata C-02 en la Carretera San Blas- Macate correspondiente al tramo 0+000km – 1+500km





“COMPORTAMIENTO DE LA SUBRASANTE DE LA CARRETERA SAN BLAS AL ADICIONAR CAL Y CENIZA DE CORONTA DE MAÍZ, MACATE -2023”

Fotografía 13 Toma de muestra de la calicata C-02 en la Carretera San Blas- Macate correspondiente al tramo 0+000km – 1+500km



Fotografía 14 Recolección de muestras de la calicata C-02 en la Carretera San Blas- Macate correspondiente al tramo 0+000km – 1+500km





“COMPORTAMIENTO DE LA SUBRASANTE DE LA CARRETERA SAN BLAS AL ADICIONAR CAL Y CENIZA DE CORONTA DE MAÍZ, MACATE -2023”

Fotografía 15 Ubicación y toma de coordenadas con GPS de la calicata C-03 en la Carretera San Blas-Macate correspondiente al tramo 0+000km – 1+500km



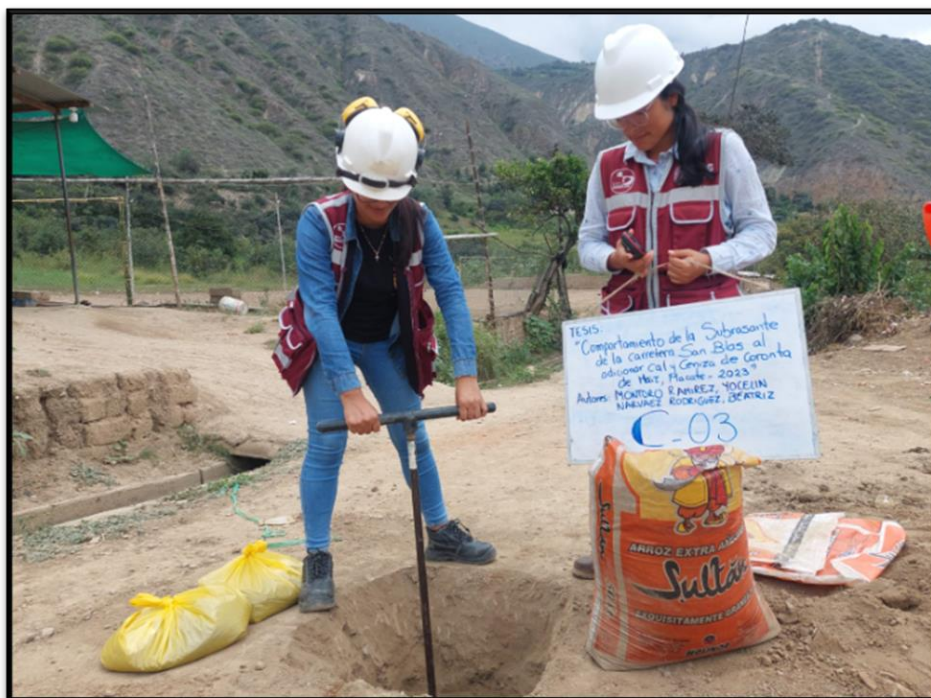
Fotografía 16 Excavación de la calicata C-03 en la Carretera San Blas- Macate correspondiente al tramo 0+000km – 1+500km





“COMPORTAMIENTO DE LA SUBRASANTE DE LA CARRETERA SAN BLAS AL ADICIONAR CAL Y CENIZA DE CORONTA DE MAÍZ, MACATE -2023”

Fotografía 17 Toma de muestra de la calicata C-03 en la Carretera San Blas- Macate correspondiente al tramo 0+000km – 1+500km



Fotografía 18 Recolección de muestras de la calicata C-03 en la Carretera San Blas- Macate correspondiente al tramo 0+000km – 1+500km





“COMPORTAMIENTO DE LA SUBRASANTE DE LA CARRETERA SAN BLAS AL ADICIONAR CAL Y CENIZA DE CORONTA DE MAÍZ, MACATE -2023”

Fotografía 19 Ubicación y toma de coordenadas con GPS de la calicata C-04 en la Carretera San Blas-Macate correspondiente al tramo 0+000km – 1+500km



Fotografía 20 Excavación de la calicata C-04 en la Carretera San Blas- Macate correspondiente al tramo 0+000km – 1+500km





“COMPORTAMIENTO DE LA SUBRASANTE DE LA CARRETERA SAN BLAS AL ADICIONAR CAL Y CENIZA DE CORONTA DE MAÍZ, MACATE -2023”

Fotografía 21 Toma de muestra de la calicata C-04 en la Carretera San Blas- Macate correspondiente al tramo 0+000km – 1+500km



Fotografía 22 Recolección de muestras de la calicata C-04 en la Carretera San Blas- Macate correspondiente al tramo 0+000km – 1+500km





“COMPORTAMIENTO DE LA SUBRASANTE DE LA CARRETERA SAN BLAS AL ADICIONAR CAL Y CENIZA DE CORONTA DE MAÍZ, MACATE -2023”

Fotografía 23 Demarcación del tramo de prueba, con un área de 3m x 6m





“COMPORTAMIENTO DE LA SUBRASANTE DE LA CARRETERA SAN BLAS AL ADICIONAR CAL Y CENIZA DE CORONTA DE MAÍZ, MACATE -2023”

Fotografía 24 *Demarcación del tramo de prueba, con un área de 3m x 6m*



Fotografía 25 *Pesado de la cal*



Fotografía 26 *Pesado de la ceniza de coronta de maíz*





“COMPORTAMIENTO DE LA SUBRASANTE DE LA CARRETERA SAN BLAS AL ADICIONAR CAL Y CENIZA DE CORONTA DE MAÍZ, MACATE -2023”

Fotografía 27 Preparación de la mezcla estabilizadora de cenizas de coronta de maíz y cal



Fotografía 28 Escarificación y homogeneización de la subrasante del tramo de prueba





“COMPORTAMIENTO DE LA SUBRASANTE DE LA CARRETERA SAN BLAS AL ADICIONAR CAL Y CENIZA DE CORONTA DE MAÍZ, MACATE -2023”



Fotografía 29 *Escarificación y homogeneización de la subrasante del tramo de prueba*





“COMPORTAMIENTO DE LA SUBRASANTE DE LA CARRETERA SAN BLAS AL ADICIONAR CAL Y CENIZA DE CORONTA DE MAÍZ, MACATE -2023”



Fotografía 30 *Tendido manual de la mezcla de ceniza de coronta de maíz y cal en el tramo de prueba a estabilizar, para ser mezclado con el suelo en estudio.*





“COMPORTAMIENTO DE LA SUBRASANTE DE LA CARRETERA SAN BLAS AL ADICIONAR CAL Y CENIZA DE CORONTA DE MAÍZ, MACATE -2023”



Fotografía 31 Homogenización de la mezcla de ceniza de coronta de maíz y cal con el suelo de la subrasante del tramo de prueba.





“COMPORTAMIENTO DE LA SUBRASANTE DE LA CARRETERA SAN BLAS AL ADICIONAR CAL Y CENIZA DE CORONTA DE MAÍZ, MACATE -2023”

Fotografía 32 *Humedecimiento del suelo de la subrasante después de la escarificación del material hasta llevarlo a una condición de $\pm 2\%$ con respecto a la humedad óptima de compactación obtenida mediante ensayo en laboratorio.*





“COMPORTAMIENTO DE LA SUBRASANTE DE LA CARRETERA SAN BLAS AL ADICIONAR CAL Y CENIZA DE CORONTA DE MAÍZ, MACATE -2023”

Fotografía 33 *Compactación del tramo de prueba usando una plancha compactadora*





“COMPORTAMIENTO DE LA SUBRASANTE DE LA CARRETERA SAN BLAS AL ADICIONAR CAL Y CENIZA DE CORONTA DE MAÍZ, MACATE -2023”

Fotografía 34 Compactación del tramo de prueba usando una plancha compactadora

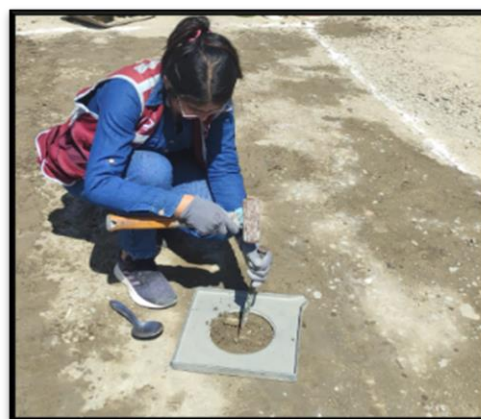




Fotografía 35 *Pesaje del cono de arena antes del ensayo de densidad de campo*



Fotografía 36 *Colocación de la placa y perforación del suelo compactado.*

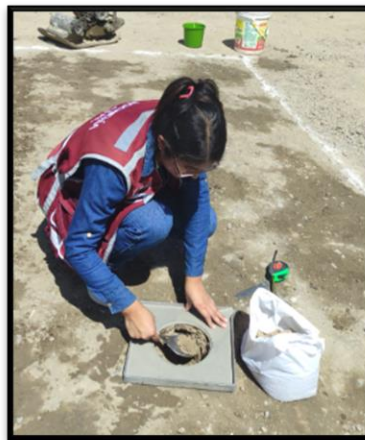




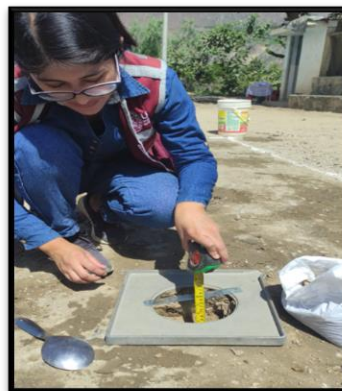
“COMPORTAMIENTO DE LA SUBRASANTE DE LA CARRETERA SAN BLAS AL ADICIONAR CAL Y CENIZA DE CORONTA DE MAÍZ, MACATE -2023”



Fotografía 37 El suelo obtenido se coloca en una bolsa plástica para mantener su humedad, para que posteriormente sea llevado al laboratorio y se determina su contenido de humedad

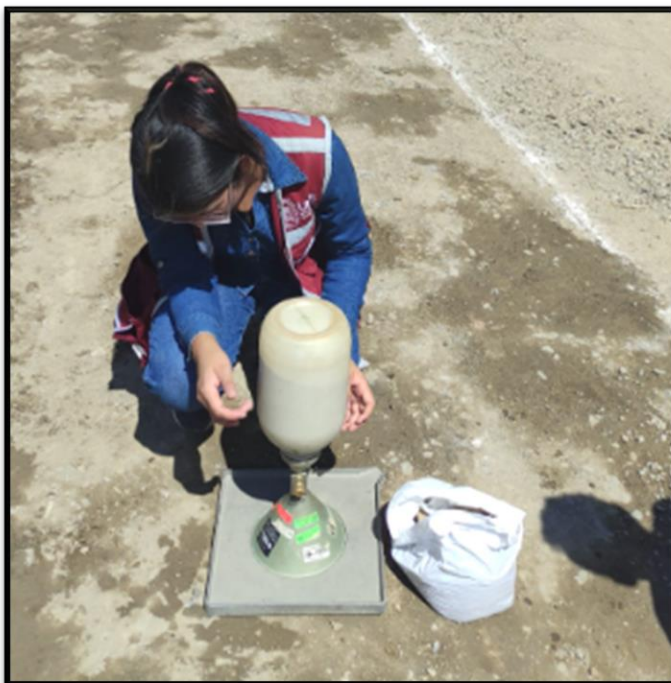


Fotografía 38 El suelo se perfora hasta alcanzar una profundidad de 15cm.





Fotografía 39 Colocación del cono de arena sobre la placa, se abrió la llave y se dio paso a la arena ya calibrada, hasta llenar el agujero.

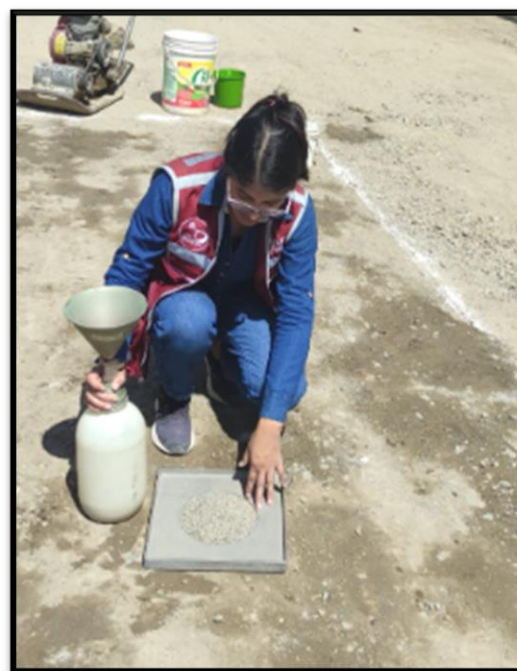


Fotografía 40 Pesaje del suelo retenido en la malla.





Fotografía 41 Retiramos el cono una vez lleno el agujero con la arena para así determinar su volumen mediante la diferencia de pesos del frasco inicial y final, para determinar la densidad del suelo in situ.





“COMPORTAMIENTO DE LA SUBRASANTE DE LA CARRETERA SAN BLAS AL ADICIONAR CAL Y CENIZA DE CORONTA DE MAÍZ, MACATE -2023”

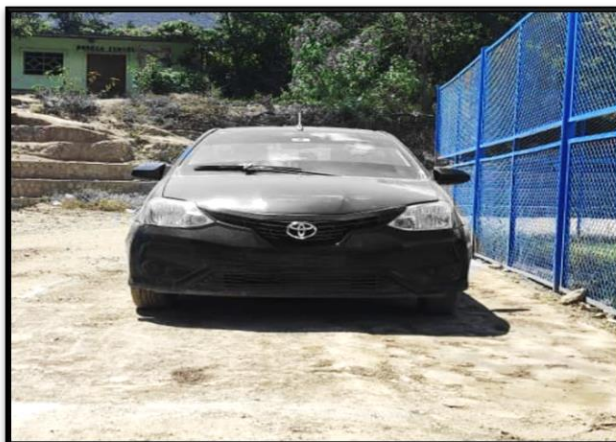
Fotografía 42 *Recogemos la arena del agujero tratando de que no se contamine para que sea tamizada y pueda usarse otra vez.*



Fotografía 43 *Finalizado el ensayo de densidad de campo se continua con el tránsito normal sobre el tramo de prueba ubicado en la carretera San Blas- Macate*



Fotografía 44 *Evaluación del tramo de prueba realizado en la carretera San Blas Macate luego de 15 días de realizada la compactación*





Fotografía 45 *Evaluación del tramo de prueba realizado en la carretera San Blas Macate luego de 15 días de realizada la compactación.*





TRABAJOS EJECUTADO EN LABORATORIO

Fotografía 46 *Obtención de muestra representativa de cada calicata mediante el cuarteo (MTC E 105).*





“COMPORTAMIENTO DE LA SUBRASANTE DE LA CARRETERA SAN BLAS AL ADICIONAR CAL Y CENIZA DE CORONTA DE MAÍZ, MACATE -2023”

Fotografía 47 Taras con las muestras representativas para determinar el contenido de humedad.



Fotografía 48 Determinación del contenido de humedad de las muestras colocadas en las taras





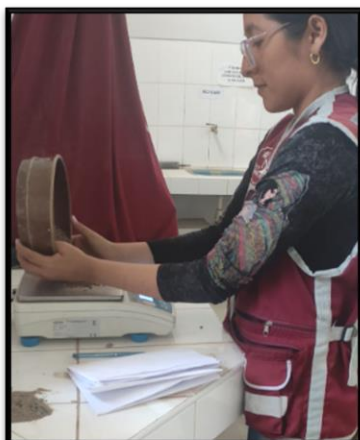
“COMPORTAMIENTO DE LA SUBRASANTE DE LA CARRETERA SAN BLAS AL ADICIONAR CAL Y CENIZA DE CORONTA DE MAÍZ, MACATE -2023”

Fotografía 49 *Determinación de la granulometría del suelo mediante tamices para ello se realiza el vertido de las muestras de suelo por el juego de tamices para cada calicata.*





Fotografía 50 *Pesaje de las muestras retenidas en cada malla del juego de tamices*





“COMPORTAMIENTO DE LA SUBRASANTE DE LA CARRETERA SAN BLAS AL ADICIONAR CAL Y CENIZA DE CORONTA DE MAÍZ, MACATE -2023”

Fotografía 51 *Muestra representativa del suelo pasante del tamiz N°40*



Fotografía 52 *Equipos y materiales necesarios para la determinación del límite líquido (MTC E 110)*



Fotografía 53 *Determinación del límite líquido de las respectivas muestras de la zona en estudio con las combinaciones de ceniza de mazorca de maíz y cal*





“COMPORTAMIENTO DE LA SUBRASANTE DE LA CARRETERA SAN BLAS AL ADICIONAR CAL Y CENIZA DE CORONTA DE MAÍZ, MACATE -2023”



Fotografía 54 Se registró los números de golpes y se extraerá la muestra representativa de cada ensayo, las cuales se procederán a pesar y secar en el horno a 110 ± 5 °C durante 24 horas, para poder determinar el contenido de humedad.



Fotografía 55 Con la muestra del ensayo del límite líquido se procede a tomar muestras para la determinación del límite plástico e índice de Plasticidad.





“COMPORTAMIENTO DE LA SUBRASANTE DE LA CARRETERA SAN BLAS AL ADICIONAR CAL Y CENIZA DE CORONTA DE MAÍZ, MACATE -2023”

Fotografía 56 Usando las yemas de los dedos se dan forma de cilindros de aproximadamente 3.2 mm y cuidando que sean regulares y uniformes de inicio a fin.



Fotografía 57 Se registra los datos del pesaje y se procede a secar nuestras muestras durante 24 horas en el horno de 110 ± 5 °C, para así determinar el contenido de humedad.



Fotografía 58 Registro de los pesos de los materiales utilizados para la realización del ensayo Proctor.





“COMPORTAMIENTO DE LA SUBRASANTE DE LA CARRETERA SAN BLAS AL ADICIONAR CAL Y CENIZA DE CORONTA DE MAÍZ, MACATE -2023”

Fotografía 59 Preparación de la mezcla de suelo con adición de cal y ceniza de mazorca de maíz hasta uniformizarlo.



Fotografía 60 Realización del ensayo de Proctor compactando la mezcla del suelo en 3 capas de 25 golpes con pisón manual de caída libre.



Fotografía 61 Enrasado y pesaje del molde con mezcla de suelo y ceniza de mazorca de maíz con cal.





“COMPORTAMIENTO DE LA SUBRASANTE DE LA CARRETERA SAN BLAS AL ADICIONAR CAL Y CENIZA DE CORONTA DE MAÍZ, MACATE -2023”

Fotografía 62 Enrasado y Toma de tres muestras de la mezcla compactada para obtener mediante el promedio el óptimo contenido de humedad de cada Proctor.





“COMPORTAMIENTO DE LA SUBRASANTE DE LA CARRETERA SAN BLAS AL ADICIONAR CAL Y CENIZA DE CORONTA DE MAÍZ, MACATE -2023”

Fotografía 63 *Pesaje de las taras y colocación al horno para obtener su peso seco.*





Fotografía 64 Toma de medidas de los moldes para el ensayo de CBR



Fotografía 65 Pesaje de los moldes de CBR antes de realizar el ensayo.



Fotografía 66 Realización del ensayo CBR compactando el suelo en capas





“COMPORTAMIENTO DE LA SUBRASANTE DE LA CARRETERA SAN BLAS AL ADICIONAR CAL Y CENIZA DE CORONTA DE MAÍZ, MACATE -2023”

Fotografía 67 Muestras CBR sumergidas en el agua por un periodo de 96 horas, luego de realizado la compactación.





“COMPORTAMIENTO DE LA SUBRASANTE DE LA CARRETERA SAN BLAS AL ADICIONAR CAL Y CENIZA DE CORONTA DE MAÍZ, MACATE -2023”

Fotografía 68 Realización del ensayo de penetración de las muestras de suelo natural y las mezclas de ceniza de coronta de maíz con cal, empleándose las prensas hidráulicas. Se registraron los datos durante el ensayo.





Fotografía 69 *Obtención de muestras y colocación al horno para determinar su peso seco.*

