

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



UNS
UNIVERSIDAD
NACIONAL DEL SANTA

**Mejora del índice de CBR en la estabilización de subrasante adicionando
aceite sulfonado y cemento portland en Nuevo Kaqui-Yaután-2023**

Tesis para obtener el Título profesional de Ingeniero Civil.

Autores:

Bach. Alva Alba, Jaimito

Bach. Alva Alba, Marcos

Asesor:

Ms. Ing. Rivasplata Díaz, Julio Cesar

CÓDIGO ORCID: 0000-0002-4180-9362

Nuevo Chimbote - Perú

2025

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



UNS
UNIVERSIDAD
NACIONAL DEL SANTA

“Mejora del índice de CBR en la estabilización de subrasante adicionando aceite sulfonado y cemento portland en Nuevo Kaqui-Yaután-2023”

Tesis para obtener el Título profesional de Ingeniero Civil.

Revisado y aprobado por:


Ms. Ing. Rivasplata Díaz, Julio Cesar

ASESOR

DNI N° 32770844

CÓDIGO ORCID: 0000-0002-4180-9362

Nuevo Chimbote - Perú

2025

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



UNS
UNIVERSIDAD
NACIONAL DEL SANTA

“Mejora del índice de CBR en la estabilización de subrasante adicionando aceite sulfonado y cemento portland en Nuevo Kaqui-Yaután-2023”

Tesis para obtener el Título profesional de Ingeniero Civil.

Revisado y aprobado por los siguientes jurados:

Dr. Abner Itamar Leon Bobadilla

Presidente

DNI N° 32942184

CÓDIGO ORCID: 0000-0003-2949-6591

Ms. Luz Esther Alvarez Asto

Secretaria

DNI N° 32968961

CÓDIGO ORCID: 0000-0001-6491-6569

Ms. Julio Cesar Rivasplata Diaz

Integrante

DNI N° 32770844

CÓDIGO ORCID: 0000-0002-4180-9362

Nuevo Chimbote - Perú

2025



FACULTAD DE INGENIERÍA
Escuela Profesional de Ingeniería Civil
- EPIC -

ACTA DE SUSTENTACIÓN INFORME FINAL DE TESIS

A los 25 días del mes de noviembre del año dos mil veinticinco, siendo las 11:00 horas, en el Laboratorio de Topografía del edificio de Ingeniería Civil, se instaló el Jurado Evaluador designado mediante T. Resolución N° 309-2025-UNS-CFI, con fecha 20.06.2025, integrado por los siguientes docentes: Dr. Abner Itamar León Bobadilla (Presidente), Ms. Luz Esther Álvarez Asto (Secretaria), Ms. Julio César Rivasplata Díaz (Integrante), Dra. Jenisse del Rocío Fernández Mantilla (Accesitaria), en base a la Resolución Decanal N° 834-2025-UNS-FI se da inicio la sustentación de la Tesis titulada: "MEJORA DEL ÍNDICE CBR EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE ADICIONANDO ACEITE SULFONADO Y CEMENTO PORTLAND EN NUEVO KAQUI – YAUTAN - 2023", presentado por los Bachilleres ALVA ALBA JAIMITO con cód. N° 0201413003 y ALVA ALBA MARCOS con cód. N° 0201413004, quienes fueron asesorados por el docente Ms. Julio César Rivasplata Díaz según lo establece la T. Resolución Decanal N° 123-2023-UNS-FI, de fecha 02.03.2023

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
ALVA ALBA JAIMITO	17	BUENO

Siendo las 12:00 horas del mismo día, se dio por terminado el acto de sustentación, firmando la presente acta en señal de conformidad.

Nuevo Chimbote, 25 de noviembre de 2025.



Dr. Abner Itamar León Bobadilla
Presidente



Ms. Luz Esther Álvarez Asto
Secretaria



Ms. Julio César Rivasplata Díaz
Integrante

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
Rectorado: Av. Pacífico N° 508 – Urb. Buenos Aires
Campus Universitario: Av. Universitaria s/n – Urb. Bellamar
Central telefónica: (51)-43-310445 - Nuevo Chimbote – Ancash – Perú

www.uns.edu.pe



FACULTAD DE INGENIERÍA
Escuela Profesional de Ingeniería Civil
- EPIC -

ACTA DE SUSTENTACIÓN INFORME FINAL DE TESIS

A los 25 días del mes de noviembre del año dos mil veinticinco, siendo las 11:00 horas, en el Laboratorio de Topografía del edificio de Ingeniería Civil, se instaló el Jurado Evaluador designado mediante T. Resolución N° 309-2025-UNS-CFI, con fecha 20.06.2025, integrado por los siguientes docentes: Dr. Abner Itamar León Bobadilla (Presidente), Ms. Luz Esther Álvarez Asto (Secretaria), Ms. Julio César Rivasplata Díaz (Integrante), Dra. Jenisse del Rocío Fernández Mantilla (Accesitaria), en base a la Resolución Decanal N° 834-2025-UNS-FI se da inicio la sustentación de la Tesis titulada: "MEJORA DEL ÍNDICE CBR EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE ADICIONANDO ACEITE SULFONADO Y CEMENTO PORTLAND EN NUEVO KAQUI – YAUTAN - 2023", presentado por los Bachilleres ALVA ALBA JAIMITO con cód. N° 0201413003 y ALVA ALBA MARCOS con cód. N° 0201413004, quienes fueron asesorados por el docente Ms. Julio César Rivasplata Díaz según lo establece la T. Resolución Decanal N° 123-2023-UNS-FI, de fecha 02.03.2023

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
ALVA ALBA MARCOS	17	BUENO

Siendo las 12:00 horas del mismo día, se dio por terminado el acto de sustentación, firmando la presente acta en señal de conformidad.

Nuevo Chimbote, 25 de noviembre de 2025.


Dr. Abner Itamar León Bobadilla
Presidente


Ms. Luz Esther Álvarez Asto
Secretaria


Ms. Julio César Rivasplata Díaz
Integrante

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
Rectorado: Av. Pacífico N° 508 – Urb. Buenos Aires
Campus Universitario: Av. Universitaria s/n – Urb. Bellamar
Central telefónica: (51)-43-310445 - Nuevo Chimbote – Ancash – Perú

www.uns.edu.pe

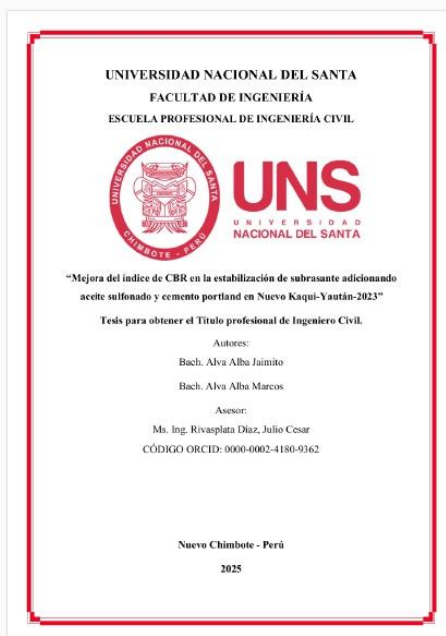


Recibo digital

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: Jaimito Alva
Título del ejercicio: TESIS FINAL
Título de la entrega: Mejora del índice de CBR en la estabilización de subrasante ad...
Nombre del archivo: INFORME_FINAL_DE_TESIS_ALVA_ALBA_-_INFORME_FINAL.docx
Tamaño del archivo: 3.29M
Total páginas: 110
Total de palabras: 18,292
Total de caracteres: 98,223
Fecha de entrega: 15-abr-2026 10:50a. m. (UTC-0500)
Identificador de la entrega: 2932956033



Mejora del índice de CBR en la estabilización de subrasante adicionando aceite sulfonado y cemento portland en Nuevo Kaqui-Yaután-2023

INFORME DE ORIGINALIDAD

22%

INDICE DE SIMILITUD

23%

FUENTES DE INTERNET

4%

PUBLICACIONES

10%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net Fuente de Internet	9%
2	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	2%
3	repositorio.unc.edu.pe Fuente de Internet	1%
4	repositorio.uns.edu.pe Fuente de Internet	1%
5	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	1%
6	Submitted to Universidad Tecnológica de los Andes Trabajo del estudiante	1%
7	1library.co Fuente de Internet	1%
8	tesis.usat.edu.pe Fuente de Internet	1%
9	repositorio.uncp.edu.pe Fuente de Internet	<1%
10	www.coursehero.com Fuente de Internet	<1%
11	Submitted to Universidad Nacional del Santa	

DEDICATORIAS

Dedico este trabajo a mis padres por el apoyo incondicional que siempre me brindaron en cada etapa de mi vida y así poder ir logrando mis objetivos.

A mis docentes que me dedicaron de su tiempo para poder impartirme sus conocimientos y contribuir en mi formación.

Alva Alba Gaimito.

A mis padres.

Por sus consejos, sus valores, motivaciones y perseverancia que han sabido guiarme para culminar mi carrera profesional.

A mi familia.

Por confiar en mis capacidades, y luchar día a día para darme la oportunidad de tener la educación superior, por darme su apoyo incondicional en cada momento de mi vida.

Alva Alba Marcos.

AGRADECIMIENTO

A Dios por haber permitido estar bien de salud, darme la fortaleza emocional y sabiduría para poder afrontar los buenos y malos momentos de mi vida.

A mis hermanos por estar siempre motivándome y dándome sus sabios y acertados consejos para seguir siempre adelante.

A mi asesor Julio Cesar Rivasplata Díaz por siempre haberme brindado su tiempo para poder asesorarme y orientarme durante el desarrollo de mi Tesis.

Alva Alba Gaimito.

Agradezco a mis padres por los consejos, apoyo, sustento y cariño incondicional. A mis familiares y amigos que de una u otra manera formaron parte de este trabajo.

A la Universidad Nacional del Santa, por formarme como profesional. A los docentes de la Carrera de Ingeniería Civil por compartir sus conocimientos y experiencias, en especial al Ing. Julio Cesar Rivasplata Díaz, por el aporte al desarrollo de esta investigación.

Alva Alba Marcos.

Índice general

DEDICATORIAS	iv
AGRADECIMIENTO	x
Índice general	xii
Índice de tablas	xvi
RESUMEN	xix
ABSTRACT	xx
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	21
I. Introducción	22
1.1. Descripción y Formulación del Problema.....	22
1.1.1. Descripción	22
1.1.2. Formulación Del Problema.....	23
1.1.2.1. Problema Principal.	23
1.1.2.2. Problemas Específicas.	24
1.2. Objetivos	24
1.2.1. Objetivo General	24
1.2.2. Objetivos Específicos.....	24
1.3. Hipótesis de la Investigación.....	25
1.4. Justificación.....	25
1.4.1. Social.....	25
1.4.2. Económica.....	25
1.4.3. Técnica.....	25
1.5. Limitaciones del trabajo	26
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO	27
II. Marco Teórico	28
2.1. Antecedentes de la investigación.	28
2.1.1. Internacionales	28
2.1.2. Nacionales.....	32
2.2. Base Teórica.....	35
2.2.1. Subrasante de una carretera.	35
2.2.2. Estabilización de suelos	35

2.2.3.	Cemento Portland como agente estabilizante	36
2.2.4.	Aceite sulfonado como aditivo estabilizante	37
2.2.5.	Ensayo de CBR	38
2.2.6.	Clasificación de Suelos	41
2.2.6.1.	Sistema unificado de clasificación (SUCS).....	41
2.2.6.2.	Sistema de clasificación AASHTO.	41
2.3.	Definición de Términos.....	42
2.3.1.	Cemento Portland Tipo I.....	42
2.3.2.	Calicatas.....	42
2.3.3.	Contenido de humedad natural	43
2.3.4.	Plasticidad de un suelo.....	43
2.3.5.	Compactación de suelos.....	43
2.3.6.	Prueba del Proctor.....	43
2.4.	Marco Normativo.	44
CAPÍTULO III. MATERIALES Y MÉTODOS		45
III.	Metodología	46
3.1.	Enfoque de investigación.	46
3.2.	Alcance de investigación.....	46
3.3.	Método de investigación.	46
3.4.	Diseño de Investigación.	47
3.5.	Población y Muestra.....	48
3.5.1.	Población.....	48
3.5.2.	Muestra	48
3.6.	Operacionalización o Categorización de Variables.	48
3.6.1.	Variables	48
3.6.2.	Definición Conceptual	48
3.6.3.	Definición Operacional.....	49
3.6.4.	Dimensiones.....	50
3.7.	Técnica e Instrumentos de Recolección de Datos	50
3.7.1.	Técnicas de recolección de datos.	50
3.7.2.	Instrumentos de recolección de datos.	51
3.8.	Técnicas de Análisis de Resultados.	51
CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN		52
IV.	Resultados y Discusión	53

4.1.	Análisis e Interpretación de Resultados.	53
3.8.1.	Propiedades físicas y mecánicas del suelo natural de la vía de acceso al Centro Poblado Nuevo Kaqui.....	53
3.8.2.	Clasificación de suelos de la vía de acceso al Centro Poblado Nuevo Kaqui. ...	58
3.8.3.	Comportamiento del índice del CBR con la adición de Cemento Portland y Aceite Sulfonado.....	63
3.8.3.1.	Máxima densidad seca y óptimo contenido de humedad de la Calicata C-01 adicionando aceite sulfonado y Cemento Portland.....	63
3.8.3.2.	Máxima densidad seca y óptimo contenido de humedad de la Calicata C-02 adicionando aceite sulfonado y Cemento Portland.....	67
3.8.3.3.	Máxima densidad seca y óptimo contenido de humedad de la Calicata C-03 adicionando aceite sulfonado y Cemento Portland.....	70
3.8.3.4.	Máxima densidad seca y óptimo contenido de humedad de la Calicata C-04 adicionando aceite sulfonado y Cemento Portland.....	73
3.8.3.5.	Máxima densidad seca y óptimo contenido de humedad de la Calicata C-05 adicionando aceite sulfonado y Cemento Portland.....	76
3.8.3.6.	Índice de CBR de la calicata C-01 con la adición de Cemento Portland y aceite sulfonado.	79
3.8.3.7.	Índice de CBR de la calicata C-02 con la adición de Cemento Portland y aceite sulfonado.	82
3.8.3.8.	Índice de CBR de la calicata C-03 con la adición de Cemento Portland y aceite sulfonado.	84
3.8.3.9.	Índice de CBR de la calicata C-04 con la adición de Cemento Portland y aceite sulfonado.	86
3.8.3.10.	Índice de CBR de la calicata C-05 con la adición de Cemento Portland y aceite sulfonado.	88
3.8.3.11.	Índice de CBR de diseño de la vía de acceso al Centro Poblado Nuevo Kaqui. 90	
4.2.	Discusiones.....	94
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		97
V.	Conclusiones y Recomendaciones.....	98
5.1.	Conclusiones	98
5.2.	Recomendaciones.....	100
CAPÍTULO VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS Y VIRTUALES		102
VI.	Referencia Bibliográfica.....	103
ANEXOS	106

VII.	Anexos	107
7.1.	Anexo 01.- Ensayos del laboratorio	107
7.2.	Anexo 02. Panel Fotográfico.....	193

Índice de tablas

Tabla 1.	Porcentajes en peso recomendados en la estabilización, según el tipo de suelos. .	37
Tabla 2.	Categorización de la Subrasante según el valor del CBR.....	40
Tabla 3.	Ubicación de la extracción de muestras.....	53
Tabla 4.	Contenido de humedad natural de la subrasante ASTM D-2216.	54
Tabla 5.	Límites de Atterberg	55
Tabla 6.	Proctor Modificado.	56
Tabla 7.	Capacidad de soporte del suelo Natural ASTM D-1883.	57
Tabla 8.	Análisis granulométrico	58
Tabla 9.	Clasificación SUCS y AASHTO	62
Tabla 10.	Proctor modificado (ASTM D-1557) C-01.....	63
Tabla 11.	Proctor modificado (ASTM D-1557), C-02.....	67
Tabla 12.	Proctor modificado (ASTM D-1557), C-03.....	70
Tabla 13.	Proctor modificado (ASTM D-1557), C-04.....	73
Tabla 14.	Proctor modificado (ASTM D-1557), C-05.....	76
Tabla 15.	Resultados de la capacidad de soporte CBR (ASTM D-1883), C-01.....	79
Tabla 16.	Resultados de la capacidad de soporte CBR (ASTM D-1883), C-02.....	82
Tabla 17.	Resultados de la capacidad de soporte CBR (ASTM D-1883), C-03.....	84
Tabla 18.	Resultados de la capacidad de soporte CBR (ASTM D-1883), C-04.....	86
Tabla 19.	Resultados de la capacidad de soporte CBR (ASTM D-1883), C-05.....	88
Tabla 20.	Análisis de varianza (ANOVA).	89
Tabla 21.	Resultados de la prueba de comparación múltiple HDS de Tukey.....	90

Índice de figuras

Figura 1.	Curva patrón de referencia de la muestra bien graduada y el suelo en estudio.	39
Figura 2.	Contenido de humedad Natural de la subrasante.	54
Figura 3.	Curva granulométrica de la calicata C-01.	60
Figura 4.	Curva granulométrica de la calicata C-02.	60
Figura 5.	Curva granulométrica de la calicata C-03.	61
Figura 6.	Curva granulométrica de la calicata C-04.	61
Figura 7.	Curva granulométrica de la calicata C-05.	62
Figura 8.	Comparativo de la Máxima densidad seca de la subrasante natural y sus adicciones, C-01.	65
Figura 9.	Comparativo del óptimo contenido de humedad de la subrasante natural y sus adicciones C-01.	66
Figura 10.	Comparativo de la Máxima densidad seca de la subrasante natural y sus adicciones, C-02.	68
Figura 11.	Comparativo del óptimo contenido de humedad de la subrasante natural y sus adicciones C-02.	69
Figura 12.	Comparativo de la Máxima densidad seca de la subrasante natural y sus adicciones, C-03.	71
Figura 13.	Comparativo del óptimo contenido de humedad de la subrasante natural y sus adicciones C-03.	72
Figura 14.	Comparativo de la Máxima densidad seca de la subrasante natural y sus adicciones, C-04.	74
Figura 15.	Comparativo del óptimo contenido de humedad de la subrasante natural y sus adicciones C-04.	75
Figura 16.	Comparativo de la Máxima densidad seca de la subrasante natural y sus adicciones, C-05.	77
Figura 17.	Comparativo del óptimo contenido de humedad de la subrasante natural y sus adicciones C-05.	78

Figura 18. Índice del CBR a 95% de la MDS y a una penetración de 0.1”, C-01.....	81
Figura 19. Índice del CBR a 95% de la MDS y a una penetración de 0.1”, C-02.....	83
Figura 20. Índice del CBR a 95% de la MDS y a una penetración de 0.1”, C-03.....	85
Figura 21. Índice del CBR a 95% de la MDS y a una penetración de 0.1”, C-04.....	87
Figura 22. Índice del CBR a 95% de la MDS y a una penetración de 0.1”, C-05.....	89
Figura 23. CBR al 95% de la Máxima densidad seca y a 0.1” de penetración de las muestras C-01, C-02, C-03, C-04 y C-05.....	90

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo mejorar el índice CBR de la subrasante de la vía de acceso al Centro Poblado Nuevo Kaqui, distrito de Yaután, provincia de Casma, departamento de Áncash, mediante la adición de cemento Portland y aceite sulfonado. El estudio fue de carácter experimental, manipulando las variables independientes y porcentajes de cemento Portland juntamente con una dosis constante de aceite sulfonado, en condiciones de laboratorio controladas, con el fin de evaluar su efecto sobre la capacidad de soporte del suelo, representada por el índice CBR.

Se evaluaron muestras provenientes de dos calicatas, y se evaluaron los resultados al 95% de la máxima densidad seca y penetración de 2.54mm, de acuerdo con las normas establecidas en el Manual de Carreteras del MTC (2014). Los resultados mostraron que con una dosificación óptima de 3.5% de cemento Portland tipo I y 0.32 L/m³ de aceite sulfonado, la calicata C-01 alcanzó un CBR de 74.42% y la calicata C-02 un CBR de 51.16%, valores que superan el umbral del 30%, categorizándose como una subrasante de categoría S5, excelente.

En conclusión, se tomó como índice CBR de diseño el promedio de ambos resultados, obteniéndose un valor de 62.79%, para mejorar de manera significativa, la capacidad de soporte del suelo en la subrasante estudiada.

Palabras Clave: Índice CBR, Estabilización de suelos, Cemento Portland, Aceite sulfonado

ABSTRACT

The objective of this study was to improve the CBR index of the subgrade of the access road to the Nuevo Kaqui Town Center, Yaután District, Casma Province, Ancash Department, by adding Portland cement and sulfonated oil. The study was experimental, manipulating the independent variables and percentages of Portland cement along with a constant dose of sulfonated oil under controlled laboratory conditions to evaluate its effect on soil bearing capacity, represented by the CBR index.

Samples from two test pits were evaluated, and the results were assessed at 95% of maximum dry density and 2.54 mm penetration, in accordance with the standards established in the MTC (2014). The results showed that with an optimal dosage of 3.5% Type I Portland cement and 0.32 L/m³ of sulfonated oil, pit C-01 achieved a CBR of 74.42% and pit C-02 a CBR of 51.16%, values exceeding the 30% threshold, categorizing it as a category S5 subgrade, excellent.

In conclusion, the average of both results was taken as the design CBR index, obtaining a value of 62.79%, significantly improving the soil bearing capacity of the subgrade studied.

Keywords: CBR index, Soil stabilization, Portland cement, Sulfonated oil.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

I. Introducción

1.1. Descripción y Formulación del Problema

1.1.1. Descripción

Las carreteras cumplen un rol clave en el desarrollo de un país, ya que permiten unir comunidades, facilitar el comercio y mejorar la calidad de vida de las personas. En este sentido, contar con vías de acceso en buenas condiciones es indispensable para tener una transitabilidad segura y eficiente. Cuando las rutas están diseñadas y conservadas, se reduce el riesgo de accidentes y se garantiza la continuidad del transporte de productos, el acceso a servicios básicos y la conectividad entre comunidades.

En el Perú, se evidencia, gran parte de la red vial rural no está pavimentada, lo cual sufren un rápido deterioro por efectos tanto el clima como del tránsito diario, repercutiendo directamente en la economía local, el acceso a servicios y la calidad de vida de los habitantes. En consecuencia, surge la necesidad de construir y rehabilitar la carretera y las carreteras circundantes con material de afirmado en diversos tramos de la vía. A nivel local en nuestra zona de estudio es importante poder utilizar aceite sulfonado para mejorar las características del suelo debido al deterioro de la carretera y restaurar el desgaste prematuro con materiales probados. Las provincias tienen el plan vial provincial donde se prioriza las carreteras que serán intervenidas y según el PVP tienen un período de 10 a 20 años, donde las autoridades son los alcaldes y ingenieros que asumen las funciones. La gestión de gobierno local tiene que hacer su plan de corto plazo en función al plan vial provincial y se debe efectuar un inventario para ver el estado de condición de las carreteras. (Urbano & Vargas, 2019)

La región de Áncash no es ajena a esta realidad. En el distrito de Yaután, las lluvias intensas ocurridas en marzo de 2023 provocaron huaicos que aislaron a comunidades como Tomeque, interrumpiendo el transporte de productos agrícolas y afectando a la economía

local, por lo que se evidenció la necesidad de mejorar el drenaje y la subrasante de la vía que está expuestas a condiciones climáticas extremas que genera inestabilidad y erosión en las vías. (AgroPerú, 2023).

En este contexto, en el Centro Poblado de Nuevo Kaqui, la situación de las vías presenta condiciones de transitabilidad inadecuadas. En la carretera de acceso se visualizó una subrasante con baja capacidad de soporte, es decir presenta ahuellamiento, deformaciones, fisuras y desprendimiento en zonas donde por el desmoronamiento se reducen el ancho útil de la vía, en consecuencia, presenta una transitabilidad deficiente, especialmente durante la temporada de lluvias. Esta condición genera dificultades en el transporte de productos agrícolas, limita el acceso a servicios básicos y restringe las oportunidades de desarrollo para la comunidad.

Ante esta realidad, surge la necesidad de implementar soluciones que mejoren la capacidad portante de la subrasante. Se sugiere la estabilización del suelo de fundación de la vía de acceso, mediante la adición de agentes estabilizantes como el cemento portland tipo I y el aceite sulfonado, ya que los antecedentes han demostrado ser una alternativa efectiva. por consiguiente, se planteó la necesidad de investigar si la adición de estos estabilizantes puede mejorar el índice de CBR de la subrasante en esta vía de acceso al Centro Poblado de Nuevo Kaqui.

1.1.2. Formulación Del Problema.

Tomando en cuenta lo antes descrito, se plantearon las siguientes interrogantes:

1.1.2.1. Problema Principal.

¿Cómo influye la adición de cemento Portland y aceite sulfonado en la mejora del índice de CBR de la vía de acceso del Centro Poblado Nuevo Kaqui, distrito de Yaután, provincia de Casma, departamento de Áncash – 2023?

1.1.2.2. Problemas Específicas.

- ¿Cuáles son las propiedades físicas - mecánicas del suelo natural de la vía de acceso al centro poblado Nuevo Kaqui, Yaután-2023?
- ¿Cómo se clasifica el suelo natural de la vía de acceso al Centro Poblado Nuevo Kaqui según el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS) y Asociación Americana de Oficiales de Carreteras Estatales y Transportes (AASHTO)?
- ¿Cómo es el comportamiento del índice del CBR al adicionar Cemento portland y aceite sulfonado a la vía de acceso al centro poblado Nuevo Kaqui, Yaután-2023?

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo General

Proponer la mejora del índice CBR en la estabilización de subrasante adicionando aceite sulfonado y cemento portland en la vía de acceso del Centro Poblado Nuevo Kaqui, distrito de Yaután, provincia de Casma, departamento de Áncash – 2023.

1.2.2. Objetivos Específicos

- Determinar las propiedades físicas - mecánicas del suelo natural de la vía de acceso al centro poblado Nuevo Kaqui mediante los ensayos de laboratorio como contenido de humedad, granulometría, Límites de Atterberg, Proctor Modificado, CBR.
- Clasificar el tipo de suelo existente en la vía de acceso al centro poblado Nuevo Kaqui, según Sistema Unificado de Clasificación de suelos (SUCS) y Asociación Americana de Oficiales de Carreteras Estatales y Transportes (AASHTO).
- Evaluar el comportamiento del índice CBR al adicionar porcentajes de 0.5%, 2%, 3.5% y 5% de cemento portland (aditivo sólido) junto con una dosificación constante de 0.32 lt/m³ de aceite sulfonado (aditivo líquido).

1.3. Hipótesis de la Investigación

Si se adiciona aceite sulfonado y cemento portland a la subrasante entonces habrá mejora del índice CBR en la vía de acceso en el Centro Poblado Nuevo Kaqui-2023.

1.4. Justificación

1.4.1. Social.

Desde el punto de vista social, esta investigación responde a la necesidad de mejorar la transitabilidad en la carretera de acceso al centro poblado Nuevo Kaqui, cuya vía representa la principal conexión con el Distrito de Yaután y otras localidades cercanas. Mejorar esta ruta, logrando una subrasante estable, se contribuye al desarrollo de la población, fortaleciendo el vínculo entre la población rural y los servicios básicos como la salud y educación, generando una mejor calidad de vida y oportunidades de desarrollo en la comunidad.

1.4.2. Económica.

Desde un enfoque económico, la adecuada estabilización de la subrasante de la vía permitirá un transporte rápido y seguro de productos agrícolas, los cuales son fundamentales para la economía del centro poblado de Nuevo Kaqui. Las dificultades actuales elevan los costos de transporte, lo que encarece los productos y reduce su competitividad en los mercados. Como consecuencia, se generan pérdidas económicas afectando negativamente en la calidad de vida de la población. Al mejorar la estructura de la vía mediante la aplicación de cemento portland y aceite sulfonado, se espera una reducción en costos de transporte.

1.4.3. Técnica.

Técnicamente, en esta investigación se evalúa una solución innovadora y sostenible mediante la estabilización de la subrasante con adición de cemento portland tipo y aceite sulfonado. Ambos agentes estabilizadores han demostrado en otras investigaciones su

efectividad para mejorar la capacidad de soporte del suelo, con ello se logró una mayor durabilidad de la vía ante condiciones climáticas adversas. Además, los resultados obtenidos podrán servir como base para futuras investigaciones en otras vías no asfaltadas con características geotécnicas similares.

1.5. Limitaciones del trabajo

- El estudio se limitó a un tramo de 2km de vía de acceso al centro poblado Nuevo Kaqui, en consecuencia, los resultados obtenidos no son extrapolables a otros sectores de la vía no evaluadas.
- Las muestras fueron extraídas de los puntos más críticos de la vía, seleccionados en función a las condiciones de la zona de estudio.
- El cemento utilizado para el estudio fue el cemento portland tipo I.
- La investigación estuvo condicionada a factores económicos, existiendo limitaciones como la accesibilidad a la zona de estudio, la disponibilidad de movilidad, cantidad de ensayos.

CAPÍTULO II.

MARCO TEÓRICO

II. Marco Teórico

2.1. Antecedentes de la investigación.

2.1.1. Internacionales

Iskadar et al. (2023), realizaron la investigación titulada "Effectiveness of Portland Cement Type 1 in Stabilizing Soft Clay Soil as Subgrade for Road Construction", publicada en la revista Jurnal Rekayasa Sipil de la Universidad Andalas, en Indonesia

El objetivo principal fue analizar la eficacia del cemento Portland Tipo 1 para mejorar las propiedades mecánicas de suelos arcillosos blandos, destinados a ser usados como subrasante en la construcción vial, específicamente en el tramo de la carretera Sawah Lunto - Talawi (STA 139+700 m).

La metodología consistió en realizar ensayos de resistencia a la compresión no confinada (UCS) sobre suelos naturales y suelos tratados con diferentes porcentajes de cemento Portland (1%, 2%, 3%, 4%, 5%, 6%, 7% y 10%) después de un período de curado de 7 días. Las pruebas se realizaron siguiendo las normas SNI (Estándar Nacional de Indonesia).

Los resultados demostraron que la adición de cemento mejoró significativamente la resistencia del suelo. Por ejemplo, el UCS del suelo natural (0.634 kg/cm²) aumentó a 2.832 kg/cm² con solo un 3% de adición de cemento, alcanzando hasta 8.024 kg/cm² con un 10% de adición. La investigación concluyó que el cemento Portland Tipo 1 es una alternativa viable y efectiva para estabilizar suelos arcillosos de alta plasticidad, mejorando su capacidad portante y asegurando una mayor durabilidad del pavimento.

Onyejekwe y Ghataora (2014), llevaron a cabo un estudio titulado "Soil stabilization using proprietary liquid chemical stabilizers: sulphonated oil and a polymer", publicado en la revista *Bulletin of Engineering Geology and the Environment*.

El objetivo fue evaluar la efectividad de un aceite sulfonado comercial y un polímero en la estabilización de suelos, mediante ensayos de laboratorio aplicada a dos tipos de suelos naturales (Mercia mudstone y Oxford clay) y residuos de cantera de piedra caliza.

La metodología consistió en tratar muestras de suelo con los aditivos mencionados y comparar sus propiedades mecánicas frente a muestras sin tratar, utilizando como referencia la norma ASTM D4609-08. Se midieron parámetros como la resistencia a la compresión simple (UCS), la resistencia a la flexión estática (SFS), el contenido de humedad óptimo y la capacidad de hinchamiento.

Los resultados mostraron que los estabilizantes no modificaron significativamente las propiedades índices ni la densidad seca máxima de los suelos, pero sí lograron una reducción notable en el contenido óptimo de humedad (entre 17% y 35% para los residuos de cantera) y un aumento significativo en la resistencia: 38% de mejora en UCS para el suelo Mercia mudstone, 26% para Oxford clay y más del 500% para los residuos de cantera. Además, se redujeron las características de hinchamiento entre un 20% y 61%. El estudio concluyó que, utilizados correctamente, estos estabilizantes son adecuados para la estabilización de suelos en carreteras de bajo volumen de tránsito.

Diaz y Paez (2019), desarrollaron la investigación titulada "Influencia de la adición de aceite sulfonado en la respuesta dinámica a pequeñas deformaciones de un material granular arcilloso", en la Universidad Santo Tomás de Colombia.

El objetivo principal del estudio fue analizar cómo la incorporación de aceite sulfonado afecta el comportamiento dinámico, específicamente el módulo de corte y el coeficiente de amortiguamiento, en suelos granulares arcillosos provenientes del sector de Mondoñedo, al occidente de Bogotá.

Para ello, se fabricaron 19 especímenes cilíndricos, de 50 mm de diámetro y 100 mm de altura, incorporando un 2% de aceite sulfonado en el agua de mezcla. Las muestras fueron compactadas mediante un método estático de volumen constante con presiones variables y ensayadas mediante columna resonante, bajo condiciones de esfuerzos isotrópicos entre 0 y 400 kPa, aplicando torques cíclicos de entre 0.0115 y 0.23 Nm, y sometidas a diferentes tiempos de curado que oscilaron entre 0 y 90 días.

Los resultados demostraron que la adición de aceite sulfonado modificó positivamente las propiedades dinámicas del material, observándose incrementos progresivos en la rigidez (módulo de corte) y mejoras en el comportamiento de amortiguamiento a medida que avanzaba el tiempo de curado. Estas mejoras evidencian el potencial del aceite sulfonado como aditivo en la estabilización dinámica de suelos arcillosos granulares.

Jurado y Clavijo (2016), de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, elaboraron su tesis titulada “Estabilización de suelos con cemento tipo MH para mejorar las características físicas y mecánicas del material de subsuelo de la zona de talleres y cocheras de la PLMQ, sector Quitumbe”.

El objetivo de esta investigación fue evaluar la viabilidad del uso del cemento tipo MH (de moderado calor de hidratación) para estabilizar el suelo limo-arcilloso de la Formación Cangahua, presente en el sector Quitumbe al sur de Quito, y determinar su aptitud para ser utilizado en la construcción del terraplén de los talleres del Metro de Quito.

La metodología consistió en realizar una serie de ensayos de laboratorio sobre el suelo en estado natural y sobre mezclas de suelo-cemento con dosificaciones del 6%, 9%, 12% y 15% de cemento. Entre los ensayos aplicados estuvieron: caracterización física (granulometría, límites de Atterberg, gravedad específica, contenido de humedad y materia orgánica), clasificación SUCS y AASHTO, ensayos de compactación Próctor modificado, triaxial no consolidado-no drenado (UU), resistencia a la compresión simple y pruebas de durabilidad.

Los resultados demostraron que al aumentar el contenido de cemento tipo MH, las propiedades mecánicas del suelo mejoraron significativamente: se incrementó la resistencia a la compresión simple, aumentaron los parámetros de corte (cohesión y ángulo de fricción), y se redujo la pérdida de material bajo condiciones húmedas y secas. Además, se identificó que el contenido óptimo de cemento se encontraba entre el 9% y el 12%, lo cual ofrecía un buen equilibrio entre desempeño técnico y viabilidad económica.

Este estudio concluye que el cemento tipo MH es una alternativa eficaz para la estabilización de suelos con características iniciales desfavorables, especialmente en proyectos de infraestructura urbana de gran envergadura.

2.1.2. Nacionales

Gómez y Silva (2020), realizaron una investigación titulada “Influencia del aceite Sulfonado y Cemento Portland tipo I en la estabilización de la Vía Huaylillas – Buldibuyo en la Provincia de Pataz, 2020”, con el objetivo de determinar el efecto combinado del aceite sulfonado y el cemento portland tipo I en la mejora de suelos usados como subrasante. El estudio se centró en aplicar dosis de 0.30 lts/m³ de aceite sulfonado y porcentajes crecientes de cemento (0.5%, 2%, 3.5% y 5%) a un suelo natural, realizando ensayos de resistencia a la compresión no confinada y CBR. La metodología incluyó la caracterización física del suelo, su estabilización en laboratorio y la evaluación de propiedades mecánicas bajo los procedimientos del MTC.

Los resultados revelaron que el tratamiento con ambos aditivos elevó el CBR de 5.8% a 103.8% y la resistencia a la compresión de 14.17 kg/cm² a 30.38 kg/cm². Finalmente recomendaron dosificar con 3.5% de cemento adicionando 0.3lt/m³ de aceite sulfonado, con estos resultados se garantizan lograr los valores mínimos establecidos por las normativas peruanas.

Arias y Mancilla (2023), llevaron a cabo la investigación titulada “Uso del aceite sulfonado y cemento portland para el mejoramiento de las propiedades mecánicas de la base granular de un pavimento asfáltico”, un estudio experimental orientada al análisis del uso conjunto de aceite sulfonado (0.27 lts/m³) y cemento portland tipo I (2%) para estabilizar una base granular del pavimento asfáltico en la vía Sinsicap-San Ignacio, en la provincia de Otuzco. Aplicaron una metodología basada la recolección de datos insitu, realización de los ensayos en laboratorio, análisis estadístico inferencial y finalmente una evaluación del comportamiento de la base estabilizada.

Los resultados demostraron que la base granular sin tratamiento presentó un CBR de 40.1% al 95% de la densidad máxima, sin embargo, al incorporar los aditivos propuestos, se obtuvo un aumento significativo del CBR, al 95% de la máxima densidad seca, subió a 83%, y el CBR al 100% de la MDS alcanzó el 100%. Este incremento demuestra que la estabilización combinada con cemento y aceite sulfonado mejora la capacidad portante del material granular, haciéndolo técnicamente apto para su uso como base en pavimentos.

Rivera (2022), desarrolló un estudio sobre la “Influencia del aceite sulfonado Perma-road iónico en las propiedades físico mecánicas de bases granulares en la ciudad de Huancayo” para analizar el efecto del aceite sulfonado Perma-Road iónico en las propiedades físico-mecánicas de bases granulares obtenidas de canteras del distrito de Pilcomayo. Utilizó un diseño cuasi experimental con diferentes dosificaciones del aditivo (0.3%, 0.5%, 0.7%, 1.1% y 1.5%) y aplicó ensayos de laboratorio como granulometría, Proctor modificado y CBR, bajo la normativa NTE CE.010 y el MTC 2013.

Se demostró que la adición del aceite sulfonado incrementa la capacidad portante del material, logrando con la dosificación del 0.7% el mejor desempeño, elevando el CBR de 61.8% a 83.1%, valor que supera el mínimo requerido (80%) para vías locales y colectoras según las normativas peruanas. Además, se observó que las dosificaciones bajas (0.3% y 0.5%) redujeron el contenido de humedad óptimo, mientras que con mayores proporciones (0.7% en adelante) este parámetro aumentó. Con respecto a la densidad máxima seca, no se lograron evidenciar cambios significativos atribuibles al aditivo.

Tasilla (2023), llevó a cabo el estudio titulado “Influencia de cemento y aceite sulfonado, como agentes estabilizadores de afirmado en el camino vecinal Emp. Ca. 1459 (La Colpa)- Agopampa Huacariz, Huacariz-Agocucho”, con el propósito de evaluar la influencia del cemento portland tipo I y el aceite sulfonado como agentes estabilizadores del afirmado. Para ello, se excavaron cuatro calicatas a lo largo del tramo, obteniendo muestras representativas del material de afirmado, las cuales fueron sometidas a diversos ensayos de laboratorio, entre ellos: contenido de humedad (MTC E108), análisis granulométrico (MTC E107), límites de Atterberg (MTC E110 y E111), clasificación AASHTO y SUCS, compactación Proctor Modificado (MTC E115) y ensayo CBR (MTC E132).

El tratamiento consistió en aplicar una dosificación constante de cemento (1 bolsa/m³) y cuatro niveles de aceite sulfonado (0.25, 0.30, 0.35 y 0.40 litros/m³), buscando determinar su efecto sobre la capacidad de soporte del suelo. Los resultados revelaron que las muestras sin aditivos presentaban valores de CBR entre 36.07% y 42.06%. Sin embargo, al incorporar los aditivos, se observó un aumento progresivo del CBR, alcanzando valores máximos de hasta 149.77% en la muestra con 0.40 litros/m³ de aceite sulfonado, lo que supera ampliamente el mínimo exigido por el MTC-2015 para afirmados estabilizados.

A partir de estos hallazgos, el autor concluyó que el uso combinado de cemento y aceite sulfonado influye de manera positiva en las propiedades mecánicas del afirmado, logrando incrementos en el CBR entre 19.73% y 36.39%, y recomendó especialmente las dosificaciones de 0.35 y 0.40 litros/m³ de aceite como las más eficaces para cumplir con los estándares técnicos vigentes.

2.2. Base Teórica

2.2.1. Subrasante de una carretera.

La subrasante de una vía, es la superficie donde se apoya la estructura del pavimento o el afirmado, esta superficie se genera después de haber realizado el corte y relleno en el movimiento de tierras al ejecutar un proyecto de carreteras, también se puede decir que la subrasante es la parte superior del terraplén y su conformación debe ser con suelos seleccionados o que cumplan con características específicas para garantizar la durabilidad por efectos de las cargas de diseño que viene del tránsito (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, [MTC] 2014) .

2.2.2. Estabilización de suelos

La estabilización de suelos se refiere al mejoramiento de sus propiedades como la densidad, resistencia, permeabilidad, durabilidad y plasticidad. Este proceso se puede realizar por medio de algunos métodos como la mezcla de agregados, es decir una estabilización mecánica, también puede realizarse con mezclas de aditivos como el cemento, la cal viva, cloruros, asfaltos, cenizas de alto horno, etc. Al realizar las mezclas, se emplea una compactación apropiada para que el suelo conserve de forma permanente sus nuevas propiedades (Montejo et al, 2018).

La estabilización de un suelo, es el proceso mediante el cual se mejora las propiedades físicas y mecánicas de una vía, se realiza con la adición de agentes estabilizantes químicos, naturales o sintéticos. Con estos materiales el objetivo es de incrementar la resistencia del suelo y garantizar la vida útil de una carretera. Esta técnica se usa en suelos con subrasante inadecuada (MTC , 2014).

2.2.3. *Cemento Portland como agente estabilizante*

La adición de cemento portland en un suelo, es una técnica para estabilizarlo, dado que mejora la resistencia, comportamiento y durabilidad frente a cargas vehiculares o condiciones climáticas adversas, esta adición consiste en mezclar el cemento portland, agua y suelo, en algunas ocasiones también se adiciona algún aditivo, luego se compacta de manera uniforme. Al fraguar la mezcla, se unen las partículas del suelo y mejora las propiedades físicas y mecánicas. Existe dos tipos de mejorar un suelo con la adición del cemento portland, por un lado, está los suelos mejorados, que se caracteriza por llevar una baja dosificación de cemento, solo alrededor de 3%, estos se emplea en el mejoramiento de explanadas, por otro lado, están los suelos estabilizados, son los que alcanzan mayor resistencia y son usados para bases y subbases de pavimentos o afirmados (Yepes, 2021).

Los suelos que tengan alto contenido de material orgánico, demasiado húmedos o muy plásticos, no son adecuados para ser estabilizados con cemento portland, es por ello que, para garantizar buenos resultados, el suelo debe cumplir con ciertos parámetros como la granulometría y la plasticidad. Para lograr una buena compactación del suelo, se debe preparar el terreno, la mezcla puede ser realizada in situ o en una planta, se debe compactar en capas, finalmente se debe de realizar el curado para garantizar pérdida de humedad y lograr una buena resistencia final. Se recomienda usar tipos de cemento con bajo calor de hidratación, que desarrollo lento de resistencia. Los cementos adecuados para la estabilización, son los que cuentan con mayor contenido de adiciones activas como son las escorias de alto horno, puzolanas y cenizas volantes.

El MTC (2014), indica que los suelos estabilizados con cemento, se le conoce como suelo-cemento, esta mezcla están puntualmente unidos entre sí por lo que, en

comparación con el concreto, tienen un módulo de elasticidad y una resistencia más bajos. Los suelos más adecuados para la estabilización con cemento, son los granulares y se clasifican según AASHTO, como A-1, A-2 Y A-3, su límite líquido debe ser menor a 40 y su índice de plasticidad menor a 18. Además, que la dosificación recomendada está en función al tipo de suelo como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 1.

Porcentajes en peso recomendados en la estabilización, según el tipo de suelos.

Clasificación de suelos AASHTO	% en peso de Cemento
A-1-a	3-5
A-1-b	5-8
A-2	5-9
A-3	7-11
A-4	7-12
A-5	8-13
A-6	9-15
A-7	10-16

Nota: Manual de Carrteras, suelos y pavimento, MTC (2014).

2.2.4. Aceite sulfonado como aditivo estabilizante

Los aceites sulfonados, son compuestos químicos derivados de los sulfuros y ácidos combinados, cumplen la función de reducir el agua que están contenidas en las partículas de un suelo, con esta reducción aumenta la cantidad de vacíos lo que permite el reordenamiento de las partículas del suelo mediante compactación o atracción entre dichas partículas, esto mejora la estructura interna del suelo. Químicamente, el aceite sulfonado es soluble en agua y al ionizarse aumenta la

conductividad del agua, facilitando el intercambio catiónico. Esto provoca que el agua se desprenda de las partículas de arcilla, convirtiéndose en agua libre capaz de intercambiar cargas eléctricas con los cationes de la arcilla, neutralizándolos y haciendo que pierdan su avidez por el agua de forma permanente.

Al dosificar el aceite sulfonado en un suelo, trae consigo efectos como la reducción de espacios entre partículas del suelo, disminución de la permeabilidad, incremento de la sedimentación, mejor respuesta a la compactación y aumento de la densidad del suelo (Camacho et al, 2008).

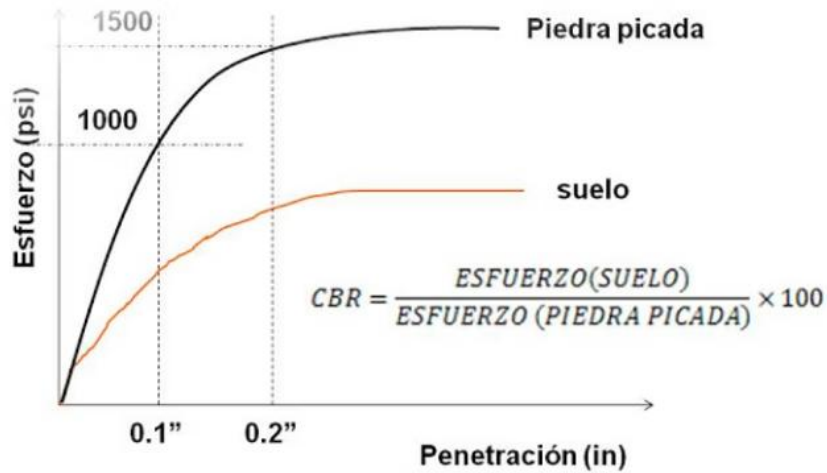
2.2.5. Ensayo de CBR

Es un ensayo realizado para conocer la resistencia de una muestra de suelo, el cual se mide a través de un ensayo de placa a escala. Sus siglas en inglés significan “California Bearing Ratio” que en español es “relación de soporte California”(Sánchez, 2023).

El ensayo de la relación de soporte California, es un método para evaluar la resistencia de los materiales de subrasante, base y subbase, necesario para el diseño de pavimentos y afirmados. En laboratorio se usa un pistón circular de área 0.5pulgadas cuadradas, que con una velocidad constante penetra a la muestra que está compactada en un molde metálico. El CBR se traduce la unidad de carga en el pistón usada para penetrar 0.1” y 0.2” de la muestra de prueba a la carga unitaria requerida para penetrar un material estándar de trituración bien graduada Roca, esta relación se expresa en porcentaje (American Society for Testing and Materials [ASTM] , 1964).

Figura 1.

Curva patrón de referencia de la muestra bien graduada y el suelo en estudio.



Nota: (Sánchez, 2023)

La curva de la piedra picada, representa la curva patrón de referencia con la que se compara el comportamiento del suelo ensayado. Esta curva muestra la relación entre la carga unitaria (esfuerzo) y la profundidad de penetración del pistón en una muestra estándar de piedra triturada y bien gradada, este material sirve como referencia para el cálculo del CBR. El valor del CBR se obtiene dividiendo la carga registrada en el suelo a una penetración específica entre la carga estándar de la piedra picada a esa misma penetración, y multiplicando por 100 para obtener un porcentaje (Sánchez, 2023).

El MTC (2014), menciona que el CBR es un valor que mide la capacidad portante o resistencia de un suelo, para subrasantes, el valor se considera compactada al 95% de su máxima densidad seca (MDS) y usando la carga registrada a una penetración de 2.54 mm o 0.1''.

Para definir el valor de CBR de diseño en la subrasante, se siguen estos pasos:

- Si en un sector se han realizado seis o más ensayos de CBR sobre un mismo tipo de suelo o en una sección con características homogéneas, se toma como valor de diseño el promedio de todos los resultados obtenidos en ese sector.
- Si hay menos de seis resultados de CBR en el sector, se aplican estos criterios:
- Si los valores son similares (es decir, están dentro de un mismo rango de categoría de subrasante), se usa el promedio
- Si los valores difieren mucho, se toma el valor más bajo (valor crítico) o, alternativamente, se puede dividir la sección en subsectores donde los valores sean parecidos, y en cada subsector se promedia el CBR. Cada subsector debe tener al menos 100 metros de longitud.

Una vez que se ha definido el valor de CBR de diseño para cada zona homogénea, se clasifica la subrasante según la categoría correspondiente, de acuerdo al cuadro siguiente.

Tabla 2.

Categorización de la Subrasante según el valor del CBR.

Subrasante	CBR
S0: Sub rasante Inadecuada	$CBR < 3\%$
S1: Sub rasante insuficiente	$CBR \geq 3\% \text{ A } CBR < 6\%$
S2: Sub rasante Regular	$CBR \geq 6\% \text{ A } CBR < 10\%$
S3: Sub rasante Buena	$CBR \geq 10\% \text{ A } CBR < 20\%$
S4: Sub rasante Muy Buena	$CBR \geq 20\% \text{ A } CBR < 30\%$
S5: Sub rasante Excelente	$CBR \geq 30\%$

Fuente: (Ministerio de Transportes y Comunicaciones , 2014)

2.2.6. Clasificación de Suelos

2.2.6.1. Sistema unificado de clasificación (SUCS)

Este sistema lo propuso Artur Casagrande, es una versión mejorada de su sistema de clasificación que realizó para clasificar suelos en el año de 1942, el que se usaba para aeropuertos (Crespo, 2004).

Los suelos se clasifican mediante el uso de la malla N°200 es decir, los suelos gruesos son los que se quedan retenidos en esta malla, y los suelos finos son los que pasan. La muestra de suelo es gruesa si más del 50% se queda retenida en la malla N°200 y si pasa más del 50% por esta malla, es considerada un suelo fino. Los suelos clasificados, se diferencian por un prefijo y un sufijo, los prefijos toman las iniciales de los nombres escritos en inglés como, por ejemplo: grava, arena, limo, arcilla, suelo orgánico y turba, por su parte, los sufijos son las divisiones de estos grupos.

Cuando se trata de un suelo grueso, se habla de las gravas (G) y arenas (S), un suelo es grava si más de la mitad de esa muestra se retiene en la malla N°4, pero si más de la mitad pasa por dicha malla, es una arena. Por otro lado, los suelos finos, se agrupan en tres partes para muestras que tiene un límite líquido menor a 50%, en tres grupos para un suelo fino que tenga un límite líquido mayor a 50% y en un solo grupo para suelos finos que son altamente orgánicos.

2.2.6.2. Sistema de clasificación AASHTO.

Este sistema de clasificación fue desarrollado en el año 1929 y modificada, con lo cual su versión más reciente fue propuesta en 1945 como la norma ASTM D-3282, método AASHTO M145. De acuerdo con este sistema, los suelos se clasifican en siete grupos principales que van desde el A-1 hasta el A-7, los suelos granulares están considerados en los grupos A-1, A-2 y A-3, y el 35% o menos, pasan la malla

N°200. Por otro lado, los suelos que pasan más del 35% a través de la malla N°200, son clasificados como A-4, A-5, A-6 y A-7 que por lo general son arcillas y limos. Para la clasificación con este sistema, se usa los criterios como el tamaño del grano, es decir si la muestra para el tamiz de 75mm y es retenida en el tamiz N°10, se trata de una grava, pero si una fracción de suelo para la malla N°10 y es retenida en la malla N°200, se trata de una arena, finalmente la cantidad de suelo que pasa la malla N°200 es un material fino llamado arcilla o limo. Otro criterio utilizado es la plasticidad de la muestra, es por ello que cuando hablamos de suelo limoso es porque el índice de plasticidad del suelo es menor a 10, pero si el índice de plasticidad es mayor a 11, se trata de un suelo arcilloso. El tercer criterio es si en la muestra hay presencia de cantos o guijarros, estas partículas son de tamaño mayores a 75mm, se deben excluir del análisis para realizar su clasificación (Braja, 2013).

2.3. Definición de Términos

2.3.1. *Cemento Portland Tipo I*

El cemento Portland tipo I es un cemento hidráulico producido mediante la pulverización del Clinker compuesto esencialmente de silicatos de calcio hidráulicos y que contiene generalmente uno o más, de lo siguiente: agua, sulfato de calcio, hasta un 5 % de piedra caliza y adiciones de procesamiento. El cemento Portland tipo I es para uso general en la construcción que no requiere propiedades especiales (Seace s.f.).

2.3.2. *Calicatas*

Son pozos exploratorios donde se extraen muestras representativas y cantidad suficiente de cada sustrato para ser analizados en un laboratorio (MTC, 2014).

2.3.3. *Contenido de humedad natural*

En la relación que existe entre el peso de agua y una masa de suelo estudiado y se expresa en porcentaje (Ministerio de Transportes y Comunicaciones [MTC], 2016).

2.3.4. *Plasticidad de un suelo*

Es una propiedad del suelo que hace que se deforme hasta un cierto límite sin romperse, mediante esta propiedad se conoce el comportamiento que tendrá en diversas condiciones. Para conocer la plasticidad del suelo se realiza con los ensayos de Atterberg, es decir de calculan el límite líquido, límite plástico, límite de contracción e índice de plasticidad (Crespo, 2004).

2.3.5. *Compactación de suelos*

Es un procedimiento realizado a un suelo con la finalidad de aumentar la resistencia y disminuir la compresibilidad, si se aumenta la energía de compactación, esta muestra de suelo aumenta su peso volumétrico seco máximo y se disminuye el óptimo contenido de humedad (Braja, 2013).

2.3.6. *Prueba del Proctor*

La prueba está referido al cálculo del peso por unidad de volumen de un suelo, que ha sido compactado por un procedimiento normado y definido para diferentes contenidos de humedad, el objetivo de este ensayo es obtener la Máxima Densidad Seca (MDS) y el óptimo contenido de humedad (Crespo, 2004).

2.4. Marco Normativo.

En el desarrollo de esta investigación se tomaron en cuenta diferentes normas técnicas tanto nacionales como internacionales, además de manuales del ministerio de transportes y comunicaciones del Perú, esto se realizó con el propósito de garantizar que los procedimientos realizados en el laboratorio sean a acorde a lo normado y permitan una correcta interpretación de los resultados. Las normas usadas fueron:

Para el conocer las propiedades físicas como el óptimo contenido de humedad se utilizó la norma ASTM D-2216, el análisis granulométrico se realizó aplicando la ASTM D-422, los límites de Atterberg como el límite líquido y plástico se obtuvo con la ASTM D-4318. La clasificación de suelos se realizó bajo el sistema SUCS, norma ASTM D-2487, y la clasificación AASHTO se utilizó la ASTM D-3282.

Para evaluar las propiedades mecánicas se realizaron con la norma ASTM D-1557, con esta norma se determinó la máxima densidad seca y el óptimo contenido de humedad, para el cálculo del índice de CBR se realizó de acuerdo a la norma ASTM D-1883. Adicional a estas normas, se complementó con el manual de materiales del MTC, (2016). Finalmente, para el análisis de los resultados y entender los criterios de aceptación de suelos en la subrasante de la vía, se consultó al Manual de Carreteras – Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, aprobada por la resolución directoral N°10-2014-MTC/14, (MTC, 2014).

CAPÍTULO III. MATERIALES Y MÉTODOS

III. Metodología

3.1. Enfoque de investigación.

El estudio tiene enfoque **cuantitativo**, como menciona Hernández et al. (2014), en este tipo de enfoque, se realiza la recolección de datos para demostrar la hipótesis, lo que se fundamenta con la medición numérica y un análisis de datos estadísticos, con el objetivo de comprobar teorías, es decir, se basa en la recolección y análisis de datos numéricos obtenidos a través de ensayos de laboratorio. Con este enfoque se midió objetivamente la variación del índice CBR de la subrasante del suelo al aplicar distintas dosificaciones de cemento Portland y aceite sulfonado en un volumen constante, analizando su influencia mediante procesos estadísticos.

3.2. Alcance de investigación.

Según el alcance de investigación, es **explicativo**, según Hernández et al. (2014), este alcance responde el por qué ocurre un fenómeno, las condiciones con las que se manifiesta o por qué dos o más variables se relacionan. En este sentido, al realizar la adición de agentes estabilizantes como cemento Portland y aceite sulfonado, se buscó establecer relaciones de causa efecto y se analizó el comportamiento mecánico de la subrasante del suelo, es decir, el valor del índice CBR, por lo tanto, la investigación no se limitó a describir fenómenos, sino que explicó cómo y por qué varían los resultados al modificar las condiciones del suelo.

3.3. Método de investigación.

Tomando en cuenta la manipulación de variables, este estudio es experimental, como lo manifiesta Hernández et al. (2014), se presenta cuando se manipula intencionalmente una o más variables, las que se le llaman independientes, luego se analizan las consecuencias o efectos de dicha manipulación sobre las variables

dependientes. En la investigación, se manipuló las variables independientes, es decir la adición del cemento portland y el aceite sulfonado, en el laboratorio de suelos que vino a ser un entorno controlado, con el fin de observar y analizar su efecto sobre la variable dependiente que es la capacidad de soporte se la subrasante del suelo o índice CBR. Este método permitió relacionar directamente los tratamientos aplicados y los resultados obtenidos en las muestras de suelo.

3.4. Diseño de Investigación.

Según el diseño de investigación, es cuasi experimental, ya que el estudio no es totalmente aleatorio, sino se hizo comparaciones controladas entre grupos con diferentes dosificaciones de 0.5%, 2%, 3.5%, 5% de cemento portland y una cantidad constante de aceite sulfonado.

La unidad de análisis está conformada por las muestras de suelo extraídas directamente de la vía de acceso al centro poblado Nuevo Kaqui, los que fueron sometidas a ensayos estandarizados siguiendo las normativas ASTM y MTC. Estas muestras en su estado natural se caracterizaron por su bajo índice de CBR y por su vulnerabilidad en el tiempo de lluvias.

3.5. Población y Muestra

3.5.1. Población

La población es finita, está representada por la vía ANEXO1069, que une el distrito de Yaután y el centro poblado Nuevo Kaqui, es decir el conjunto de suelos existentes en la subrasante natural del camino.

3.5.2. Muestra

La muestra consta de un tramo de 2km de la vía ANEXO1069, donde se obtuvo muestras de suelo mediante la exploración a cielo abierto mediante calicatas.

El tipo de muestreo utilizado fue no probabilístico. La selección de los puntos de muestreo se realizó considerando criterios técnicos como facilidad de acceso, representatividad del tipo de suelo predominante y nivel de afectación visible en la vía.

3.6. Operacionalización o Categorización de Variables.

3.6.1. Variables

Variable Independiente: Adición de aceite sulfonado y cemento portland en la subrasante de la vía de acceso del Centro Poblado Nuevo Kaqui.

Variable Dependiente: Índice de CBR del suelo de la subrasante estabilizada en la vía de acceso del Centro Poblado Nuevo Kaqui.

3.6.2. Definición Conceptual

- Variable Independiente

La adición de cemento portland en un suelo, es una técnica para estabilizarlo, dado que mejora la resistencia, comportamiento y durabilidad frente a cargas vehiculares o condiciones climáticas adversas. (Yepes, 2021).

Los aceites sulfonados, son compuestos químicos derivados de los sulfuros y ácidos combinados, cumplen la función de reducir el agua que están contenidas en las partículas de un suelo, con esta reducción aumenta la cantidad de vacíos lo que permite el reordenamiento de las partículas del suelo mediante compactación o atracción entre dichas partículas, esto mejora la estructura interna del suelo (Camacho et al, 2008).

- **Variable Dependiente**

El índice de CBR de un suelo, se traduce como la unidad de carga en el pistón usada para penetrar 0.1” y 0.2” de la muestra de prueba a la carga unitaria requerida para penetrar un material estándar de trituración bien graduada Roca, el índice del CBR se calcula para conocer la resistencia de una muestra de suelo y se expresa en porcentaje (American Society for Testing and Materials [ASTM] , 1964).

3.6.3. Definición Operacional

- **Variable Independiente**

Se manipuló diferentes dosificaciones de cemento portland (0.5%, 2%, 3.5% y 5% respecto al peso del suelo seco) y un volumen fijo de aceite sulfonado 0.32lt/m³, que se incorporaron a las muestras de suelo previamente homogeneizadas. El aceite se midió en litros por metro cúbico (L/m³) utilizando una probeta graduada, y el cemento en kilogramos mediante balanza electrónica. Las mezclas se elaboraron siguiendo los procedimientos de las normativas vigentes.

- **Variable Dependiente**

Se determinó el CBR en laboratorio siguiendo el método estándar ASTM D1883, para cada mezcla de suelo estabilizado con las diferentes dosificaciones de cemento Portland y aceite sulfonado. Se empleó un compactador manual para obtener especímenes conforme

al Proctor Modificado (ASTM D1557) y se dejó en inmersión durante 96 horas antes de ser ensayados.

3.6.4. Dimensiones

Para la variable Independiente se consideraron las siguientes dimensiones:

- Dosificación de aceite sulfonado.
- Adición de diferentes porcentajes de Cemento Portland.

Para la variable Dependiente se consideraron las siguientes dimensiones.

- Características del suelo natural de la subrasante.
- Clasificación del suelo natural de la subrasante.
- Evaluación del índice del CBR.
- Dosificación óptima de cemento Portland.

3.7. Técnica e Instrumentos de Recolección de Datos

3.7.1. Técnicas de recolección de datos.

En el desarrollo de la siguiente investigación se empleó la observación directa en los diferentes procesos empelados, para la extracción de muestras se realizó mediante la técnica de exploración a cielo abierto mediante calicatas y el procesamiento de las muestras se realizó mediante ensayos de laboratorio bajo condiciones controladas y con procedimientos estandarizados aplicando las normas ASTM y el manual del MTC. A través de lo antes mencionado se logró recopilar la información de las propiedades del suelo como el contenido de humedad natural, límites de Atterberg, granulometría, máxima densidad seca, óptimo contenido de humedad y el índice de soporte CBR. De esta manera se logró obtener datos necesarios para el análisis e interpretación de resultados de las diferentes dosificaciones de cemento portland y aceite sulfonado estudiadas.

3.7.2. Instrumentos de recolección de datos.

Los instrumentos utilizados para la obtención de las muestras consistieron en herramientas manuales como el pico, barreta y pala. Para la extracción de las muestras se usaron bolsas herméticas y sacos.

Para los ensayos en el laboratorio se utilizaron equipos certificados conforme lo establece los lineamientos de las normas ASTM y el manual de materiales del MTC, entre los principales destacan la balanza electrónica, horno de secado, juego de Tamices, dispositivo de Casa Grande, mortero, espátula, molde y pistón del Proctor modificado, prensa CBR y misceláneos varios.

3.8. Técnicas de Análisis de Resultados.

El análisis de resultados, se realizó aplicando la estadística descriptiva, con ello se obtuvieron los resultados de ensayos de laboratorio como el índice del CBR, también se evaluaron las tendencias y la variabilidad de las propiedades físico mecánicas del suelo al adicionar porcentajes de cemento portland y una cantidad constante de aceite sulfonado. Para garantizar los resultados, se aplicó un análisis de varianza ANOVA de un factor, esto permitió saber si las diferencias entre las muestras son significativas, en este caso se utilizó la prueba Tukey para identificar con que dosificación se obtienen mejores resultados en la mejora efectiva del índice de CBR del suelo.

CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

IV. Resultados y Discusión

4.1. Análisis e Interpretación de Resultados.

3.8.1. *Propiedades físicas y mecánicas del suelo natural de la vía de acceso al Centro Poblado Nuevo Kaqui.*

Tabla 3.

Ubicación de la extracción de muestras.

Muestra	Progresiva
C-01	0+010
C-02	0+506
C-03	1+002
C-04	1+503
C-05	1+980

Nota: Elaboración propia (2025).

Interpretación. Se realizó la exploración de suelos, mediante calicatas a una profundidad de 1.50m, estas calicatas se ubicaron a lo largo de la vía de acceso al centro poblado Nuevo Kaqui, se ubicaron en las coordenadas mostradas, en un tramo de 2km. Esta vía es una carretera con bajo nivel de tráfico, es decir menor a 200 veh/día, por ello se realizó una calicata por cada kilómetro según lo indica el Manual de carreteras suelos y drenaje, MTC (2014). Se extrajo la muestra suficiente para realizar los ensayos en el laboratorio.

Tabla 4.

Contenido de humedad natural de la subrasante ASTM D-2216.

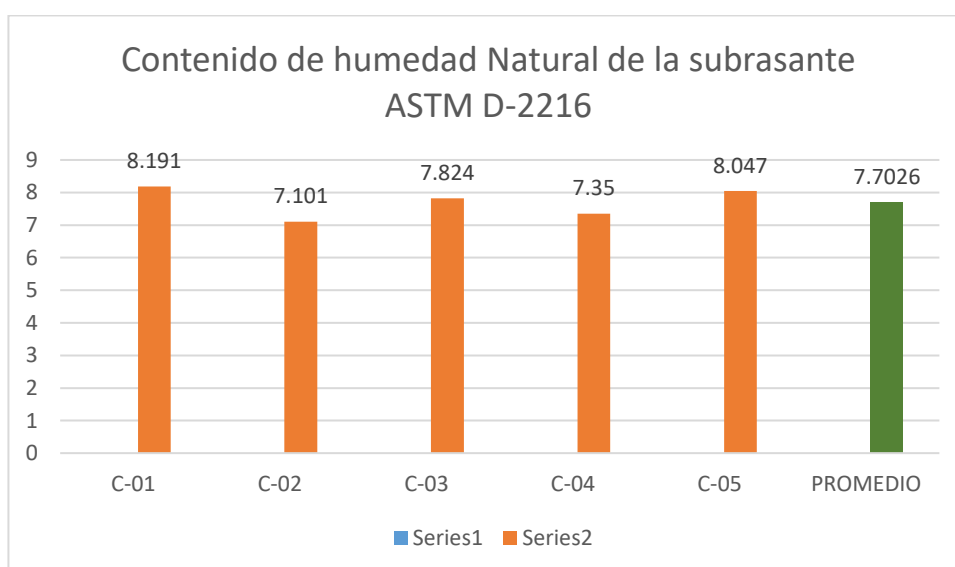
Muestra	Profundidad (m)	Humedad Natural (%)
C-01	0-1.50	8.191
C-02	0-1.50	7.101
C-03	0-1.50	7.824
C-04	0-1.50	7.350
C-05	0-1.50	8.047

Nota: *Elaboración propia (2025).*

Interpretación. Los resultados muestran un contenido de humedad promedio de las cinco calicatas de 7.70%, es decir en condiciones naturales el óptimo contenido de humedad difiere en 3.36% a su óptimo obtenido del Proctor modificado. La humedad natural puede ser variable dependiendo del clima o las estaciones del año.

Figura 2.

Contenido de humedad Natural de la subrasante.



Nota: *Elaboración propia (2025).*

Interpretación. El promedio de humedad natural, difiere en 3.36% a la humedad óptima, es decir, se debe realizar una compactación mecánica, se recomienda ajustar la humedad previamente, mediante la adición controlada de agua, con la finalidad de alcanzar el óptimo contenido de humedad.

Tabla 5.

Límites de Atterberg

Muestra	Límite Líquido	Límite Plástico	Índice de Plasticidad
C-01	41.20	24.39	16.81
C-02	38.88	23.85	15.03
C-03	37.54	22.34	15.20
C-04	38.92	21.53	17.39
C-05	36.31	21.89	14.42

Nota: *Elaboración propia (2025).*

Interpretación. El índice de plasticidad de las muestras es mayor a 7, pero menores a 20, esto nos indica que el suelo es de plasticidad media con contenido de arcilla, en este contexto el suelo puede ser un elemento riesgoso como subrasante, ya que, al contener arcilla, puede ser sensible al agua.

Tabla 6.*Proctor Modificado.*

Muestra	MDS (g/cm³)	Óptimo contenido de humedad (%)
C-01	2.088	11.40
C-02	2.154	10.60
C-03	2.022	11.10
C-04	2.041	11.20
C-05	2.061	11.00

Nota: *Elaboración propia (2025).*

Interpretación. Las muestras se compactaron mediante el ensayo del Proctor modificado, aplicando diferentes humedades controladas y se obtuvo un óptimo contenido de humedad promedio de 11.1%, con esta humedad, el suelo en su estado natural, alcanzó en su punto más alto de la curva, una máxima densidad seca que va desde 2.022g/cm³ a 2.154g/cm³. Para las condiciones del terreno se observó que la humedad natural es inferior a la óptima, en ese sentido se recomienda una compactación mecánica del suelo adicionando una cantidad controlada y conveniente de agua para obtener un mejor acomodo entre las partículas.

Tabla 7.

Capacidad de soporte del suelo Natural ASTM D-1883.

Muestra	CBR 0.1"	
	95% M.D.S.	100% M.D.S.
C-01	9.30	11.40
C-02	9.85	11.38
C-03	8.15	9.90
C-04	8.78	9.98
C-05	8.65	9.80

Nota: Elaboración propia (2025).

Interpretación. En la tabla, se observa valores del ensayo de California Bearing Ratio para penetraciones del pistón de 2.54mm. Según el MTC (2014), el valor usado para establecer la resistencia del suelo, está referido al 95% de la máxima densidad seca y a una penetración de 0.1". Para las muestras ensayadas se observa valores con características homogéneas con un valor promedio del CBR de 8.95%, por consiguiente, la subrasante evaluada se caracteriza como una subrasante S2, es decir una subrasante Regular. Según los lineamientos del MTC (2014), cuando el valor de CBR es inferior o igual al 6%, se debe de realizar un proceso de estabilización o mejoramiento de la subrasante. Al comparar lo indicado por la norma con los resultados obtenidos en las muestras analizadas, se observa que el valor de soporte se encuentra próximo al límite establecido. En consecuencia, por razones de seguridad y para garantizar una adecuada capacidad de soporte de la subrasante, ante la presencia de lluvias y deslizamientos durante el año, fue necesario proceder con la estabilización del material. Es por ello que en la presente investigación se consideró la adición de cemento Portland tipo I y aceite sulfonado como agentes estabilizantes, con el objetivo de analizar el comportamiento del índice CBR en las mezclas resultantes.

3.8.2. Clasificación de suelos de la vía de acceso al Centro Poblado Nuevo Kaqui.

Tabla 8.

Análisis granulométrico

Muestra	Grava (Retiene Malla N°4)	Arena (Pasa N°4 y Ret. N°200)	Fino (Pasa Malla N°200)
	%	%	%
C-01	37.14	42.47	20.39
C-02	40.30	40.02	19.68
C-03	35.73	36.01	28.27
C-04	34.37	33.32	32.31
C-05	35.38	42.98	21.64

Nota: *Elaboración propia (2025).*

Interpretación. La muestra C-01, presenta una cantidad de arena de 42.27%, fracción fina de 20.39%, con solo un 37.14% de grava. Esta partición da a conocer que se trata de una muestra donde predomina en mayor cantidad un suelo arenoso, pero también una cantidad representativa de finos, esto sugiere una clasificación como suelo granular con presencia de finos cohesivos.

La muestra C-02, presenta una cantidad de arena de 40.02%, fracción fina de 19.68%, con solo un 40.30% de grava. Esta partición da a conocer que se trata de una muestra donde predomina en mayor cantidad un suelo arenoso, pero también una cantidad representativa de finos, esto sugiere una clasificación como suelo granular con presencia de finos cohesivos.

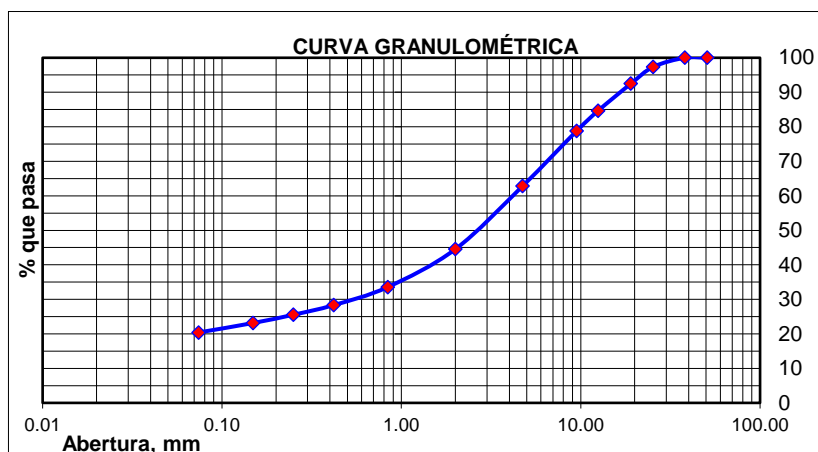
La muestra C-03, presenta una cantidad de arena de 36.01%, fracción fina de 28.27%, con solo un 35.73% de grava. Esta partición da a conocer que se trata de una muestra donde predomina en mayor cantidad un suelo arenoso, pero también una cantidad representativa de finos, esto sugiere una clasificación como suelo granular con presencia de finos cohesivos.

La muestra C-04, presenta una cantidad de arena de 33.32%, fracción fina de 32.31%, con solo un 34.37% de grava. Esta partición da a conocer que se trata de una muestra donde predomina en mayor cantidad un suelo arenoso, pero también una cantidad representativa de finos, esto sugiere una clasificación como suelo granular con presencia de finos cohesivos

La muestra C-05, presenta una cantidad de arena de 42.98%, fracción fina de 21.64%, con solo un 35.38% de grava. Esta partición da a conocer que se trata de una muestra donde predomina en mayor cantidad un suelo arenoso, pero también una cantidad representativa de finos, esto sugiere una clasificación como suelo granular con presencia de finos cohesivos.

Figura 3.

Curva granulométrica de la calicata C-01

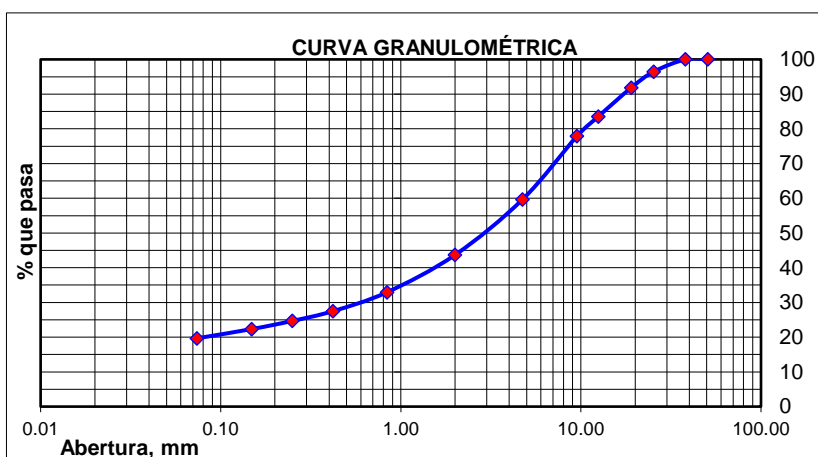


Nota: *Elaboración propia (2025).*

Interpretación. Se observa una curva con pendiente moderada, se puede decir que el suelo contiene una buena gradación dentro del rango arenoso. Esta característica es favorable para obtener una buena compactación y estabilidad.

Figura 4.

Curva granulométrica de la calicata C-02

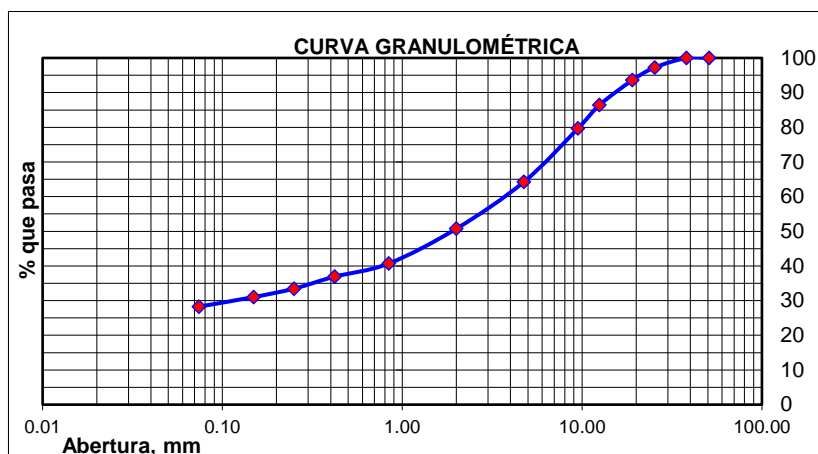


Nota: *Elaboración propia (2025).*

Interpretación. Se observa una curva con pendiente moderada, se puede decir que el suelo contiene una buena gradación dentro del rango arenoso. Esta característica es favorable para obtener una buena compactación y estabilidad.

Figura 5.

Curva granulométrica de la calicata C-03

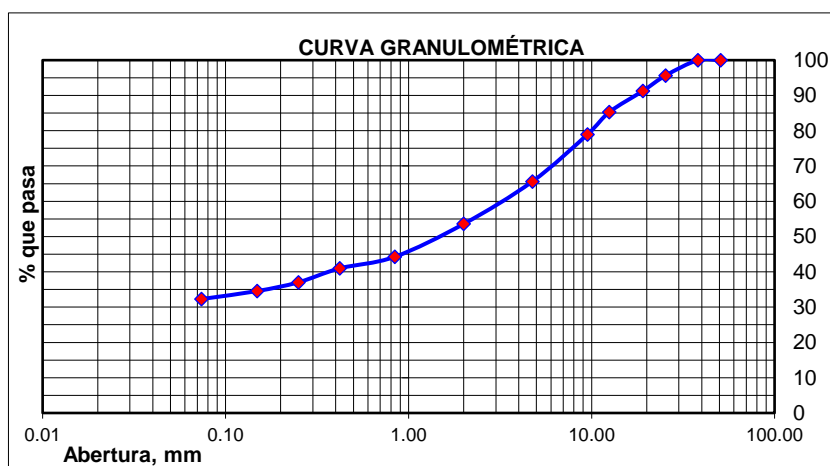


Nota: *Elaboración propia (2025).*

Interpretación. Se observa una curva con pendiente moderada, se puede decir que el suelo contiene una buena gradación dentro del rango arenoso. Esta característica es favorable para obtener una buena compactación y estabilidad.

Figura 6.

Curva granulométrica de la calicata C-04

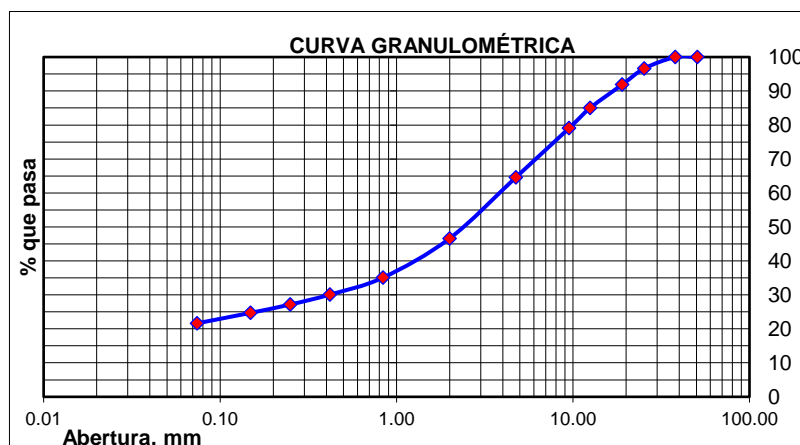


Nota: *Elaboración propia (2025).*

Interpretación. Se observa una curva con pendiente moderada, se puede decir que el suelo contiene una buena gradación dentro del rango arenoso. Esta característica es favorable para obtener una buena compactación y estabilidad.

Figura 7.

Curva granulométrica de la calicata C-05



Nota: *Elaboración propia (2025).*

Interpretación. Se observa una curva con pendiente moderada, se puede decir que el suelo contiene una buena gradación dentro del rango arenoso. Esta característica es favorable para obtener una buena compactación y estabilidad.

Tabla 9.

Clasificación SUCS y AASHTO

Muestra	SUCS	AASHTO
C-01	SC	A-2-6
C-02	SC	A-2-6
C-03	SC	A-2-6
C-04	SC	A-2-6
C-05	SC	A-2-6

Nota: *Elaboración propia (2025).*

Interpretación. Bajo el sistema unificado SUCS, la muestra de todas las calicatas se clasifica como SC, es decir, una arena arcillosa, ya que el contenido de finos no supera el 50% y predomina la fracción arenosa en comparación con la grava, por otro lado, los finos

tienen plasticidad moderada $IP = 17.39$, lo que le corresponde una ubicación por encima de la línea “A” del diagrama de plasticidad. Según la clasificación AASHTO, la muestra corresponde al grupo A-2-6, es decir un suelo granular con baja plasticidad. En este sentido, el suelo requiere estabilización si se usara como subrasante de caminos.

3.8.3. Comportamiento del índice del CBR con la adición de Cemento Portland y Aceite Sulfonado.

3.8.3.1. Máxima densidad seca y óptimo contenido de humedad de la Calicata C-01 adicionando aceite sulfonado y Cemento Portland.

Tabla 10.

Proctor modificado (ASTM D-1557) C-01.

Muestra	MDS (g/cm ³)	Óptimo contenido de humedad (%)
C-01 sin tratamiento	2.088	11.40
C-01+0.5%CP+AS	2.097	11.50
C-01+2%CP+AS	2.101	11.70
C-01+3.5%CP+AS	2.113	12.00
C-01+5%CP+AS	2.125	12.40

Nota: *Elaboración propia (2025).*

Interpretación. En la tabla se observa para la calicata C-01, que los resultados de la máxima densidad seca se incrementan cuando el contenido de cemento portland se agrega en diferentes proporciones junto con una dosificación constante de aceite sulfonado (0.32 L/m³). La C-01 sin tratamiento, alcanzó una máxima densidad seca de 2.088 g/cm³ y un óptimo contenido de humedad de 11.40%, sin embargo, al adicionar un 0.5% de cemento

portland, la máxima densidad seca aumentó a 2.097 g/cm^3 , evidenciando un crecimiento mínimo, por su parte el óptimo contenido de humedad creció a 11.5%.

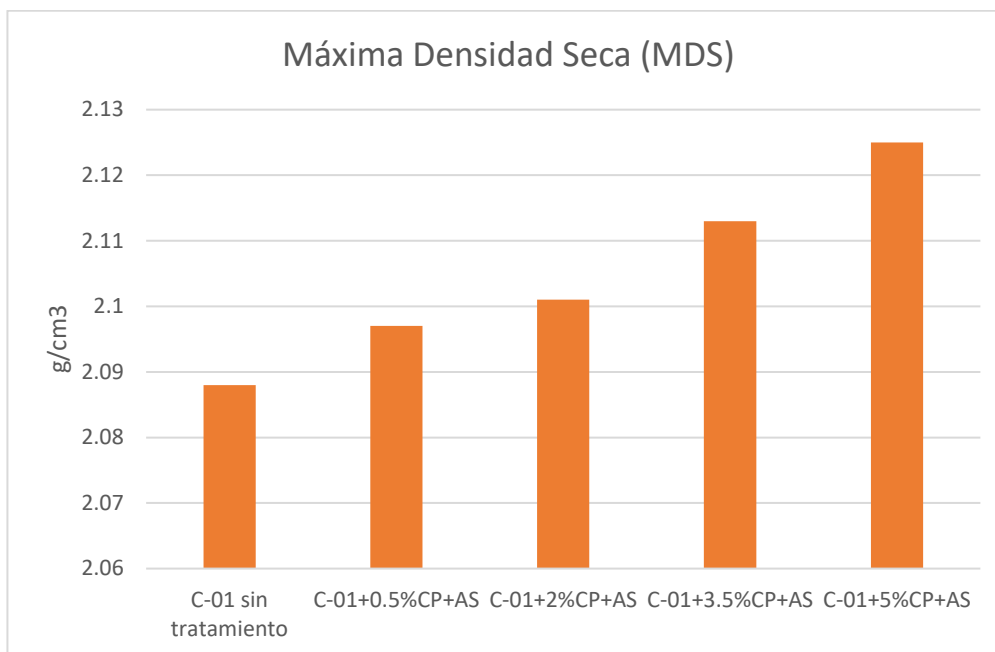
Con una adición del 2% de cemento portland, la máxima densidad seca tiene un valor igual a 2.101 g/cm^3 , este valor se incrementa respecto a las primeras adiciones, mejorando la estructura interna del suelo y a las reacciones iniciales de cementación, el óptimo contenido de humedad también aumentó a 11.7%, esto se explica por una mayor cantidad de agua necesaria para hidratar el cemento y facilitar las reacciones en la estabilización.

En el caso la adición 3.5% de cemento portland, la máxima densidad seca tiene un valor igual a 2.113 g/cm^3 , el óptimo contenido de humedad también aumentó a 12.00%, esto se explica por una mayor cantidad de agua necesaria para hidratar el cemento y facilitar las reacciones en la estabilización.

Finalmente, al adicionar un 5% de cemento portland, la máxima densidad seca aumentó a 2.105 g/cm^3 , y el óptimo contenido de humedad se elevó a 12.40%, esto se debe a que a mayor cantidad de cemento adicionado se requiere mayor cantidad de agua necesaria para hidratar el cemento mejorando la estructura del suelo compactado logrando una mayor eficiencia en el acomodo de sus partículas.

Figura 8.

Comparativo de la Máxima densidad seca de la subrasante natural y sus adicciones, C-01.

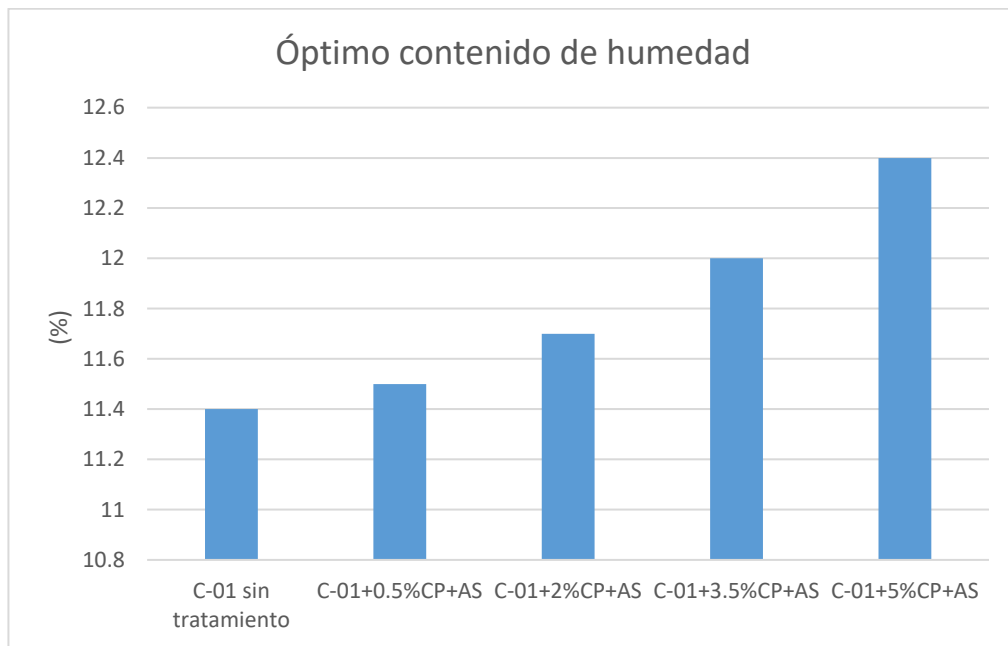


Nota: *Elaboración propia (2025).*

Interpretación. En el gráfico se observa que la máxima densidad seca muestra una tendencia creciente al adicionar cemento portland y aceite sulfonado y alcanza un valor máximo de 2.125 g/cm³ con 5% de CP, con esta dosificación se evidencia una mejora en la compactación del material.

Figura 9.

Comparativo del óptimo contenido de humedad de la subrasante natural y sus adicciones C-01.



Nota: Elaboración propia (2025).

Interpretación. El óptimo contenido de humedad va aumentando hasta llegar a un 12.40% con 5% de cemento portland, en este punto se da la mayor demanda de agua para la hidratación del cemento, reflejando una mejor eficiencia en el acomodo de las partículas del suelo.

3.8.3.2. Máxima densidad seca y óptimo contenido de humedad de la Calicata C-02 adicionando aceite sulfonado y Cemento Portland.

Tabla 11.

Proctor modificado (ASTM D-1557), C-02.

Muestra	MDS (g/cm ³)	Óptimo contenido de humedad (%)
C-02 sin tratamiento	2.154	10.6
C-02+0.5%CP+AS	2.167	10.7
C-02+2%CP+AS	2.173	10.9
C-02+3.5%CP+AS	2.185	11.1
C-02+5%CP+AS	2.197	11.5

Nota: *Elaboración propia (2025).*

Interpretación. En la tabla se observa para la calicata C-02, que los resultados de la máxima densidad seca se incrementan cuando el contenido de cemento portland se agrega en diferentes proporciones junto con una dosificación constante de aceite sulfonado (0.32 L/m³). La C-02 sin tratamiento, alcanzó una máxima densidad seca de 2.154 g/cm³ y un óptimo contenido de humedad de 10.60%, sin embargo, al adicionar un 0.5% de cemento portland, la máxima densidad seca aumentó a 2.167 g/cm³, evidenciando un crecimiento mínimo, por su parte el óptimo contenido de humedad creció a 10.7%.

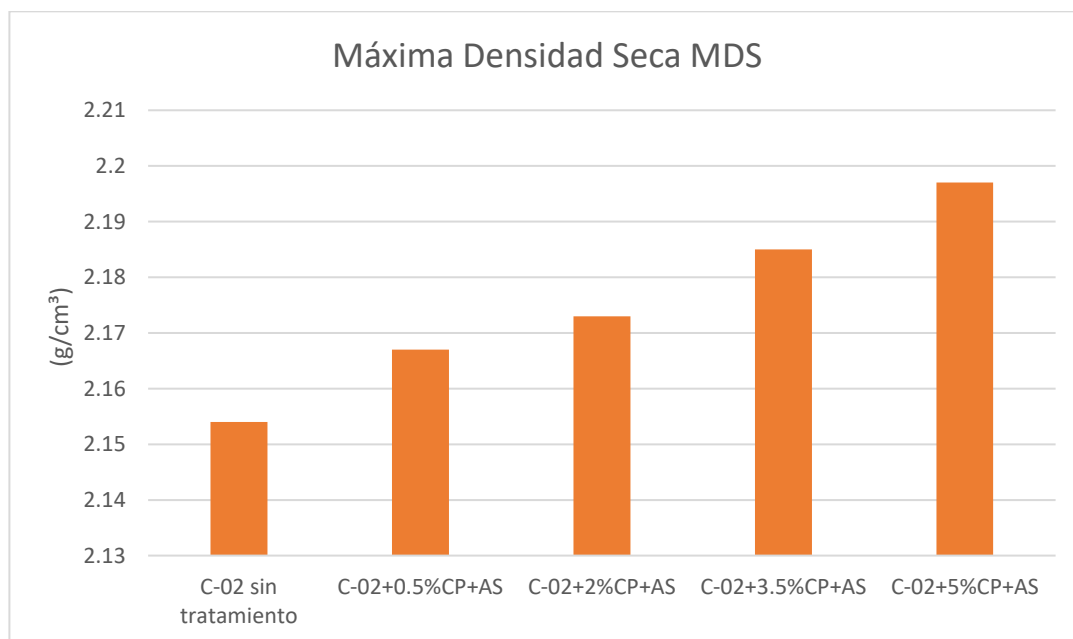
Con una adición del 2% de cemento portland, la máxima densidad seca tiene un valor igual a 2.173 g/cm³, este valor se incrementa respecto a las primeras adiciones, mejorando la estructura interna del suelo y a las reacciones iniciales de cementación, el óptimo contenido de humedad también aumentó a 10.9%, esto se explica por una mayor cantidad de agua necesaria para hidratar el cemento y facilitar las reacciones en la estabilización.

En el caso la adición 3.5% de cemento portland, la máxima densidad seca tiene un valor igual a 2.185 g/cm³, el óptimo contenido de humedad también aumentó a 11.1%, esto se explica por una mayor cantidad de agua necesaria para hidratar el cemento y facilitar las reacciones en la estabilización.

Finalmente, al adicionar un 5% de cemento portland, la máxima densidad seca aumentó a 2.197 g/cm³, y el óptimo contenido de humedad se elevó a 11.5%, esto se debe a que a mayor cantidad de cemento adicionado se requiere mayor cantidad de agua necesaria para hidratar el cemento mejorando la estructura del suelo compactado logrando una mayor eficiencia en el acomodo de sus partículas.

Figura 10.

Comparativo de la Máxima densidad seca de la subrasante natural y sus adicciones, C-02.



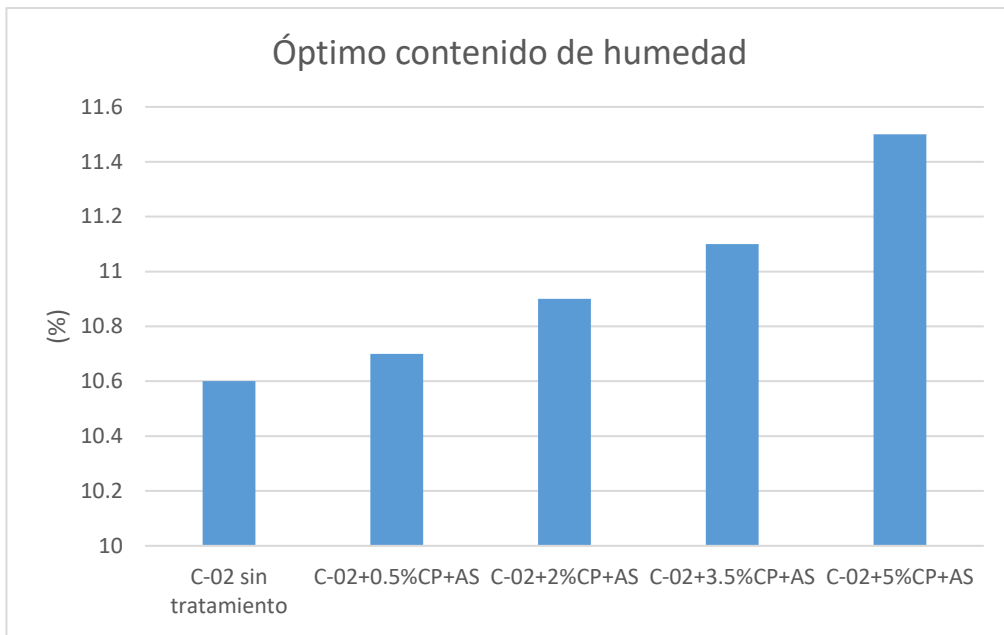
Nota: *Elaboración propia (2025).*

Interpretación. En el gráfico se observa que la máxima densidad seca muestra una tendencia creciente al adicionar cemento portland y aceite sulfonado y alcanza un valor

máximo de 2.197 g/cm³ con 5% de CP, con esta dosificación se evidencia una mejora en la compactación del material.

Figura 11.

Comparativo del óptimo contenido de humedad de la subrasante natural y sus adicciones C-02.



Nota: *Elaboración propia (2025).*

Interpretación. El óptimo contenido de humedad va aumentando hasta llegar a un 11.50% con 5% de cemento portland, en este punto se da la mayor demanda de agua para la hidratación del cemento, reflejando una mejor eficiencia en el acomodo de las partículas del suelo.

3.8.3.3. Máxima densidad seca y óptimo contenido de humedad de la Calicata C-03 adicionando aceite sulfonado y Cemento Portland.

Tabla 12.

Proctor modificado (ASTM D-1557), C-03.

Muestra	MDS (g/cm ³)	Óptimo contenido de humedad (%)
C-03 sin tratamiento	2.022	11.1
C-03+0.5%CP+AS	2.033	11.2
C-03+2%CP+AS	2.046	11.4
C-03+3.5%CP+AS	2.058	11.7
C-03+5%CP+AS	2.069	12.6

Nota: *Elaboración propia (2025).*

Interpretación. En la tabla se observa para la calicata C-03, que los resultados de la máxima densidad seca se incrementan cuando el contenido de cemento portland se agrega en diferentes proporciones junto con una dosificación constante de aceite sulfonado (0.32 L/m³). La C-03 sin tratamiento, alcanzó una máxima densidad seca de 2.022 g/cm³ y un óptimo contenido de humedad de 11.1%, sin embargo, al adicionar un 0.5% de cemento portland, la máxima densidad seca aumentó a 2.033 g/cm³, evidenciando un crecimiento mínimo, por su parte el óptimo contenido de humedad creció a 11.2%.

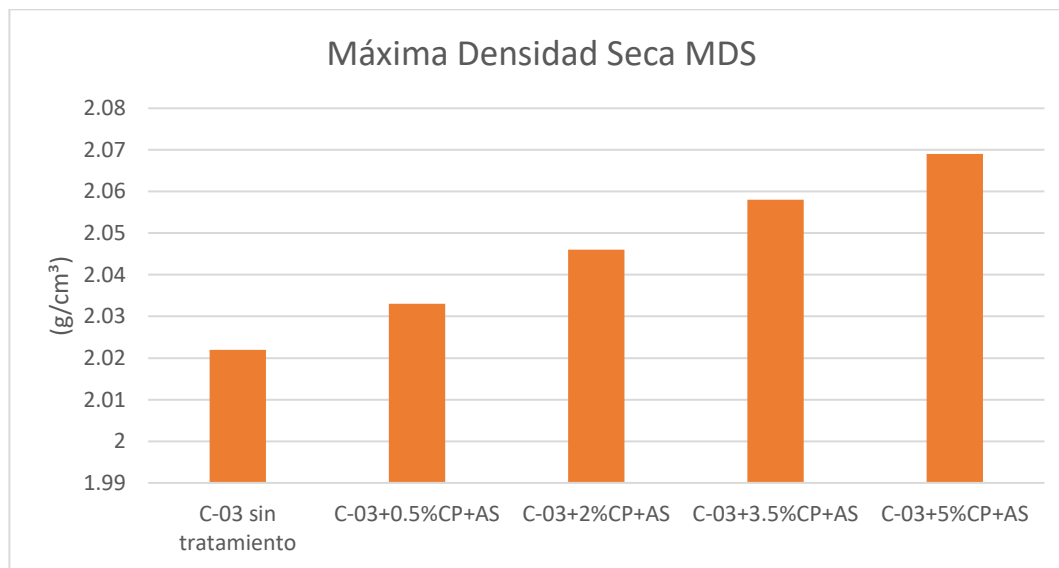
Con una adición del 2% de cemento portland, la máxima densidad seca tiene un valor igual a 2.046 g/cm³, este valor se incrementa respecto a las primeras adiciones, mejorando la estructura interna del suelo y a las reacciones iniciales de cementación, el óptimo contenido de humedad también aumentó a 11.4%, esto se explica por una mayor cantidad de agua necesaria para hidratar el cemento y facilitar las reacciones en la estabilización.

En el caso la adición 3.5% de cemento portland, la máxima densidad seca tiene un valor igual a 2.058 g/cm³, el óptimo contenido de humedad también aumentó a 11.7%, esto se explica por una mayor cantidad de agua necesaria para hidratar el cemento y facilitar las reacciones en la estabilización.

Finalmente, al adicionar un 5% de cemento portland, la máxima densidad seca aumentó a 2.069 g/cm³, y el óptimo contenido de humedad se elevó a 12.6%, esto se debe a que a mayor cantidad de cemento adicionado se requiere mayor cantidad de agua necesaria para hidratar el cemento mejorando la estructura del suelo compactado logrando una mayor eficiencia en el acomodo de sus partículas.

Figura 12.

Comparativo de la Máxima densidad seca de la subrasante natural y sus adicciones, C-03.

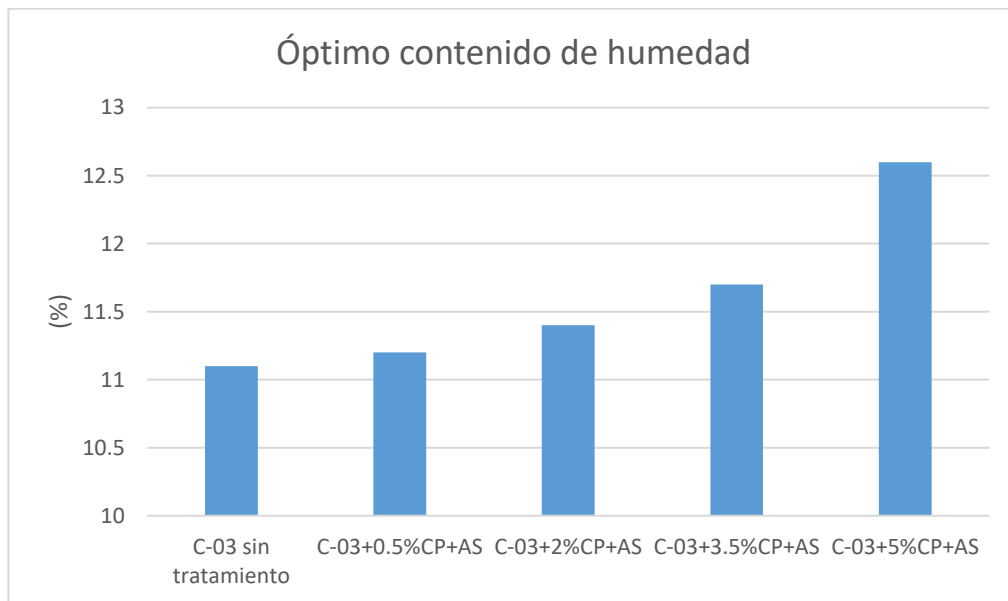


Nota: *Elaboración propia (2025).*

Interpretación. En el gráfico se observa que la máxima densidad seca muestra una tendencia creciente al adicionar cemento portland y aceite sulfonado y alcanza un valor máximo de 2.069 g/cm³ con 5% de CP, con esta dosificación se evidencia una mejora en la compactación del material.

Figura 13.

Comparativo del óptimo contenido de humedad de la subrasante natural y sus adicciones C-03.



Nota: Elaboración propia (2025).

Interpretación. El óptimo contenido de humedad va aumentando hasta llegar a un 12.60% con 5% de cemento portland, en este punto se da la mayor demanda de agua para la hidratación del cemento, reflejando una mejor eficiencia en el acomodo de las partículas del suelo.

3.8.3.4. Máxima densidad seca y óptimo contenido de humedad de la Calicata C-04 adicionando aceite sulfonado y Cemento Portland.

Tabla 13.

Proctor modificado (ASTM D-1557), C-04.

Muestra	MDS (g/cm ³)	Óptimo contenido de humedad (%)
C-04 sin tratamiento	2.041	11.2
C-04+0.5% CP+AS	2.054	11.25
C-04+2% CP+AS	2.064	11.5
C-04+3.5% CP+AS	2.077	11.8
C-04+5% CP+AS	2.089	12.3

Nota: *Elaboración propia (2025).*

Interpretación. En la tabla se observa para la calicata C-04, que los resultados de la máxima densidad seca se incrementan cuando el contenido de cemento portland se agrega en diferentes proporciones junto con una dosificación constante de aceite sulfonado (0.32 L/m³). La C-04 sin tratamiento, alcanzó una máxima densidad seca de 2.041 g/cm³ y un óptimo contenido de humedad de 11.2%, sin embargo, al adicionar un 0.5% de cemento portland, la máxima densidad seca aumentó a 2.054 g/cm³, evidenciando un crecimiento mínimo, por su parte el óptimo contenido de humedad creció a 11.25%.

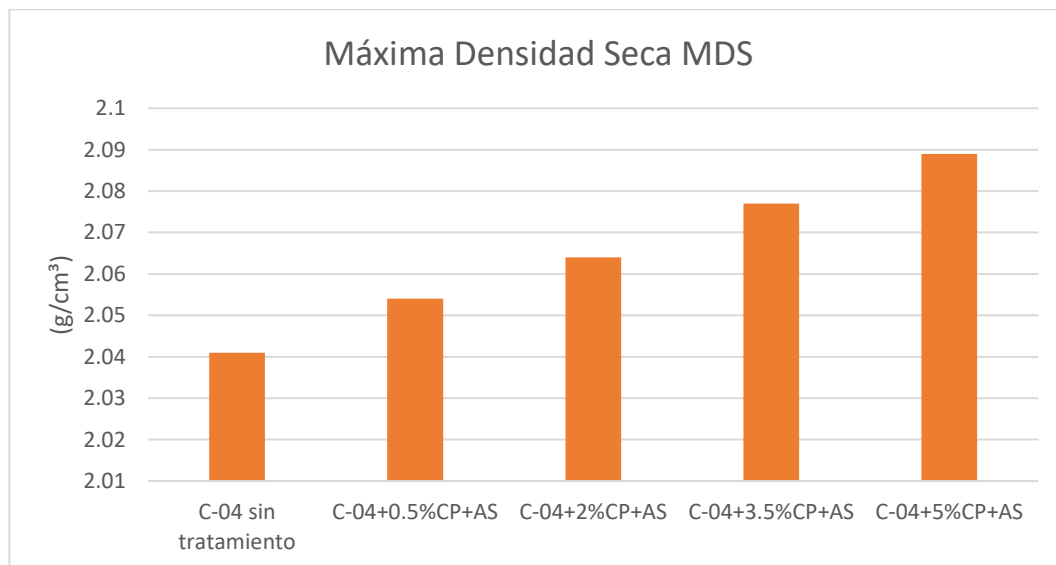
Con una adición del 2% de cemento portland, la máxima densidad seca tiene un valor igual a 2.064 g/cm³, este valor se incrementa respecto a las primeras adiciones, mejorando la estructura interna del suelo y a las reacciones iniciales de cementación, el óptimo contenido de humedad también aumentó a 11.5%, esto se explica por una mayor cantidad de agua necesaria para hidratar el cemento y facilitar las reacciones en la estabilización.

En el caso la adición 3.5% de cemento portland, la máxima densidad seca tiene un valor igual a 2.077 g/cm³, el óptimo contenido de humedad también aumentó a 11.8%, esto se explica por una mayor cantidad de agua necesaria para hidratar el cemento y facilitar las reacciones en la estabilización.

Finalmente, al adicionar un 5% de cemento portland, la máxima densidad seca aumentó a 2.089 g/cm³, y el óptimo contenido de humedad se elevó a 12.3%, esto se debe a que a mayor cantidad de cemento adicionado se requiere mayor cantidad de agua necesaria para hidratar el cemento mejorando la estructura del suelo compactado logrando una mayor eficiencia en el acomodo de sus partículas.

Figura 14.

Comparativo de la Máxima densidad seca de la subrasante natural y sus adicciones, C-04.

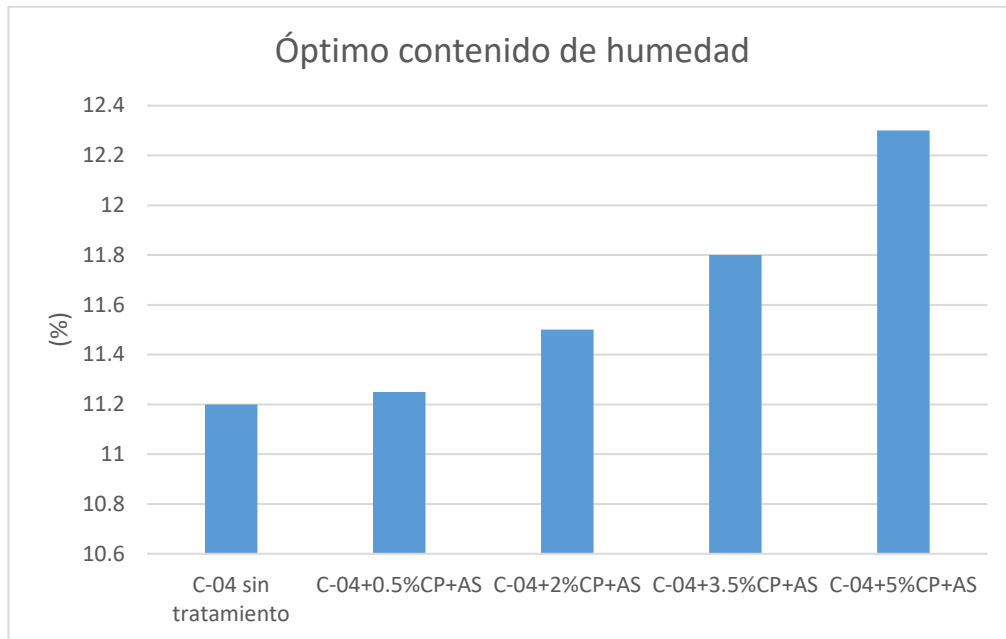


Nota: *Elaboración propia (2025).*

Interpretación. En el gráfico se observa que la máxima densidad seca muestra una tendencia creciente al adicionar cemento portland y aceite sulfonado y alcanza un valor máximo de 2.089 g/cm³ con 5% de CP, con esta dosificación se evidencia una mejora en la compactación del material.

Figura 15.

Comparativo del óptimo contenido de humedad de la subrasante natural y sus adicciones C-04.



Nota: Elaboración propia (2025).

Interpretación. El óptimo contenido de humedad va aumentando hasta llegar a un 12.30% con 5% de cemento portland, en este punto se da la mayor demanda de agua para la hidratación del cemento, reflejando una mejor eficiencia en el acomodo de las partículas del suelo.

3.8.3.5. Máxima densidad seca y óptimo contenido de humedad de la Calicata C-05 adicionando aceite sulfonado y Cemento Portland.

Tabla 14.

Proctor modificado (ASTM D-1557), C-05.

Muestra	MDS (g/cm ³)	Óptimo contenido de humedad (%)
C-05 sin tratamiento	2.061	11
C-05+0.5%CP+AS	2.073	11.5
C-05+2%CP+AS	2.088	11.3
C-05+3.5%CP+AS	2.099	11.5
C-05+5%CP+AS	2.105	11.9

Nota: *Elaboración propia (2025).*

Interpretación. En la tabla se observa para la calicata C-05, que los resultados de la máxima densidad seca se incrementan cuando el contenido de cemento portland se agrega en diferentes proporciones junto con una dosificación constante de aceite sulfonado (0.32 L/m³). La C-05 sin tratamiento, alcanzó una máxima densidad seca de 2.061 g/cm³ y un óptimo contenido de humedad de 11.0%, sin embargo, al adicionar un 0.5% de cemento portland, la máxima densidad seca aumentó a 2.073 g/cm³, evidenciando un crecimiento mínimo, por su parte el óptimo contenido de humedad creció a 11.50%.

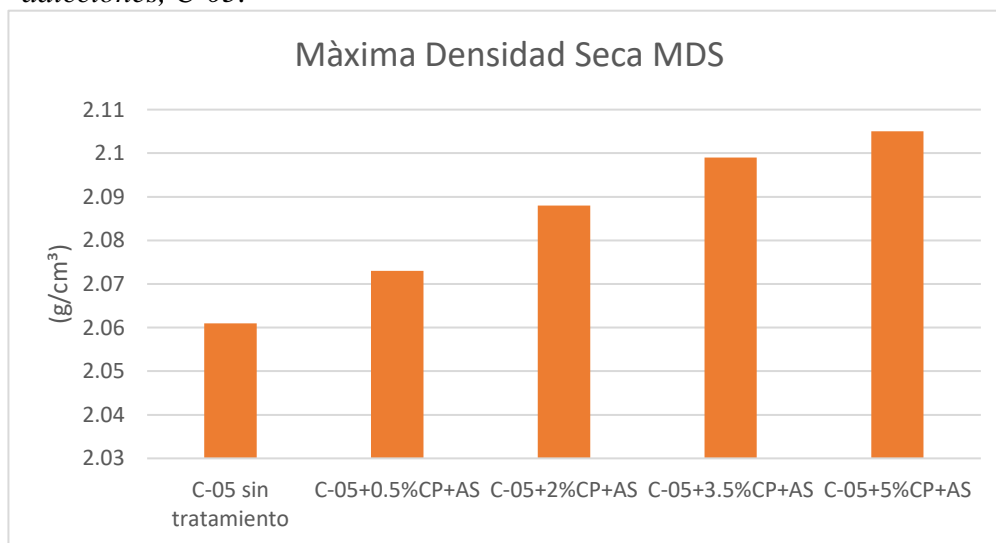
Con una adición del 2% de cemento portland, la máxima densidad seca tiene un valor igual a 2.088 g/cm³, este valor se incrementa respecto a las primeras adiciones, mejorando la estructura interna del suelo y a las reacciones iniciales de cementación, el óptimo contenido de humedad también aumentó a 11.3%, esto se explica por una mayor cantidad de agua necesaria para hidratar el cemento y facilitar las reacciones en la estabilización.

En el caso la adición 3.5% de cemento portland, la máxima densidad seca tiene un valor igual a 2.099 g/cm³, el óptimo contenido de humedad también aumentó a 11.5%, esto se explica por una mayor cantidad de agua necesaria para hidratar el cemento y facilitar las reacciones en la estabilización.

Finalmente, al adicionar un 5% de cemento portland, la máxima densidad seca aumentó a 2.105 g/cm³, y el óptimo contenido de humedad se elevó a 11.9%, esto se debe a que a mayor cantidad de cemento adicionado se requiere mayor cantidad de agua necesaria para hidratar el cemento mejorando la estructura del suelo compactado logrando una mayor eficiencia en el acomodo de sus partículas.

Figura 16.

Comparativo de la Máxima densidad seca de la subrasante natural y sus adicciones, C-05.

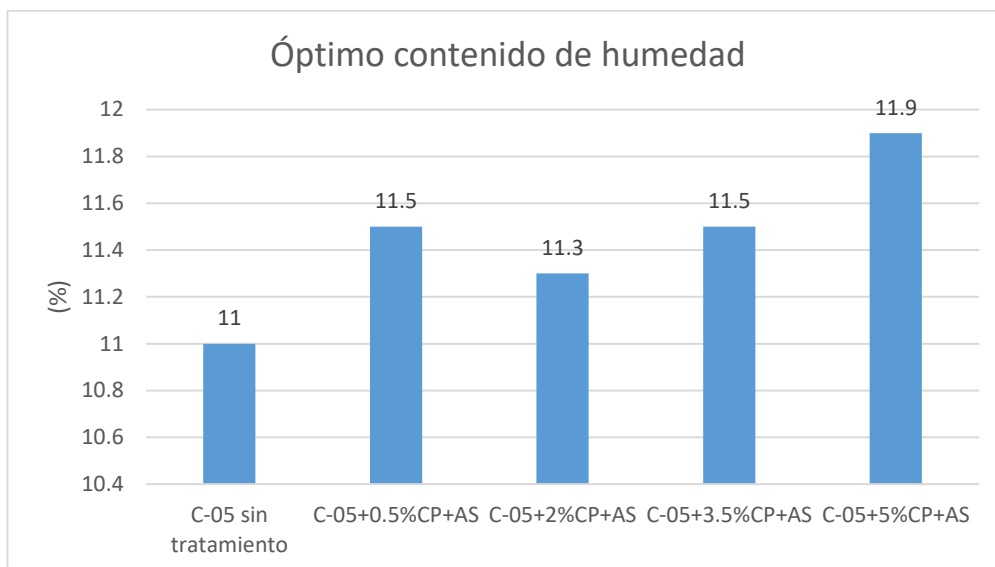


Nota: *Elaboración propia (2025).*

Interpretación. En el gráfico se observa que la máxima densidad seca muestra una tendencia creciente al adicionar cemento portland y aceite sulfonado y alcanza un valor máximo de 2.105 g/cm³ con 5% de CP, con esta dosificación se evidencia una mejora en la compactación del material.

Figura 17.

Comparativo del óptimo contenido de humedad de la subrasante natural y sus adicciones C-05.



Nota: Elaboración propia (2025).

Interpretación. El óptimo contenido de humedad va aumentando hasta llegar a un 11.9% con 5% de cemento portland, en este punto se da la mayor demanda de agua para la hidratación del cemento, reflejando una mejor eficiencia en el acomodo de las partículas del suelo.

3.8.3.6. Índice de CBR de la calicata C-01 con la adición de Cemento Portland y aceite sulfonado.

Tabla 15.

Resultados de la capacidad de soporte CBR (ASTM D-1883), C-01.

Muestra	CBR 0.1''	
	95%	100%
	M.D.S.	M.D.S.
C-01 sin tratamiento	9.30	11.40
C-01+0.5%CP+AS	14.20	17.10
C-01+2%CP+AS	19.80	23.05
C-01+3.5%CP+AS	67.50	72.00
C-01+5%CP+AS	123.30	129.70

Nota: Elaboración propia (2025).

Interpretación. Se observa que para la calicata C-01 sin tratamiento, el valor de la al 95% de la MDS es 9.30% y al 100% es igual a 11.40%, los valores indican una baja capacidad de soporte, es decir una subrasante categorizada como regular S2, estos valores son propios de suelos que generalmente no poseen cohesión ni buena respuesta bajo cargas repetidas, el CBR al 100% de la MDS es mayor ya que en este punto ejerce mayor resistencia a la penetración.

Al aplicar una adición de 0.5% de cemento portland y 0.32L/m³ de aceite sulfonado se observa que el CBR al 95% de la MDS alcanza 14.20%, con esta adición se obtuvo una subrasante categorizada como S3, subrasante buena, el efecto del cemento hace que las partículas se reordenen de una mejor manera y obtener un contacto más firme entre partículas incluso con una dosificación mínima de cemento. El aceite sulfonado mejoró la penetración del cemento y favoreció una mejor mezcla y adherencia.

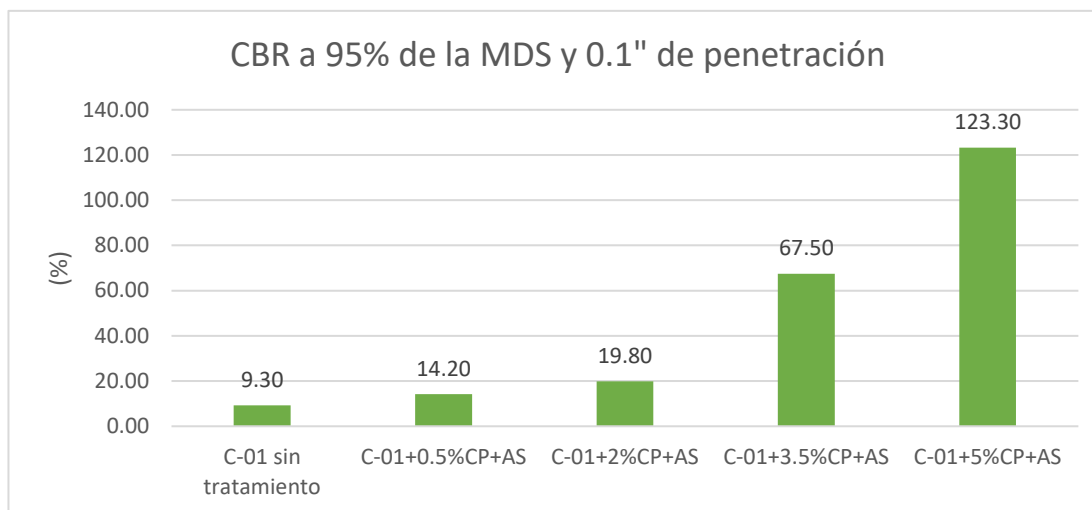
Cuando se adiciona 2% de cemento portland y 0.32L/m³ de aceite sulfonado, el índice del CBR mejora significativamente, alcanzando un CBR mayor a 20% al 95% de la MDS y 0.1” de penetración y categorizándose como S4, una subrasante muy buena. Esto se debe a una mejor hidratación del cemento, formando silicatos que unen mejor las partículas, este porcentaje de adición ya es técnicamente aceptable para suelos granulares pobres.

Al adicionar 3.5% de cemento portland y 0.32L/m³ de aceite sulfonado, al 95% de la MDS y una penetración de 0.1”, se obtiene una subrasante superior a 30%, es decir una subrasante categorizada como excelente, S5. Este valor duplica o triplica los valores anteriores, es decir el suelo pasa de un estado granular suelto a un estado suelo-cemento o material semirrígido, con estos valores, la mezcla se comporta con enlaces internos resistentes con alta rigidez frente a las deformaciones producidas por la circulación vehicular.

Finalmente, al aplicar un 5% de cemento portland y 0.32L/m³ de aceite sulfonado, se alcanza un máximo desempeño de la mezcla, con valores que superan ampliamente el rango típico del ensayo CBR que normalmente alcanzan un índice de 100%. Sin embargo, económicamente no sería viable, ya que, con adiciones menores, se supera a las subrasantes categorizadas como excelentes, es decir los índices de CBR mayores a 30%.

Figura 18.

Índice del CBR a 95% de la MDS y a una penetración de 0.1", C-01.



Nota: *Elaboración propia (2025).*

Interpretación. En el gráfico se observa un crecimiento progresivo de los resultados del índice de CBR conforme se incrementa la dosificación de agentes estabilizantes, el cemento portland y aceite sulfonado, la muestra sin tratamiento presenta un CBR de apenas 9.30%, indicando un material con muy baja resistencia y categorizado como una subrasante S2, regular, no apto para soporte directo de capas estructurales en condiciones climáticas desfavorables.

Al adicionar 0.5% de cemento portland y 0.32L/m³ aceite sulfonado constante, el CBR se eleva a 14.20% y muestra los efectos iniciales de estabilización. Con 2% de cemento portland y 0.32L/m³ aceite sulfonado, el valor alcanza un 19.80%, lo cual ya lo ubica como un suelo con resistencia aceptable para subrasantes mejoradas y se categoriza como un suelo S4, una subrasante muy buena.

A partir de 3.5% de cemento portland y aceite sulfonado 0.32L/m³, el CBR sube a 67.50%, lo adquiriendo un comportamiento de una subbase tratada. Finalmente, con 5% de

cemento portland y aceite sulfonado 0.32L/m³, se alcanza un CBR de 123.3%, indicando un suelo altamente estabilizado, con características similares a un suelo-cemento rígido.

3.8.3.7. Índice de CBR de la calicata C-02 con la adición de Cemento Portland y aceite sulfonado.

Tabla 16. Resultados de la capacidad de soporte CBR (ASTM D-1883), C-02.

Muestra	CBR 0.1"	
	95%	100%
	M.D.S.	M.D.S.
C-02 sin tratamiento	9.85	11.38
C-02+0.5%CP+AS	13.20	16.01
C-02+2%CP+AS	21.70	25.00
C-02+3.5%CP+AS	67.50	72.00
C-02+5%CP+AS	124.10	129.30

Nota: *Elaboración propia (2025).*

Interpretación. Los resultados encontrados, presentan un crecimiento progresivo en la mejora del índice de la subrasante, la muestra de la calicata C-02, sin tratamiento al 95% MDS y penetración 0.1", el CBR es de 9.85%, mientras que a 100% MDS sube a 11.38%.sin embargo, estos valores muestran una baja capacidad portante del suelo natural, que es típico de suelos no estabilizados.

Con la adición de 0.5% de cemento portland y 0.32L/m³ aceite sulfonado, el CBR a 95% MDS y penetración 0.1" se obtiene un valor de 13.20%, alcanzando 16.01% al 100% MDS. Este aumento se debe al acomodo de partículas por efectos del cemento y el aceite sulfonado.

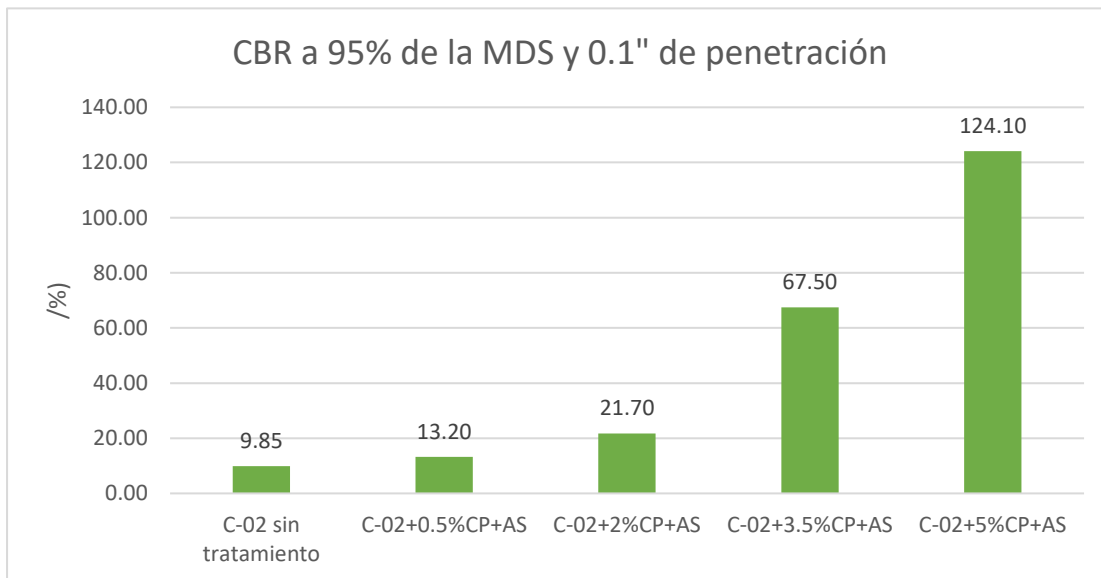
Cuando se adiciona 2% de cemento portland y 0.32L/m³ de aceite sulfonado, se observa un crecimiento moderado del CBR a 95% MDS con una penetración de 0.1", alcanza un valor de 21.70%, y un aumento menor a 100% MDS con un resultado igual a 25.00%.

A partir de 3.5% de cemento portland y aceite sulfonado 0.32L/m³, la mejora es notable, con un CBR de 67.50% al 95% MDS con una penetración de 0.1" y al 100% MDS alcanza 72.00%. Este salto se entiende como una consolidación fuerte entre partículas de la mezcla, con una formación resistente, que normalmente se da en capas de base y subbase.

Finalmente, al aplicar un 5% de cemento portland y 0.32L/m³ de aceite sulfonado, se observa el mayor valor de CBR, alcanzando 124.10% al 95% MDS, con una penetración de 0.1" y 129.30% al 100% MDS.

Figura 19.

Índice del CBR a 95% de la MDS y a una penetración de 0.1", C-02.



Nota: *Elaboración propia (2025).*

Interpretación. El CBR para la muestra C-02 evaluado a 95% de densidad seca máxima y penetración de 0.1" presenta un aumento constante y progresivo con la incorporación de cemento portland y aceite sulfonado. Desde un valor inicial bajo de 9.85%

en el suelo natural y categorizado como una subrasante regular, se observa una mejora que llega a 124.10% con la adición de 5% de cemento más 0.32l/m³ de aceite sulfonado. Con este tratamiento se mejoró capacidad portante y rigidez del suelo, se destaca que se obtuvo mejores resultados a partir del 3.5% de cemento.

3.8.3.8. Índice de CBR de la calicata C-03 con la adición de Cemento Portland y aceite sulfonado.

Tabla 17. Resultados de la capacidad de soporte CBR (ASTM D-1883), C-03.

Muestra	CBR 0.1"	
	95%	100%
	M.D.S.	M.D.S.
C-03 sin tratamiento	8.15	9.90
C-03+0.5%CP+AS	10.70	13.10
C-03+2%CP+AS	19.30	23.80
C-03+3.5%CP+AS	67.50	73.50
C-03+5%CP+AS	124.60	131.00

Nota: *Elaboración propia (2025).*

Interpretación. Los resultados encontrados, presentan un crecimiento progresivo en la mejora del índice de la subrasante, la muestra de la calicata C-03, sin tratamiento al 95% MDS y penetración 0.1", el CBR es de 8.15%, mientras que a 100% MDS sube a 9.90%.sin embargo, estos valores muestran una baja capacidad portante del suelo natural, que es típico de suelos no estabilizados.

Con la adición de 0.5% de cemento portland y 0.32L/m³ aceite sulfonado, el CBR a 95% MDS y penetración 0.1" se obtiene un valor de 10.70%, alcanzando 13.10% al 100% MDS. Este aumento se debe al acomodo de partículas por efectos del cemento y el aceite sulfonado.

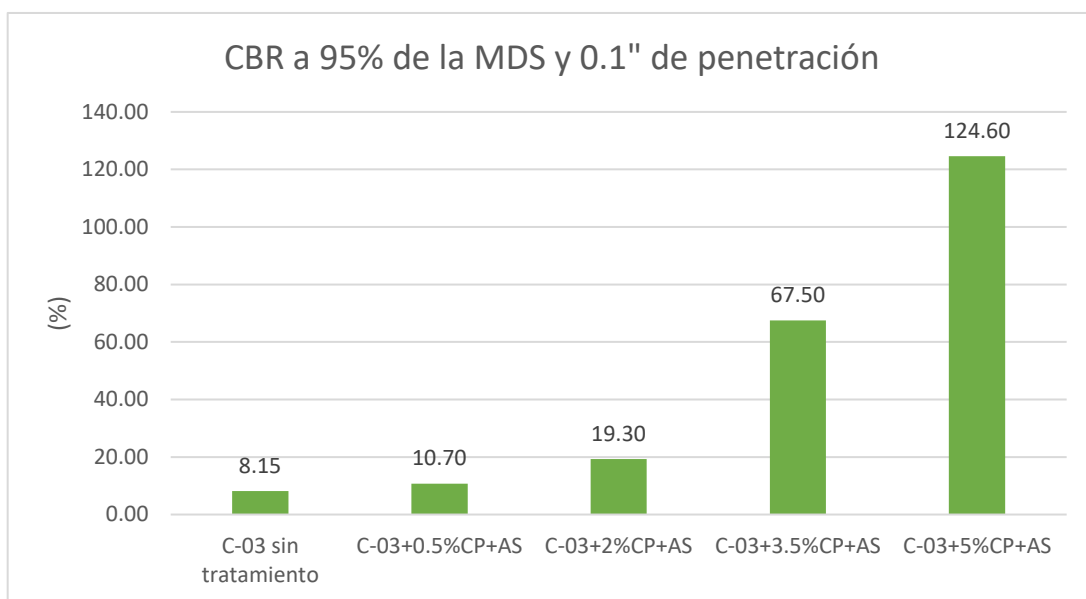
Cuando se adiciona 2% de cemento portland y 0.32L/m³ de aceite sulfonado, se observa un crecimiento moderado del CBR a 95% MDS para una penetración de 0.1", alcanza un valor de 19.30%, y a 100% MDS un resultado igual a 23.80%.

A partir de 3.5% de cemento portland y aceite sulfonado 0.32L/m³, la mejora es notable, con un CBR de 67.50% al 95% MDS con una penetración de 0.1" y al 100% MDS alcanza 73.50%. Este salto se entiende como una consolidación fuerte entre partículas de la mezcla, con una formación resistente, que normalmente se da en capas de base y sub base.

Finalmente, al aplicar un 5% de cemento portland y 0.32L/m³ de aceite sulfonado, se observa el mayor valor de CBR, alcanzando 124.60% al 95% MDS, con una penetración de 0.1" y 131.00% al 100% MDS.

Figura 20.

Índice del CBR a 95% de la MDS y a una penetración de 0.1", C-03.



Nota: *Elaboración propia (2025).*

Interpretación. El CBR para la muestra C-03 evaluado a 95% de densidad seca máxima y penetración de 0.1" presenta un aumento constante y progresivo con la incorporación de cemento portland y aceite sulfonado. Desde un valor inicial bajo de 8.15%

en el suelo natural y categorizado como una subrasante regular, se observa una mejora que llega a 124.60% con la adición de 5% de cemento más 0.32l/m³ de aceite sulfonado. Con este tratamiento se mejoró capacidad portante y rigidez del suelo, se destaca que se obtuvo mejores resultados a partir del 3.5% de cemento.

3.8.3.9. Índice de CBR de la calicata C-04 con la adición de Cemento Portland y aceite sulfonado.

Tabla 18. Resultados de la capacidad de soporte CBR (ASTM D-1883), C-04.

Muestra	CBR 0.1"	
	95%	100%
	M.D.S.	M.D.S.
C-04 sin tratamiento	8.78	9.98
C-04+0.5%CP+AS	10.90	12.25
C-04+2%CP+AS	16.95	19.20
C-04+3.5%CP+AS	59.30	64.00
C-04+5%CP+AS	122.00	127.00

Nota: *Elaboración propia (2025).*

Interpretación. Los resultados encontrados, presentan un crecimiento progresivo en la mejora del índice de la subrasante, la muestra de la calicata C-04, sin tratamiento al 95% MDS y penetración 0.1", el CBR es de 8.78%, mientras que a 100% MDS sube a 10.00%.sin embargo, estos valores muestran una baja capacidad portante del suelo natural, que es típico de suelos no estabilizados.

Con la adición de 0.5% de cemento portland y 0.32L/m³ aceite sulfonado, el CBR a 95% MDS y penetración 0.1" se obtiene un valor de 10.90%, alcanzando 12.25% al 100% MDS. Este aumento se debe al acomodo de partículas por efectos del cemento y el aceite sulfonado.

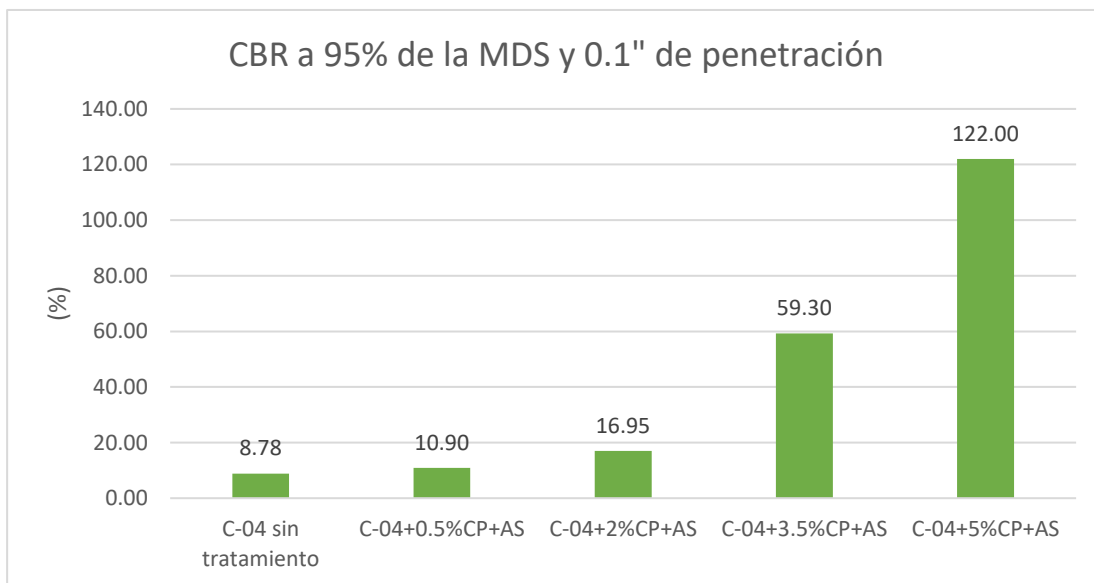
Cuando se adiciona 2% de cemento portland y 0.32L/m³ de aceite sulfonado, se observa un crecimiento moderado del CBR a 95% MDS para una penetración de 0.1", alcanza un valor de 16.95%, y a 100% MDS un resultado igual a 19.20%.

A partir de 3.5% de cemento portland y aceite sulfonado 0.32L/m³, la mejora es notable, con un CBR de 59.30% al 95% MDS con una penetración de 0.1" y al 100% MDS alcanza 64.00%. Este salto se entiende como una consolidación fuerte entre partículas de la mezcla, con una formación resistente, que normalmente se da en capas de base y sub base.

Finalmente, al aplicar un 5% de cemento portland y 0.32L/m³ de aceite sulfonado, se observa el mayor valor de CBR, alcanzando 122.00% al 95% MDS, con una penetración de 0.1" y 127.00% al 100% MDS.

Figura 21.

Índice del CBR a 95% de la MDS y a una penetración de 0.1", C-04.



Nota: Elaboración propia (2025).

Interpretación. El CBR para la muestra C-04 evaluado a 95% de densidad seca máxima y penetración de 0.1" presenta un aumento constante y progresivo con la incorporación de cemento portland y aceite sulfonado. Desde un valor inicial bajo de 8.78% en el suelo natural y categorizado como una subrasante regular, se observa una mejora que

llega a 122.00% con la adición de 5% de cemento más 0.32l/m³ de aceite sulfonado. Con este tratamiento se mejoró capacidad portante y rigidez del suelo, se destaca que se obtuvo mejores resultados a partir del 3.5% de cemento.

3.8.3.10. Índice de CBR de la calicata C-05 con la adición de Cemento Portland y aceite sulfonado.

Tabla 19. Resultados de la capacidad de soporte CBR (ASTM D-1883), C-05.

Muestra	CBR 0.1"	
	95%	100%
	M.D.S.	M.D.S.
C-05 sin tratamiento	8.65	9.80
C-05+0.5%CP+AS	11.30	13.20
C-05+2%CP+AS	15.60	17.85
C-05+3.5%CP+AS	70.80	75.50
C-05+5%CP+AS	130.20	134.50

Nota: *Elaboración propia (2025).*

Interpretación. Los resultados encontrados, presentan un crecimiento progresivo en la mejora del índice de la subrasante, la muestra de la calicata C-04, sin tratamiento al 95% MDS y penetración 0.1", el CBR es de 8.65%, mientras que a 100% MDS sube a 9.80%.sin embargo, estos valores muestran una baja capacidad portante del suelo natural, que es típico de suelos no estabilizados.

Con la adición de 0.5% de cemento portland y 0.32L/m³ aceite sulfonado, el CBR a 95% MDS y penetración 0.1" se obtiene un valor de 11.30%, alcanzando 13.20% al 100% MDS. Este aumento se debe al acomodo de partículas por efectos del cemento y el aceite sulfonado.

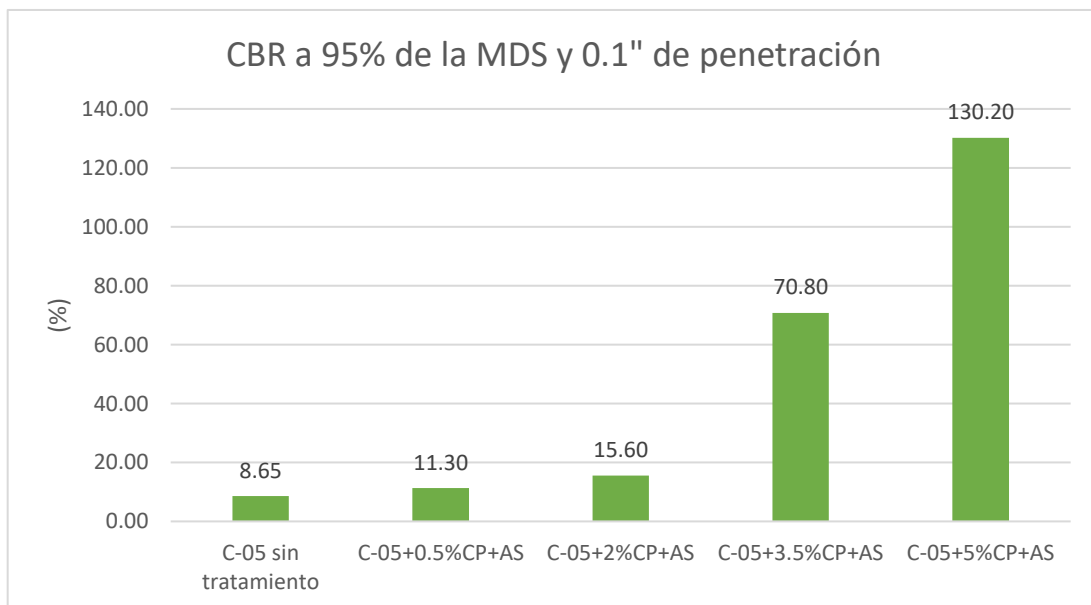
Cuando se adiciona 2% de cemento portland y 0.32L/m³ de aceite sulfonado, se observa un crecimiento moderado del CBR a 95% MDS para una penetración de 0.1", alcanza un valor de 15.60%, y a 100% MDS un resultado igual a 17.85%.

A partir de 3.5% de cemento portland y aceite sulfonado 0.32L/m³, la mejora es notable, con un CBR de 70.80% al 95% MDS con una penetración de 0.1" y al 100% MDS alcanza 75.50%. Este salto se entiende como una consolidación fuerte entre partículas de la mezcla, con una formación resistente, que normalmente se da en capas de base y sub base.

Finalmente, al aplicar un 5% de cemento portland y 0.32L/m³ de aceite sulfonado, se observa el mayor valor de CBR, alcanzando 130.20% al 95% MDS, con una penetración de 0.1" y 134.50% al 100% MDS.

Figura 22.

Índice del CBR a 95% de la MDS y a una penetración de 0.1", C-05.



Nota: Elaboración propia (2025).

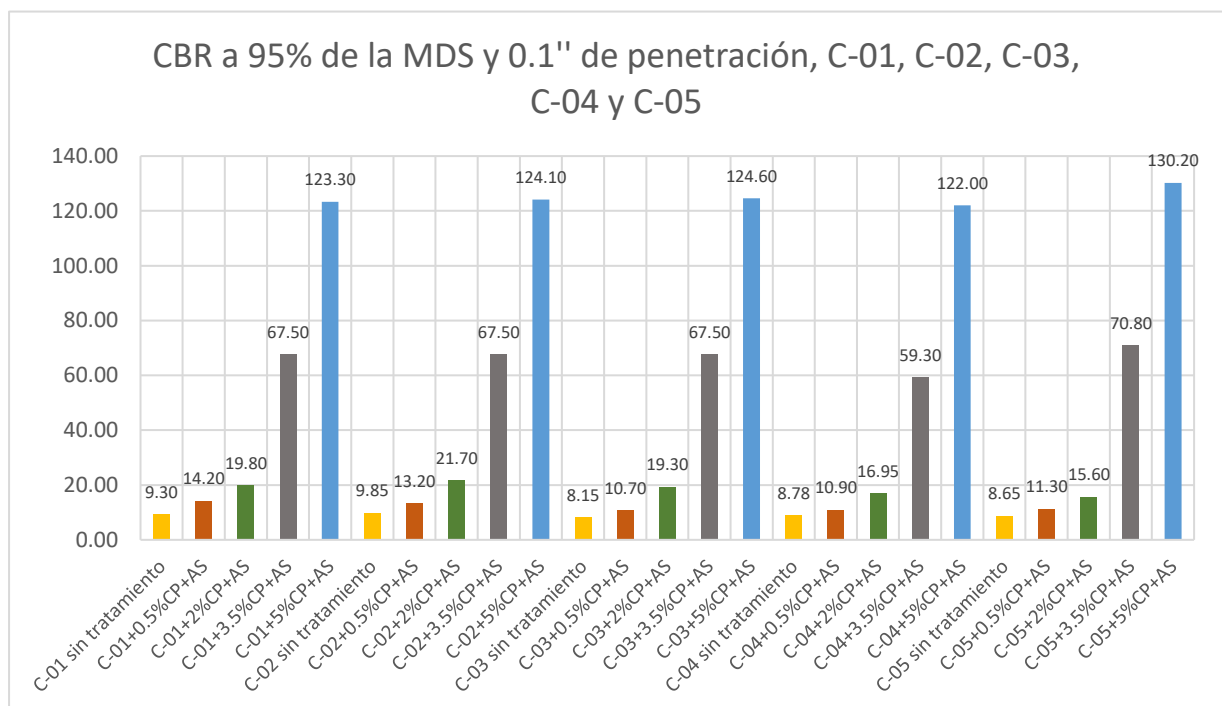
Interpretación. El CBR para la muestra C-04 evaluado a 95% de densidad seca máxima y penetración de 0.1" presenta un aumento constante y progresivo con la incorporación de cemento portland y aceite sulfonado. Desde un valor inicial bajo de 8.65%

en el suelo natural y categorizado como una subrasante regular, se observa una mejora que llega a 130.20% con la adición de 5% de cemento más 0.32l/m³ de aceite sulfonado. Con este tratamiento se mejoró capacidad portante y rigidez del suelo, se destaca que se obtuvo mejores resultados a partir del 3.5% de cemento.

3.8.3.11. Índice de CBR de diseño de la vía de acceso al Centro Poblado Nuevo Kaqui.

Figura 23.

CBR al 95% de la Máxima densidad seca y a 0.1" de penetración de las muestras C-01, C-02, C-03, C-04 y C-05.



Nota: *Elaboración propia (2025).*

Interpretación. Los resultados obtenidos muestran una tendencia al aumento de la resistencia mecánica del suelo medida a través del ensayo California Bearing Ratio (CBR) al 95% de la Máxima Densidad Seca (MDS) y a una penetración del pistón de 0.1 pulgadas, siendo la dosificación de 3.5% de cemento portland y 0.32L/m³ de aceite sulfonado, la que presenta un desempeño óptimo.

Con la dosificación del 3.5% de cemento portland, se alcanzaron valores de CBR superiores al 50%, lo que corresponde a una categoría de subrasante S5 calificado como “Excelente” según el manual de carreteras del MTC(2014), por otro lado, la dosificación del 2% de cemento portland más 0.32L/m³ de aceite sulfonado, mostró valores de CBR en cercano al 20%, situándose solo en la categoría de subrasante “Buena o muy buena”, sin embargo, analizando la problemática y por medidas de seguridad se consideró insuficiente para garantizar una adecuada resistencia ante condiciones de carga y clima adversos.

Además, la dosificación del 3.5% de cemento portland y 0.32L/m³ de aceite sulfonado, representa un equilibrio entre lo técnico y económico favorable, ya que ofrece una mejora sustancial respecto a dosis menores sin incurrir en los problemas asociados a dosificaciones excesivas, como pérdida de trabajabilidad y rigidez excesiva.

Finalmente, considerando como dosificación óptima la aplicación de 3.5% de cemento Portland y 0.32 L/m³ de aceite sulfonado, se procedió a determinar el CBR de diseño, de acuerdo con los lineamientos establecidos en el Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos del MTC (2014), este manual indica que, en sectores donde se cuente con menos de seis valores de CBR obtenidos para un tipo de suelo representativo, se debe tomar el promedio de los valores siempre que estos sean similares entre sí, conforme a la categorización correspondiente, en ese contexto, para las 05 calicatas compactadas al 95% de la máxima densidad seca (MDS) y evaluada a una penetración de 0.1 pulgadas, se obtuvo un CBR promedio de 66.52. Dado que todos los resultados superan el 30%, se clasifican como una subrasante excelente.

Para garantizar los resultados, se aplicó un análisis de varianza ANOVA de un factor, esto permitió saber si las diferencias entre las muestras son significativas, en este caso se

utilizó la prueba Tukey para identificar con que dosificación se obtienen mejores resultados en la mejora efectiva del índice de CBR del suelo.

Tabla 20. *Análisis de varianza (ANOVA)*

ANOVA					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Valor p
Tratamientos	49542,264	4	12385,566	1677,337	0,000
Error experimental	147,681	20	7,384		
Total	49689,945	24			

Nota: Elaboración propia (2025).

La Tabla 20 presenta el análisis de varianza (ANOVA) realizado para evaluar el comportamiento del índice CBR al adicionar diferentes porcentajes de cemento Portland (aditivo sólido) junto con una dosificación de aceite sulfonado (aditivo líquido).

Al comparar estas variaciones se obtiene un estadístico F de 1677,337, es extremadamente alto, acompañado de un valor $p = 0,000$ menor que el nivel de significancia común de 0,05, con el cual se puede afirmar que la adición de diferentes porcentajes de cemento Portland combinados con aceite sulfonado influye de manera significativa en el índice CBR del suelo.

En consecuencia, los resultados evidencian que la estabilización del suelo mediante la incorporación de cemento Portland y aceite sulfonado tiene un efecto significativo en el mejoramiento del índice CBR, lo que sugiere que la combinación de estos aditivos puede contribuir a incrementar la capacidad de soporte del suelo para aplicaciones en ingeniería vial.

Tabla 21. Resultados de la prueba de comparación múltiple HSD de Tukey

HSD Tukey					
Dosificación de cemento	N	Subconjunto para alfa = 0.05			
		1	2	3	4
Sin tratamiento	5	8,946 a			
0,50 %	5	12,060 a			
2 %	5		18,670 b		
3.50 %	5			66,520 c	
5 %	5				124,840 d

Nota: Elaboración propia (2025).

La Tabla 21 presenta los resultados de la prueba de comparación múltiple HSD de Tukey, la cual permite identificar entre qué tratamientos existen diferencias significativas en el índice CBR, después de haberse comprobado con el ANOVA que sí existen diferencias entre los tratamientos.

Al analizar los resultados, se observa que el suelo sin tratamiento presenta un valor promedio de CBR de 8,946, siendo el valor más bajo del conjunto. De manera similar, el tratamiento con 0,50 % de cemento presenta un promedio de 12,060, ubicándose en el mismo subconjunto estadístico identificado con la letra “a”, lo que indica que no existe diferencia significativa entre ambos tratamientos.

Por otro lado, cuando la dosificación aumenta a 2 % de cemento, el índice CBR se incrementa hasta 18,670, ubicándose en un subconjunto diferente (b). Esto indica que este tratamiento sí presenta una mejora significativa respecto a los tratamientos anteriores.

El incremento es mucho más notable cuando se aplica 3,50 % de cemento, donde el valor promedio del CBR alcanza 66,520, formando un nuevo subconjunto identificado con la letra “c”, lo cual evidencia una mejora considerable y significativa en la capacidad de soporte del suelo, respecto a los tratamientos anteriores.

Finalmente, el tratamiento con 5 % de cemento presenta el valor más alto de CBR, con un promedio de 124,840, ubicándose en el subconjunto “d”, completamente diferente a los demás tratamientos. Esto significa que este tratamiento es estadísticamente superior a todos los otros niveles evaluados.

Si bien es cierto que el tratamiento con 5 % de cemento presenta el mejor desempeño en la mejora de la capacidad de soporte del suelo, cabe señalar que aplicar este tratamiento in situ sería desfavorable respecto al tema costo beneficio; en este sentido, con la mezcla de 0.32 l/m³ de aceite sulfonado y 3.5% de Cemento Portland permite categorizar la subrasante como "excelente" y se garantiza su capacidad para soportar el tránsito de vehículos pesados y livianos para el lugar de estudio.

4.2. Discusiones

Los resultados del contenido de humedad natural, son de 8.191% para la calicata C-01, de 7.101% para la calicata C-02, de 7.824% para la calicata C-03, de 7.350% para la calicata C-04 y de 8.047% para la calicata C-05, estos resultados son menores al óptimo contenido de humedad encontrado con el ensayo del Proctor modificado, esta característica de suelo es debido a la ubicación de la zona, un clima seco como lo es el centro Poblado nuevo Kaqui, es especial en temporada de sequía, también puede deberse a que el suelo tiene poca infiltración. En estas condiciones, al realizar la compactación del suelo, se debe agregar la suficiente cantidad de agua y de manera controlada, ya al llegar al óptimo contenido de humedad, las partículas del suelo se reacomodan obteniendo mejores propiedades en la subrasante tal como lo indica el MTC 2014.

En el caso de los límites de consistencia del suelo natural, las cinco muestras tienen valores de 41.20% para C-01, 38.88% para C-02, 37.54% para C-03, 38.92% para C-04 y 36.31% para C-05 para el caso del límite líquido y de 24.39% para C-01, 23.85% para C-

02, 22.34% para C-03, 21.53% para C-04 y 21.89% para C-05 para el límite plástico, esto trae consigo un índice de plasticidad igual a 16.81% para la calicata C-01, de 15.03% para la calicata C-02, de 15.20% para la calicata C-03, de 17.39% para la calicata C-04 y de 14.42% para la calicata C-05 en este sentido, (Crespo, 2004) indica que cuando un suelo tiene un IP mayor a 7 y menor o igual a 17, este suelo es medianamente plástico, situándose como un suelo susceptible a sufrir deformaciones volumétricas, con esto se justificó la necesidad de agregar agentes estabilizantes como el cemento portland tipo I y el aceite sulfonado.

Con respecto a los resultados del Proctor modificado para el terreno natural, la muestra C-02 tiene una máxima densidad seca de 2.154 g/cm³ y un óptimo contenido de humedad de 10.60%, este resultado indica mayor contenido de partículas densas que lo hace más compacta respecto a las demás calicatas, que en promedio sus resultados para la máxima densidad seca alcanzan 2.053 g/cm³ y un óptimo contenido de humedad de 11.2%.

El índice de CBR a un 95% de la máxima densidad seca y una penetración de 2.54mm del pistón, se obtuvo un promedio de CBR de diseño igual a 8.95%, y comparado con el criterio del MTC (2014), la subrasante se clasifica con una categoría S2, y está propenso o cercano a categorizarse como una subrasante inadecuada, en ese sentido se estabilizó con la adición de aceite sulfonado y cemento portland.

Bajo el sistema SUCS y AASHTO, las muestras de las 5 calicatas se clasifican como un SC y A-2-6, lo que se puede tomar como un suelo que cumpliría las características para ser una subrasante regular ya que tienen una fracción de arena, grava y porcentaje de finos cohesivos, con lo cual existe la posibilidad que el suelo de esta parte de la vía sea propenso a sufrir deformaciones o saturación en climas adversos como la lluvia, esto implicó estabilizar el suelo natural.

Al realizar la adición de dos agentes estabilizantes como el cemento Portland tipo I en proporciones de 0.5%, 2%, 3.5% y 5%, más, 0.32 l/m³ de aceite sulfonado, se obtuvieron diferentes valores del índice CBR para cada mezcla. Tras un análisis técnico y económico de los resultados, se determinó que la mezcla óptima correspondía a la combinación de 3.5% de cemento Portland tipo I y 0.32 l/m³ de aceite sulfonado, estos resultados se asemejan a lo obtenido por Gómez y Silva (2020), quienes evaluaron la influencia que existe entre el aceite sulfonado y el cemento portland al estabilizar la subrasante de la Vía Huaylillas - Buldibuyo, que con una dosificación de 0.30lt/m³ de aceite sulfonado, recomiendan una adición del 3.5% de cemento portland tipo I, con lo que obtuvieron resultados favorables que cumplieron con las normativas peruanas.

En este sentido, con la mezcla de 0.32 l/m³ de aceite sulfonado y 3.5% de Cemento Portland, se evaluó según los criterios establecidos por el MTC (2014), identificándose un CBR de diseño promedio de 66.52%, evaluada al 95% de la máxima densidad seca y una penetración de 2.54mm. Este valor permite categorizar la subrasante como "excelente" y se garantiza su capacidad para soportar el tránsito de vehículos pesados y livianos para el lugar de estudio. Comparando estos resultados con lo obtenido por Tasilla (2023), en su investigación sobre la Influencia de cemento y aceite sulfonado, el agente estabilizante variable fue el aceite sulfonado, mientras que el cemento portland de 1 bolsa por metro cúbico se mantuvo constante. Se observó que la dosificación óptima de aceite sulfonado, está por encima de lo aplicado en nuestra investigación, por solo 0.03l/m³, sin embargo se logró mejorar las propiedades físicas y mecánicas de suelo en ambos estudios.

CAPÍTULO V.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

V. Conclusiones y Recomendaciones

5.1. Conclusiones

- 5.1.1 En este estudio de investigación, se logró el mejoramiento del índice CBR del suelo de la subrasante adicionando cemento Portland tipo I y aceite sulfonado en la vía de acceso del Centro Poblado Nuevo Kaqui, distrito de Yaután, provincia de Casma, departamento de Áncash – 2023.
- 5.1.2 Se determinaron las propiedades físico-mecánicas del suelo natural de la vía de acceso al centro poblado Nuevo Kaqui, a partir de la exploración de cinco calicatas en un tramo de 2 km, la vía presenta un bajo nivel de tránsito menor a 200 vehículos por día. En este tramo, el contenido promedio de humedad fue de 7.70%, un valor por debajo del óptimo, lo que permite agregar agua de manera controlada durante la compactación. Por otro lado, al analizar los límites de consistencia, el índice de plasticidad (IP) promedio de ambas calicatas fue mayor a 7, indicando que el suelo posee plasticidad media y contiene arcilla. Debido a este riesgo, se procedió a estabilizarlo con cemento y aceite sulfonado. Las 05 calicatas mostraron las siguientes propiedades: En el ensayo de Proctor modificado se obtuvo una máxima densidad seca promedio igual a 2.053 g/cm^3 y un óptimo contenido de humedad igual a 11.10%, condiciones bajo las cuales el suelo requiere estabilización. Finalmente, el índice CBR del terreno natural, evaluado al 95% de la máxima densidad seca para una penetración de 0.1”, arrojó un valor promedio de 8.95%, clasificándose como subrasante tipo S2, es decir, una subrasante regular, pero cerca de considerarse deficiente.
- 5.1.3 Se clasificó el tipo de suelo existente en la vía de acceso al centro poblado Nuevo Kaqui, utilizando el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS) y el

sistema AASHTO. Para las 05 calicatas, el suelo fue identificado como una arena arcillosa (SC) bajo el SUCS, es decir, predomina la fracción arenosa y el contenido de finos es menor al 50%, con una plasticidad moderada. Según AASHTO, esta muestra corresponde al grupo A-2-6. Este suelo requiere estabilización para ser utilizado adecuadamente como subrasante en caminos.

5.1.4 Se evaluó el comportamiento del índice CBR al adicionar porcentajes de 0.5%, 2%, 3.5% y 5% de cemento portland (aditivo sólido) junto con una dosificación constante de 0.32 lt/m³ de aceite sulfonado (aditivo líquido). El estudio realizado en las 05 calicatas demostró que el suelo natural, clasificado como subrasante regular (S2), presentó un valor de CBR al 95% de la MDS promedio igual a 8.95% y una máxima densidad seca de 2.073 g/cm³ lo valores son muy bajos para conformar una subrasante, ya que para considerarse una subrasante buena el valor del CBR al 95% de la MDS debería ser $CBR \geq 10\%$ a $CBR < 20\%$. Con el 0.5% de cemento portland y 0.32 l/m³ de aceite sulfonado, el valor promedio del CBR al 95% de la MDS subió a 12.06%, clasificando la subrasante como S3 (buena) la cual aún no resulta $CBR \geq 30\%$. Al adicionar 2%, el promedio del CBR al 95% de la MDS es igual a 18.67% el cual se acercó al 20%. El mejor desempeño se logró con 3.5% de adición de cemento portland y 0.32 l/m³ de aceite sulfonado, obteniendo un CBR promedio igual a 67.52% de la MDS, el cual es mayor al 30% y una densidad promedio de 2.11g/cm³, de acuerdo al manual de carreteras de MTC 2014 clasificando como un S5 (subrasante excelente). Con 5% de cemento, el CBR continuó aumentando. Por lo cual se concluye que adicionando el 3.5% de cemento Portland, junto a 0.32 l/m³ de aceite sulfonado se logra obtener el mejor resultado costo beneficio ya que permite transformar una subrasante inicialmente insuficiente en una base capaz de soportar cargas de tráfico pesado, optimizando la durabilidad y estabilidad de la

estructura vial; sin recurrir a tratamientos costosos o reemplazo total de material natural.

5.2. Recomendaciones

A los futuros investigadores

5.2.1 Se recomienda realizar un análisis en suelos con características similares, manteniendo un porcentaje constante de cemento y variando la dosificación de aceite sulfonado, con el fin de evaluar el comportamiento del suelo bajo diferentes proporciones de estabilizante líquido.

5.2.2 Se sugiere aplicar estas dosificaciones en suelos arcillosos para conocer el efecto de la adición de los mismos porcentajes de cemento y aceite sulfonado utilizados en esta investigación, y así determinar su eficacia en diferentes tipos de suelo

5.2.3 Es recomendable analizar de manera in situ el efecto que tiene la adición de cemento Portland tipo I y aceite sulfonado en un tramo de prueba de la vía de acceso al centro poblado Nuevo Kaqui, para validar los resultados obtenidos en laboratorio bajo condiciones reales.

5.2.4 Se propone reemplazar el cemento Portland tipo I por otro tipo de cemento Portland y comparar los resultados obtenidos, con el objetivo de identificar posibles alternativas que mejoren o igualen el desempeño registrado en este estudio.

A las autoridades del centro poblado Nuevo Kaqui

5.2.5 Se recomienda la aplicación de los resultados de este estudio como base para la elaboración de un expediente técnico de mejoramiento de la vía de acceso,

con la finalidad de optimizar la transitabilidad de vehículos y personas, contribuyendo así al desarrollo y bienestar de la comunidad.

CAPÍTULO VI.
REFERENCIAS
BIBLIOGRÁFICAS Y
VIRTUALES

VI. Referencia Bibliográfica

- AgroPerú. (2023). *Ancash: Rehabilitan carretera para transportar productos en Yaután*. Yaután. Obtenido de <https://www.agroperu.pe/ancash-rehabilitan-carretera-para-transportar-productos-en-yautan/>
- American Society for Testing and Materials . (1964). *Método de prueba estándar para California Bearing Ratio (CBR) de suelos compactados en laboratorio*. Obtenido de <https://secure.astm.org/login?redirectUrl=aHR0cHM6Ly9jb21wYXNzLmFzdG0ub3JnL2RvY3VtZW50Lz9jb250ZW50Q29kZT1BU1RNJTdDRDA2NTMtMjIiN0Ni1VUw~~&newApproach=true> internacional:
- Arias, M., & Mancilla, A. (2023). *Uso del aceite sulfonado y cemento portland para el mejoramiento de las propiedades mecánicas de la base granular de un pavimento asfáltico*. Tesis de Grado, Universidad Ricardo Palma, Lima. Obtenido de <https://repositorio.urp.edu.pe/entities/publication/3fbeb345-02f4-4c3a-9213-aa278f651fdc>
- Braja, M. (2013). *Fundamentos de ingeniería geotécnica* (Cuarta ed.). Mexico: Cengage Learning Editores, S.A. Obtenido de <https://www.udocz.com/apuntes/69581/fundamentos-de-ingenieria-geotecnica-braja-m-das-4ta-edicion-1>
- Camacho, J., Reyes, O., & Mayorga, A. (2008). Curado natural y acelerado de una arcilla estabilizada con aceite sulfonado. *Ingeniería y Desarrollo*. Obtenido de http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0122-34612008000200005
- Crespo, C. (2004). *Mecánica de Suelos y Cimentaciones* (Quinta ed.). México: Limusa. Obtenido de <https://books.google.com.pe/books?id=Db2SQbBHVPQC&printsec=copyright#v=onepage&q&f=false>
- Díaz, L., & Paez, J. (2019). *Influencia de la adición de aceite sulfonado en la respuesta dinámica a pequeñas deformaciones de un material granular arcilloso*. Universidad Santo Tomás, Bogotá. Obtenido de <http://hdl.handle.net/11634/19580>
- Gómez, A. &. (2020). *Influencia del aceite sulfonado y cemento portland tipo I en la estabilización de la vía Huaylillas-Buldibuyo en la Provincia de Pataz, 2020*. Tesis de Licenciatura, Universidad Privada del Norte, Trujillo. Obtenido de <https://hdl.handle.net/11537/25225>
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, M. (2014). *Metodología de la Investigación* (Sexta ed.). Mexico: McGRAW-HILL / INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V. Obtenido de <https://www.esup.edu.pe/wp-content/uploads/2020/12/2.%20Hernandez,%20Fernandez%20y%20Baptista-Methodolog%C3%ADa%20Investigacion%20Cientifica%206ta%20ed.pdf>

- Iskadar, D., Putri, E., Hakan, A., & Arniza, F. (2023). *Effectiveness of Portland Cement Type 1 in Stabilizing Soft Clay Soil as Subgrade for Road Construction*. Universidad de Andalas, Indonesia. doi:<https://doi.org/10.25077/jrs.19.1.44-53.2023>
- Jurado, C., & Clavijo, D. (2016). *Estabilización de suelos con cemento tipo MH para mejorar las características físicas y mecánicas del material de subsuelo de la zona de talleres y cocheras de la PLMQ, sector Quitumbe*. Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Quito. Obtenido de <https://repositorio.puce.edu.ec/handle/123456789/25978>
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones . (2014). *Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos*. Obtenido de https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/documentos/manuales/MANUALES%20DE%20CARRETERAS%202019/MC-05-14%20Seccion%20Suelos%20y%20Pavimentos_Manual_de_Carreteras_OK.pdf
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2015). *Soluciones básicas en Carreteras no Pavimentadas*. Lima. Obtenido de https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/documentos/otras/Doc.%20Tecnico%20Soluciones%20B%C3%A1sicas%20%28RD%20003_2015_MTC_14%29.pdf
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2016). *Ensayo de Materiales*. Obtenido de [portal.mtc.gob.pe:
https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/documentos/manuales/Manual%20Ensayo%20de%20Materiales.pdf](https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/documentos/manuales/Manual%20Ensayo%20de%20Materiales.pdf)
- Montejo, A., Montejo, A., & Montejo, A. (2018). *Estabilización de Suelos* (primera ed.). Bogotá: Ediciones de la U. Obtenido de <https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=MzSjDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA5&dq=estabilizacion+de+suelos&ots=9MQOD8EVWU&sig=LDzFVL7xM8oKN1FG86EvHqIH60E#v=onepage&q=estabilizacion%20de%20suelos&f=false>
- Onyejekwe, S., & Ghataora, G. (2014). *Soil stabilization using proprietary liquid chemical stabilizers: sulphonated oil and a polymer*. Universidad de Birmingham, Birmingham, Inglaterra. doi:<https://doi.org/10.1007/s10064-014-0667-8>
- Rivera, K. (2022). *Influencia del aceite sulfonado Perma-road iónico en las propiedades físico mecánicas de bases granulares en la ciudad de Huancayo*. Universidad Peruana Los Andes, Huancayo. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12848/4873>
- Sánchez, F. (2023). *¿Qué es el CBR?* Obtenido de Geotechtips: <https://www.geotechtips.com/post/que-es-el-cbr>
- Sistema Electrónico de Contrataciones del Estado (Seace). (s.f). *Ficha técnica del Cemento Portland tipo I*. Obtenido de SEACE: <https://prod4.seace.gob.pe/documentos//documentos/FichaSubInv/1022473650rad9CA8F.pdf>

- Tasilla, E. (2023). *Influencia de cemento y aceite sulfonado, como agentes estabilizadores de afirmados en el Camino vecinal EMP. CA. 1459 (La Colpa)- Agopampa Huacariz, Huacariz-Agocucho*. UNiversidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca. Obtenido de <http://hdl.handle.net/20.500.14074/5998>
- Urbano, K., & Vargas, M. (2019). *"El estado de condicion de una carretera no pavimentada y los tipos de intervenciòn, aplicando MTC, URCI, TMH-12 de la rutina LM-580"*. Obtenido de C:/Users/Ysamar/Downloads/T030-46760960-T.pdf
- Yepes, V. (2021). *Estabilización de suelos con Cemento*. Obtenido de victoryepes.blogs.upv.es:
<https://victoryepes.blogs.upv.es/2021/02/22/estabilizacion-de-suelos-con-cemento/>

CAPÍTULO VII.

ANEXOS

VII. Anexos

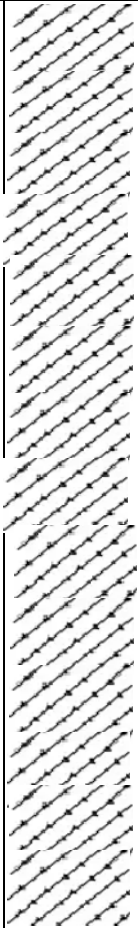
7.1. Anexo 01.- Ensayos del laboratorio

MEJORA DEL INDICE DE CBR EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE ADICIONANDO ACEITE SULFONADO Y CEMENTO PORTLAND EN NUEVO KAQUI-YAUTAN-2023

FECHA: DICIEMBRE DEL 2024

CALICATA N° 01

REGISTRO DE EXCAVACIONES

Tipo Excavac.	Profundidad (mts.)	Muestra	Símbolo	Características del Material	Clasificación		Características In situ	
					SUCS	AASHTO	w %	M.D.S
A CIELO ABIERTO Y POSTEADORA	0.00	E-1		ARENAS ARCILLOSAS , DE COLOR BEIGGE CLARO CON 8.19% DE HUMEDAD. CON CONTENIDO DE GRAVA 37.14 % , ARENA 42.47 % Y FINOS 20.39 %	SC	A-2-6	8.191	2.088
	-1.50							

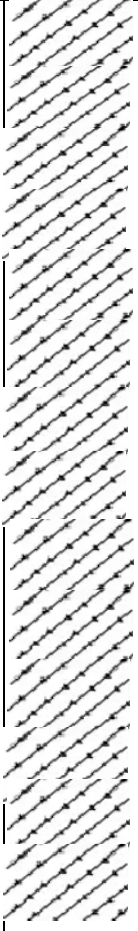
* NO SE ENCONTRÓ NIVEL FREÁTICO.

MEJORA DEL INDICE DE CBR EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE ADICIONANDO ACEITE SULFONADO Y CEMENTO PORTLAND EN NUEVO KAQUI-YAUTAN-2023

FECHA: DICIEMBRE DEL 2024

CALICATA N° 02

REGISTRO DE EXCAVACIONES

Tipo Excavac.	Profundidad (mts.)	Muestra	Símbolo	Características del Material	Clasificación		Características In situ	
					SUCS	AASHTO	w %	M.D.S
A CIELO ABIERTO Y POSTEADORA	0.00	E-1		ARENAS ARCILLOSAS , DE COLOR BEIGGE CLARO CON 7.10% DE HUMEDAD. CON CONTENIDO DE GRAVA 40.30 % , ARENA 40.02 % Y FINOS 19.68 %	SC	A-2-6	7.101	2.154
	-1.50							

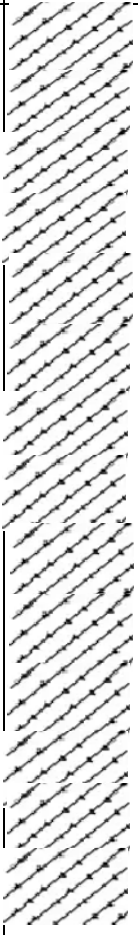
* NO SE ENCONTRÓ NIVEL FREÁTICO.

MEJORA DEL INDICE DE CBR EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE ADICIONANDO ACEITE SULFONADO Y CEMENTO PORTLAND EN NUEVO KAQUI-YAUTAN-2023

FECHA: DICIEMBRE DEL 2024

CALICATA N° 03

REGISTRO DE EXCAVACIONES

Tipo Excavac.	Profundidad (mts.)	Muestra	Símbolo	Características del Material	Clasificación		Características In situ	
					SUCS	AASHTO	w %	M.D.S
A CIELO ABIERTO Y POSTEADORA	0.00	E-1		ARENAS ARCILLOSAS , DE COLOR BEIGGE CLARO CON 7.82% DE HUMEDAD. CON CONTENIDO DE GRAVA 35.73% , ARENA 36.01% Y FINOS 28.27%	SC	A-2-6	7.824	2.022
	-1.50							

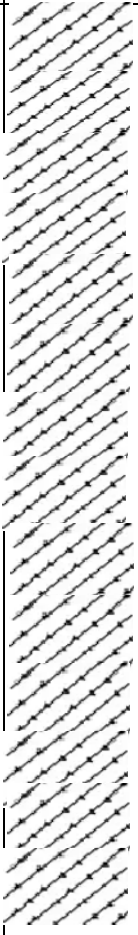

* NO SE ENCONTRÓ NIVEL FREÁTICO.

MEJORA DEL INDICE DE CBR EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE ADICIONANDO ACEITE SULFONADO Y CEMENTO PORTLAND EN NUEVO KAQUI-YAUTAN-2023

FECHA: DICIEMBRE DEL 2024

CALICATA N° 04

REGISTRO DE EXCAVACIONES

Tipo Excavac.	Profundidad (mts.)	Muestra	Símbolo	Características del Material	Clasificación		Características In situ	
					SUCS	AASHTO	w %	M.D.S
A CIELO ABIERTO Y POSTEADORA	0.00	E-1		ARENAS ARCILLOSAS , DE COLOR BEIGGE CLARO CON 7.35% DE HUMEDAD. CON CONTENIDO DE GRAVA 34.37% , ARENA 33.32% Y FINOS 32.31%	SC	A-2-6	7.35	2.041
								
	-1.50							

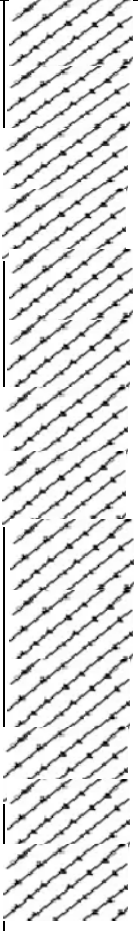
*** NO SE ENCONTRÓ NIVEL FREÁTICO.**

MEJORA DEL INDICE DE CBR EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE ADICIONANDO ACEITE SULFONADO Y CEMENTO PORTLAND EN NUEVO KAQUI-YAUTAN-2023

FECHA: DICIEMBRE DEL 2024

CALICATA N° 05

REGISTRO DE EXCAVACIONES

Tipo Excavac.	Profundidad (mts.)	Muestra	Símbolo	Características del Material	Clasificación		Características In situ	
					SUCS	AASHTO	w %	M.D.S
A CIELO ABIERTO Y POSTEADORA	0.00	E-1		ARENAS ARCILLOSAS , DE COLOR BEIGGE CLARO CON 8.04% DE HUMEDAD. CON CONTENIDO DE GRAVA 35.38% , ARENA 42.98% Y FINOS 21.64%	SC	A-2-6	8.047	2.061
	-1.50							

* NO SE ENCONTRÓ NIVEL FREÁTICO.

RESULTADOS DE ENSAYOS ESTÁNDAR DE LABORATORIO

MEJORA DEL ÍNDICE DE CBR EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE ADICIONANDO ACEITE SULFONADO Y CEMENTO PORTLAND EN NUEVO KAQUI-YAUTAN-2023

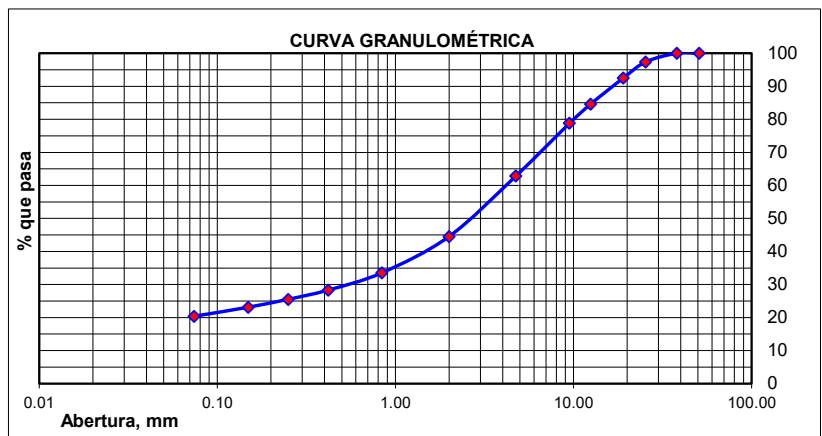
FECHA: DICIEMBRE DEL 2024

CALICATA: CALICATA 1 / ESTRATO 1 / PROGRESIVA 0+010

1. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM - D421)

Peso Inicial Seco, [gr] **6193.50**

Mallas	Abertura	Peso retenido	% pasa
	[mm]	[grs]	
2"	50.800	0.00	100.00
1 1/2"	38.100	0.00	100.00
1"	25.400	163.00	97.37
3/4"	19.050	301.90	92.49
1/2"	12.500	485.90	84.65
3/8"	9.500	361.30	78.81
Nº 04	4.750	988.00	62.86
Nº 10	2.000	1135.00	44.54
Nº 20	0.840	679.70	33.56
Nº 40	0.420	323.70	28.34
Nº 60	0.250	173.50	25.53
Nº 100	0.149	148.30	23.14
Nº 200	0.074	170.20	20.39
< Nº 200	-	1263.00	-

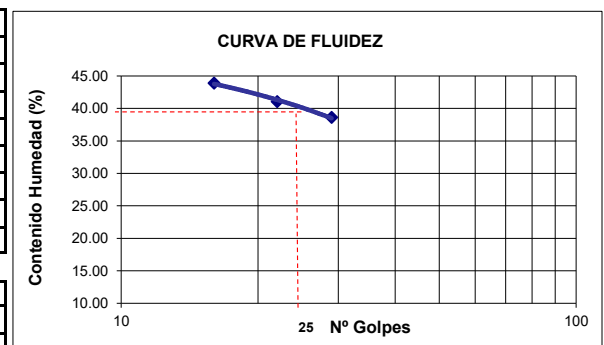


2. LÍMITES DE CONSISTENCIA DE ATTERGBER (ASTM - D4318)

GRAVA	37.14
ARENA	42.47
FINO	20.39

A. LÍMITE LÍQUIDO

Procedimiento	Tara No. 01	Tara No. 02	Tara No. 03
1. No de Golpes	29	22	16
2. Peso Tara, [gr]	42.681	39.137	36.856
3. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]	62.597	50.980	64.215
4. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]	57.049	47.532	55.866
5. Peso Agua, [gr]	5.548	3.448	8.349
6. Peso Suelo Seco, [gr]	14.368	8.395	19.010
7. Contenido de Humedad, [%]	38.614	41.072	43.919



B. LÍMITE PLÁSTICO

Procedimiento	Tara No. 01	Tara No. 02	Tara No. 03
2. Peso Tara, [gr]	20.645	20.611	19.993
3. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]	27.192	28.455	26.910
4. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]	25.943	26.874	25.555
5. Peso Agua, [gr]	1.249	1.581	1.355
6. Peso Suelo Seco, [gr]	5.298	6.263	5.562
7. Contenido de Humedad, [%]	23.575	25.243	24.362

3. CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM - D2216)

Procedimiento	Tara No
1. Peso Tara, [gr]	27.690
2. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]	133.620
3. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]	125.600
4. Peso Agua, [gr]	8.020
5. Peso Suelo Seco, [gr]	97.910
6. Contenido de Humedad, [%]	8.191

Límite Líquido %	41.20
Límite Plástico %	24.39
Índice Plasticidad %	16.81
Clasif. SUCS	SC
Clasif. AASHTO	A-2-6

RESULTADOS DE ENSAYOS ESTÁNDAR DE LABORATORIO

MEJORA DEL ÍNDICE DE CBR EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE ADICIONANDO ACEITE SULFONADO Y CEMENTO PORTLAND EN NUEVO KAQUI-YAUTAN-2023

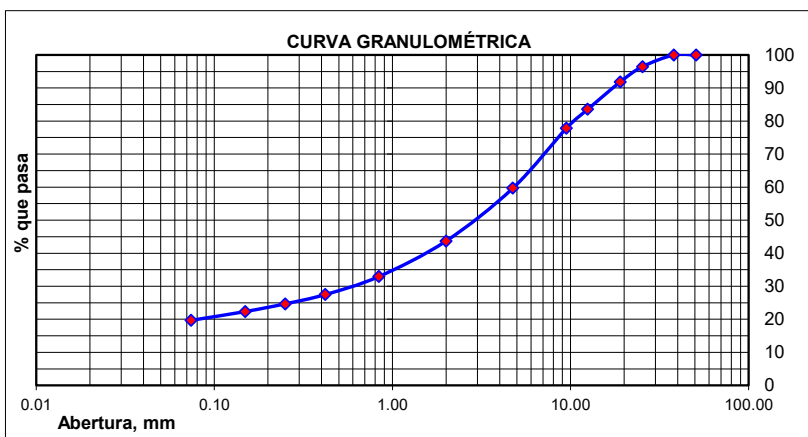
FECHA: DICIEMBRE DEL 2024

CALICATA: CALICATA 2 / ESTRATO 1 / PROGRESIVA 0+506

1. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM - D421)

Peso Inicial Seco, [gr] **6636.30**

Mallas	Abertura	Peso retenido	% pasa
	[mm]	[grs]	
2"	50.800	0.00	100.00
1 1/2"	38.100	0.00	100.00
1"	25.400	233.50	96.48
3/4"	19.050	306.50	91.86
1/2"	12.500	551.20	83.56
3/8"	9.500	377.50	77.87
Nº 04	4.750	1205.60	59.70
Nº 10	2.000	1063.20	43.68
Nº 20	0.840	712.00	32.95
Nº 40	0.420	362.50	27.49
Nº 60	0.250	186.40	24.68
Nº 100	0.149	155.60	22.34
Nº 200	0.074	176.30	19.68
< Nº 200	-	1306.00	-



2. LÍMITES DE CONSISTENCIA DE ATTERGBER (ASTM - D4318)

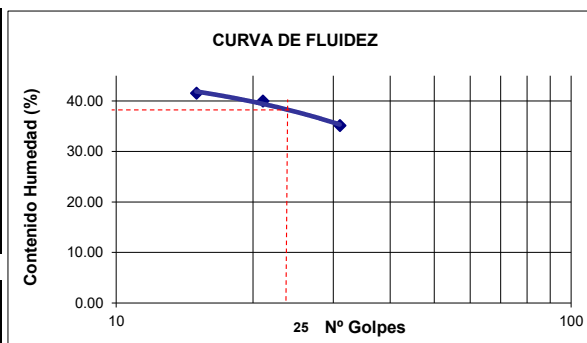
A. LÍMITE LÍQUIDO

Procedimiento	Tara No. 01	Tara No. 02	Tara No. 03
1. No de Golpes	31	21	15
2. Peso Tara, [gr]	42.315	38.771	36.142
3. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]	62.163	51.223	63.886
4. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]	57.003	47.668	55.742
5. Peso Agua, [gr]	5.160	3.555	8.144
6. Peso Suelo Seco, [gr]	14.688	8.897	19.600
7. Contenido de Humedad, [%]	35.131	39.957	41.551

B. LÍMITE PLÁSTICO

Procedimiento	Tara No. 01	Tara No. 02	Tara No. 03
2. Peso Tara, [gr]	20.892	21.210	19.746
3. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]	26.994	28.692	25.140
4. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]	25.841	27.248	24.084
5. Peso Agua, [gr]	1.153	1.444	1.056
6. Peso Suelo Seco, [gr]	4.949	6.038	4.338
7. Contenido de Humedad, [%]	23.298	23.915	24.343

GRAVA	40.30
ARENA	40.02
FINO	19.68



3. CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM - D2216)

Procedimiento	Tara No
1. Peso Tara, [gr]	27.882
2. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]	134.510
3. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]	127.440
4. Peso Agua, [gr]	7.070
5. Peso Suelo Seco, [gr]	99.558
6. Contenido de Humedad, [%]	7.101

Límite Líquido %	38.88
Límite Plástico %	23.85
Índice Plasticidad %	15.03
Clasif. SUCS	SC
Clasif. AASHTO	A-2-6

RESULTADOS DE ENSAYOS ESTÁNDAR DE LABORATORIO

MEJORA DEL INDICE DE CBR EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE ADICIONANDO ACEITE SULFONADO Y CEMENTO PORTLAND EN NUEVO KAQUI-YAUTAN-2023

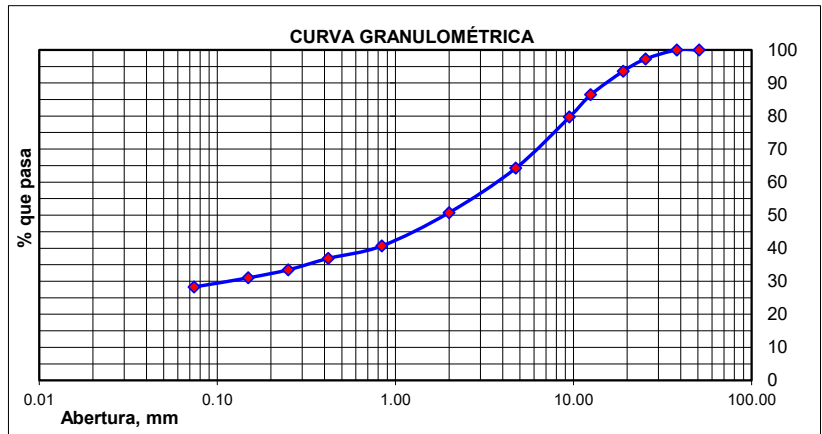
FECHA: DICIEMBRE DEL 2024

CALICATA: CALICATA 3 / ESTRATO 1 / PROGRESIVA 1+002

1. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM - D421)

Peso Inicial Seco, [gr] **6387.68**

Mallas	Abertura	Peso retenido	% pasa
	[mm]	[grs]	
2"	50.800	0.00	100.00
1 1/2"	38.100	0.00	100.00
1"	25.400	174.60	97.27
3/4"	19.050	234.70	93.59
1/2"	12.500	456.80	86.44
3/8"	9.500	429.60	79.72
Nº 04	4.750	986.38	64.27
Nº 10	2.000	863.50	50.76
Nº 20	0.840	642.60	40.70
Nº 40	0.420	241.70	36.91
Nº 60	0.250	220.30	33.46
Nº 100	0.149	155.60	31.03
Nº 200	0.074	176.30	28.27
< Nº 200	-	1805.60	-

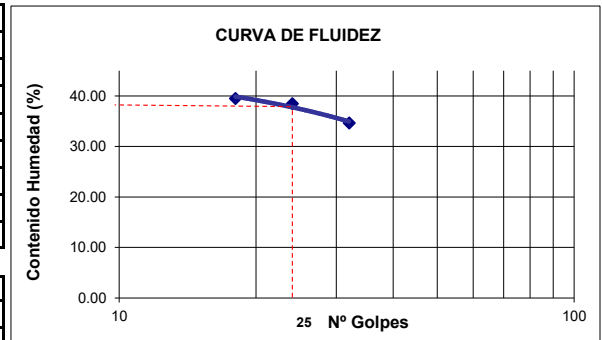


2. LÍMITES DE CONSISTENCIA DE ATTERGBER (ASTM - D4318)

GRAVA	35.73
ARENA	36.01
FINO	28.27

A. LÍMITE LÍQUIDO

Procedimiento	Tara No. 01	Tara No. 02	Tara No. 03
1. No de Golpes	32	24	18
2. Peso Tara, [gr]	41.412	39.054	35.874
3. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]	62.331	51.068	54.680
4. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]	56.948	47.730	49.356
5. Peso Agua, [gr]	5.383	3.338	5.324
6. Peso Suelo Seco, [gr]	15.536	8.676	13.482
7. Contenido de Humedad, [%]	34.649	38.474	39.490



B. LÍMITE PLÁSTICO

Procedimiento	Tara No. 01	Tara No. 02	Tara No. 03
2. Peso Tara, [gr]	21.626	22.471	20.445
3. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]	27.441	28.062	26.420
4. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]	26.410	27.020	25.320
5. Peso Agua, [gr]	1.031	1.042	1.100
6. Peso Suelo Seco, [gr]	4.784	4.549	4.875
7. Contenido de Humedad, [%]	21.551	22.906	22.564

3. CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM - D2216)

Procedimiento	Tara No
1. Peso Tara, [gr]	29.620
2. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]	138.630
3. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]	130.720
4. Peso Agua, [gr]	7.910
5. Peso Suelo Seco, [gr]	101.100
6. Contenido de Humedad, [%]	7.824

Límite Líquido %	37.54
Límite Plástico %	22.34
Índice Plasticidad %	15.20
Clasif. SUCS	SC
Clasif. AASHTO	A-2-6

RESULTADOS DE ENSAYOS ESTÁNDAR DE LABORATORIO

MEJORA DEL INDICE DE CBR EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE ADICIONANDO ACEITE SULFONADO Y CEMENTO PORTLAND EN NUEVO KAQUI-YAUTAN-2023

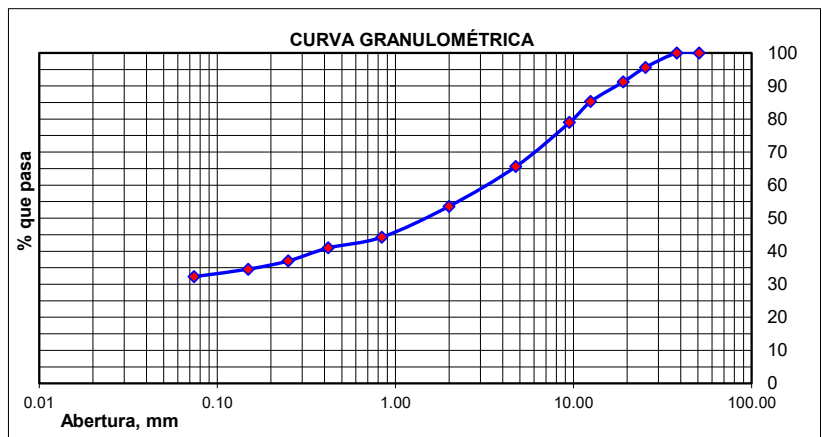
FECHA: DICIEMBRE DEL 2024

CALICATA: CALICATA 4 / ESTRATO 1 / PROGRESIVA 1+503

1. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM - D421)

Peso Inicial Seco, [gr] **6463.73**

Mallas	Abertura	Peso retenido	% pasa
	[mm]	[grs]	
2"	50.800	0.00	100.00
1 1/2"	38.100	0.00	100.00
1"	25.400	280.63	95.66
3/4"	19.050	283.83	91.27
1/2"	12.500	386.40	85.29
3/8"	9.500	408.60	78.97
Nº 04	4.750	862.20	65.63
Nº 10	2.000	778.60	53.58
Nº 20	0.840	602.53	44.26
Nº 40	0.420	211.50	40.99
Nº 60	0.250	254.80	37.05
Nº 100	0.149	160.44	34.57
Nº 200	0.074	145.80	32.31
< Nº 200	-	2088.40	-

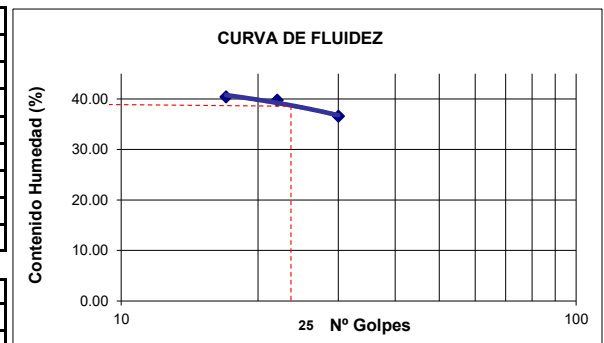


2. LÍMITES DE CONSISTENCIA DE ATTERGBER (ASTM - D4318)

GRAVA	34.37
ARENA	33.32
FINO	32.31

A. LÍMITE LÍQUIDO

Procedimiento	Tara No. 01	Tara No. 02	Tara No. 03
1. No de Golpes	30	22	17
2. Peso Tara, [gr]	33.452	34.810	32.410
3. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]	49.475	50.241	48.152
4. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]	45.185	45.850	43.620
5. Peso Agua, [gr]	4.290	4.391	4.532
6. Peso Suelo Seco, [gr]	11.733	11.040	11.210
7. Contenido de Humedad, [%]	36.564	39.774	40.428



B. LÍMITE PLÁSTICO

Procedimiento	Tara No. 01	Tara No. 02	Tara No. 03
2. Peso Tara, [gr]	23.480	21.470	22.060
3. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]	27.820	26.530	27.110
4. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]	27.050	25.630	26.220
5. Peso Agua, [gr]	0.770	0.900	0.890
6. Peso Suelo Seco, [gr]	3.570	4.160	4.160
7. Contenido de Humedad, [%]	21.569	21.635	21.394

3. CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM - D2216)

Procedimiento	Tara No
1. Peso Tara, [gr]	30.420
2. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]	131.630
3. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]	124.700
4. Peso Agua, [gr]	6.930
5. Peso Suelo Seco, [gr]	94.280
6. Contenido de Humedad, [%]	7.350

Límite Líquido %	38.92
Límite Plástico %	21.53
Índice Plasticidad %	17.39
Clasif. SUCS	SC
Clasif. AASHTO	A-2-6

RESULTADOS DE ENSAYOS ESTÁNDAR DE LABORATORIO

MEJORA DEL INDICE DE CBR EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE ADICIONANDO

ACEITE SULFONADO Y CEMENTO PORTLAND EN NUEVO KAQUI-YAUTAN-2023

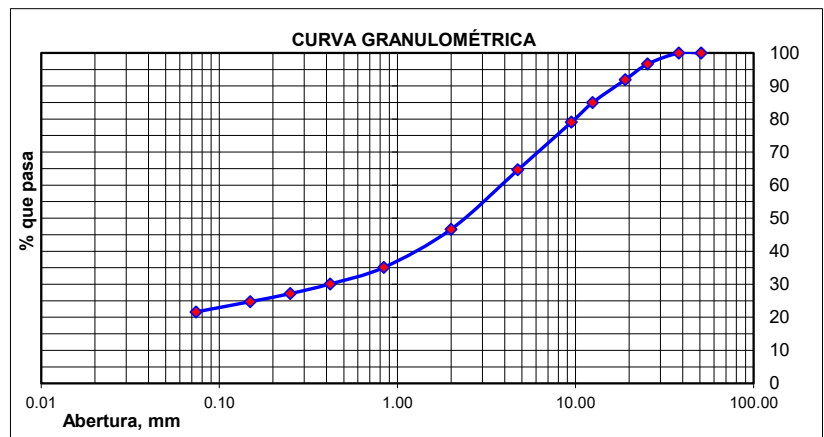
FECHA: DICIEMBRE DEL 2024

CALICATA: CALICATA 5 / ESTRATO 1 / PROGRESIVA 1+980

1. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM - D421)

Peso Inicial Seco, [gr] **6690.73**

Mallas	Abertura	Peso retenido	% pasa
	[mm]	[grs]	
2"	50.800	0.00	100.00
1 1/2"	38.100	0.00	100.00
1"	25.400	224.20	96.65
3/4"	19.050	315.63	91.93
1/2"	12.500	463.70	85.00
3/8"	9.500	396.40	79.08
Nº 04	4.750	967.20	64.62
Nº 10	2.000	1203.40	46.63
Nº 20	0.840	771.20	35.11
Nº 40	0.420	334.60	30.11
Nº 60	0.250	196.70	27.17
Nº 100	0.149	163.50	24.72
Nº 200	0.074	206.60	21.64
< Nº 200	-	1447.60	-



2. LÍMITES DE CONSISTENCIA DE ATTERGBER (ASTM - D4318)

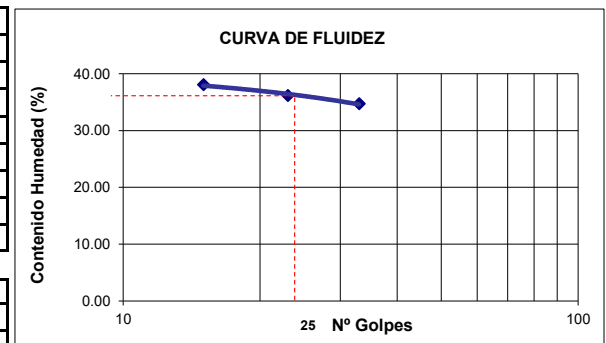
A. LÍMITE LÍQUIDO

Procedimiento	Tara No. 01	Tara No. 02	Tara No. 03
1. No de Golpes	33	23	15
2. Peso Tara, [gr]	24.630	23.470	25.060
3. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]	41.080	38.650	41.710
4. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]	36.840	34.620	37.120
5. Peso Agua, [gr]	4.240	4.030	4.590
6. Peso Suelo Seco, [gr]	12.210	11.150	12.060
7. Contenido de Humedad, [%]	34.726	36.143	38.060

B. LÍMITE PLÁSTICO

Procedimiento	Tara No. 01	Tara No. 02	Tara No. 03
2. Peso Tara, [gr]	23.680	21.840	22.360
3. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]	28.950	27.140	28.410
4. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]	28.020	26.210	27.280
5. Peso Agua, [gr]	0.930	0.930	1.130
6. Peso Suelo Seco, [gr]	4.340	4.370	4.920
7. Contenido de Humedad, [%]	21.429	21.281	22.967

GRAVA	35.38
ARENA	42.98
FINO	21.64



3. CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM - D2216)

Procedimiento	Tara No
1. Peso Tara, [gr]	30.520
2. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]	134.850
3. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]	127.080
4. Peso Agua, [gr]	7.770
5. Peso Suelo Seco, [gr]	96.560
6. Contenido de Humedad, [%]	8.047

Límite Líquido %	36.31
Límite Plástico %	21.89
Índice Plasticidad %	14.42
Clasif. SUCS	SC
Clasif. AASHTO	A-2-6

MEJORA DEL INDICE DE CBR EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE ADICIONANDO ACEITE SULFONADO Y CEMENTO PORTLAND EN NUEVO KAQUI-YAUTAN-2023

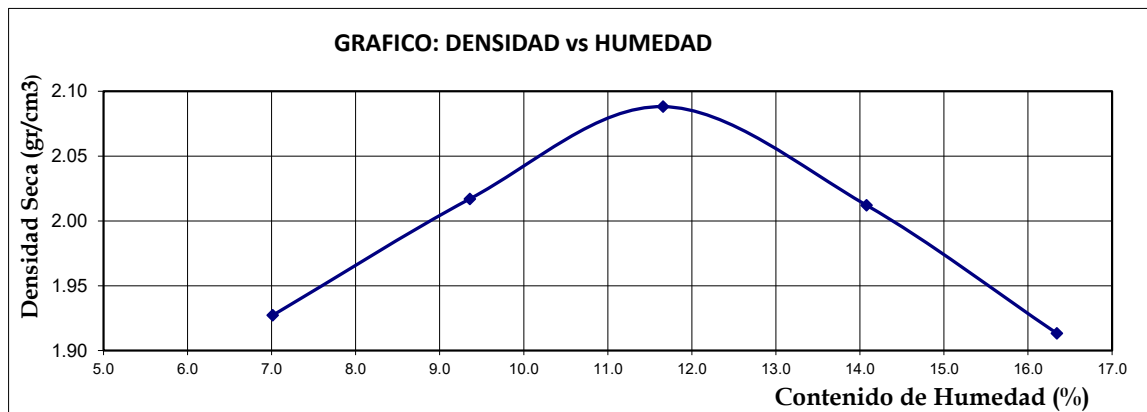
UBICACIÓN : CALICATA 1
 FECHA : MARZO 2025
 METODO " C "

ENSAYO PROCTOR MODIFICADO ASTM D-1557

PUNTO No.		I	II	III	IV	V
MOLDE No.		1	1	1	1	1
1	Volumen del molde (cm ³)	2086.77	2086.77	2086.77	2086.77	2086.77
2	Peso del molde (gr)	5973.50	5973.50	5973.50	5973.50	5973.50
3	Peso del molde + muestra húmeda (gr)	10277.00	10576.50	10838.90	10763.50	10618.50
4	Peso de la muestra húmeda (gr)	4303.50	4603.00	4865.40	4790.00	4645.00
5	Densidad húmeda de la muestra (gr/cm ³)	2.06	2.21	2.33	2.30	2.23

CONTENIDO DE HUMEDAD Y DENSIDAD SECA

6	Peso de la tara (gr)	27.451	28.632	27.145	26.882	28.140
7	Peso de la tara + suelo húmedo (gr)	138.475	138.864	133.860	132.480	133.210
8	Peso de la tara + suelo seco (gr)	131.200	129.430	122.720	119.450	118.450
9	Peso del agua (gr)	7.275	9.434	11.140	13.030	14.760
10	Peso del suelo seco (gr)	103.749	100.798	95.575	92.568	90.310
11	Contenido de humedad (%)	7.01	9.36	11.66	14.08	16.34
12	Densidad seca de la muestra (gr/cm ³)	1.927	2.017	2.088	2.012	1.913



Máxima Densidad Seca :	2.088
Optimo Contenido de Humedad:	11.40%

MEJORA DEL INDICE DE CBR EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE ADICIONANDO ACEITE SULFONADO Y CEMENTO PORTLAND EN NUEVO KAQUI-YAUTAN-2023

UBICACIÓN : CALICATA 2

FECHA : MARZO 2025

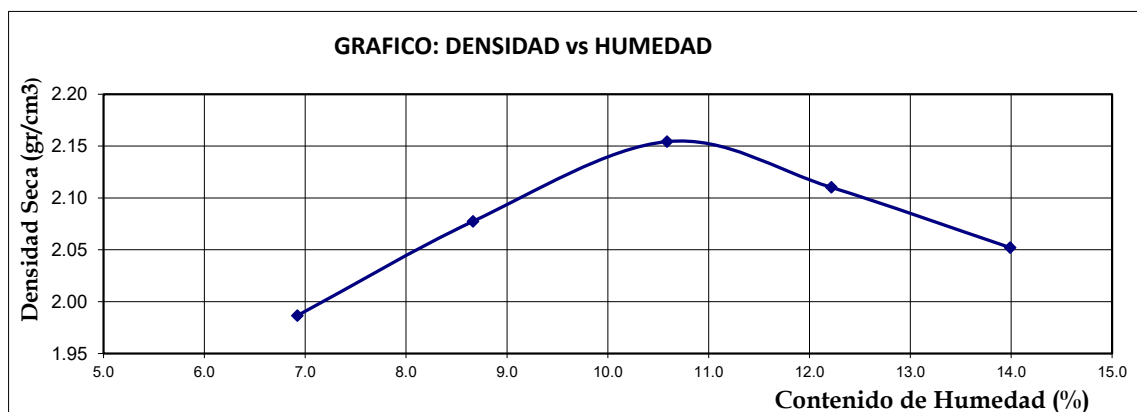
METODO " C "

ENSAYO PROCTOR MODIFICADO ASTM D-1557

PUNTO No.		I	II	III	IV	V
MOLDE No.		1	1	1	1	1
1	Volumen del molde (cm ³)	2086.77	2086.77	2086.77	2086.77	2086.77
2	Peso del molde (gr)	5973.50	5973.50	5973.50	5973.50	5973.50
3	Peso del molde + muestra húmeda (gr)	10406.00	10684.00	10945.00	10915.00	10855.00
4	Peso de la muestra húmeda (gr)	4432.50	4710.50	4971.50	4941.50	4881.50
5	Densidad húmeda de la muestra (gr/cm ³)	2.12	2.26	2.38	2.37	2.34

CONTENIDO DE HUMEDAD Y DENSIDAD SECA

6	Peso de la tara (gr)	28.414	27.663	27.961	27.042	27.771
7	Peso de la tara + suelo húmedo (gr)	130.520	131.410	132.840	131.860	134.520
8	Peso de la tara + suelo seco (gr)	123.910	123.140	122.800	120.450	121.420
9	Peso del agua (gr)	6.610	8.270	10.040	11.410	13.100
10	Peso del suelo seco (gr)	95.496	95.477	94.839	93.408	93.649
11	Contenido de humedad (%)	6.92	8.66	10.59	12.22	13.99
12	Densidad seca de la muestra (gr/cm ³)	1.987	2.077	2.154	2.110	2.052



Máxima Densidad Seca :	2.154
Optimo Contenido de Humedad:	10.60

MEJORA DEL INDICE DE CBR EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE ADICIONANDO ACEITE SULFONADO Y CEMENTO PORTLAND EN NUEVO KAQUI-YAUTAN-2023

UBICACIÓN : CALICATA 3

FECHA : MARZO 2025

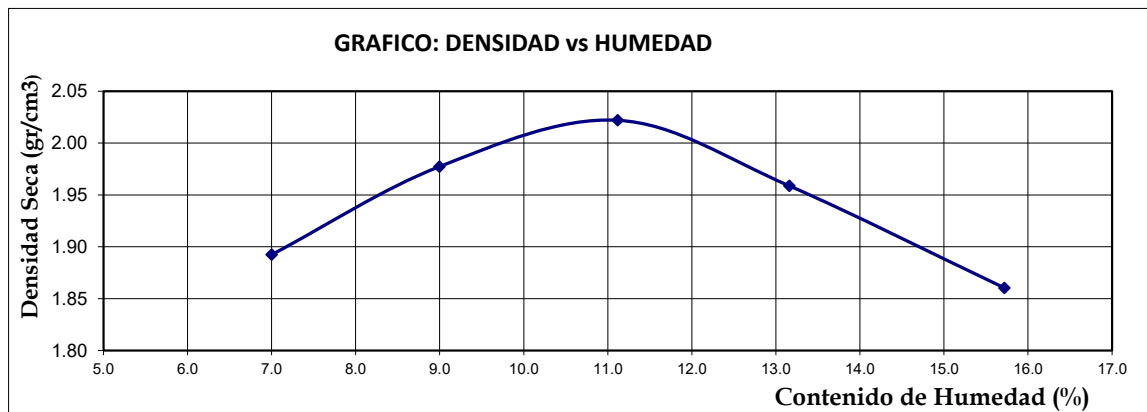
METODO " C "

ENSAYO PROCTOR MODIFICADO ASTM D-1557

PUNTO No.		I	II	III	IV	V
MOLDE No.		1	1	1	1	1
1	Volumen del molde (cm ³)	2086.77	2086.77	2086.77	2086.77	2086.77
2	Peso del molde (gr)	5973.50	5973.50	5973.50	5973.50	5973.50
3	Peso del molde + muestra húmeda (gr)	10199.00	10471.00	10662.00	10599.00	10466.00
4	Peso de la muestra húmeda (gr)	4225.50	4497.50	4688.50	4625.50	4492.50
5	Densidad húmeda de la muestra (gr/cm ³)	2.02	2.16	2.25	2.22	2.15

CONTENIDO DE HUMEDAD Y DENSIDAD SECA

6	Peso de la tara (gr)	28.040	27.460	27.940	29.410	28.330
7	Peso de la tara + suelo húmedo (gr)	136.410	138.800	137.400	130.630	131.400
8	Peso de la tara + suelo seco (gr)	129.320	129.610	126.450	118.860	117.400
9	Peso del agua (gr)	7.090	9.190	10.950	11.770	14.000
10	Peso del suelo seco (gr)	101.280	102.150	98.510	89.450	89.070
11	Contenido de humedad (%)	7.00	9.00	11.12	13.16	15.72
12	Densidad seca de la muestra (gr/cm ³)	1.892	1.977	2.022	1.959	1.860



Máxima Densidad Seca :	2.022
Optimo Contenido de Humedad:	11.10%

MEJORA DEL INDICE DE CBR EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE ADICIONANDO ACEITE SULFONADO Y CEMENTO PORTLAND EN NUEVO KAQUI-YAUTAN-2023

UBICACIÓN : CALICATA 4

FECHA : MARZO 2025

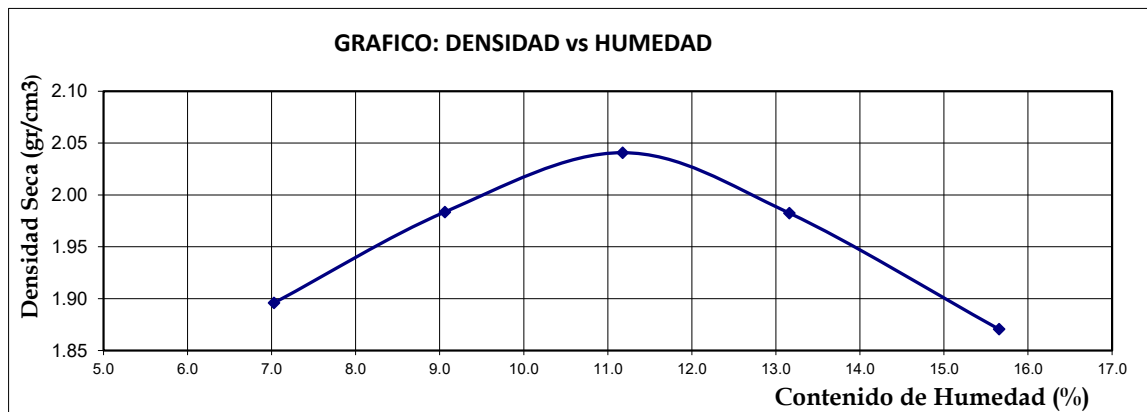
METODO " C "

ENSAYO PROCTOR MODIFICADO ASTM D-1557

PUNTO No.		I	II	III	IV	V
MOLDE No.		1	1	1	1	1
1	Volumen del molde (cm ³)	2086.77	2086.77	2086.77	2086.77	2086.77
2	Peso del molde (gr)	5973.50	5973.50	5973.50	5973.50	5973.50
3	Peso del molde + muestra húmeda (gr)	10208.00	10488.00	10708.00	10655.00	10488.00
4	Peso de la muestra húmeda (gr)	4234.50	4514.50	4734.50	4681.50	4514.50
5	Densidad húmeda de la muestra (gr/cm ³)	2.03	2.16	2.27	2.24	2.16

CONTENIDO DE HUMEDAD Y DENSIDAD SECA

6	Peso de la tara (gr)	28.100	27.680	27.470	29.330	29.070
7	Peso de la tara + suelo húmedo (gr)	136.520	138.400	137.900	130.200	132.500
8	Peso de la tara + suelo seco (gr)	129.400	129.200	126.800	118.470	118.500
9	Peso del agua (gr)	7.120	9.200	11.100	11.730	14.000
10	Peso del suelo seco (gr)	101.300	101.520	99.330	89.140	89.430
11	Contenido de humedad (%)	7.03	9.06	11.17	13.16	15.65
12	Densidad seca de la muestra (gr/cm ³)	1.896	1.984	2.041	1.983	1.871



Máxima Densidad Seca :	2.041
Optimo Contenido de Humedad:	11.20%

MEJORA DEL INDICE DE CBR EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE ADICIONANDO ACEITE SULFONADO Y CEMENTO PORTLAND EN NUEVO KAQUI-YAUTAN-2023

UBICACIÓN : CALICATA 5

FECHA : MARZO 2025

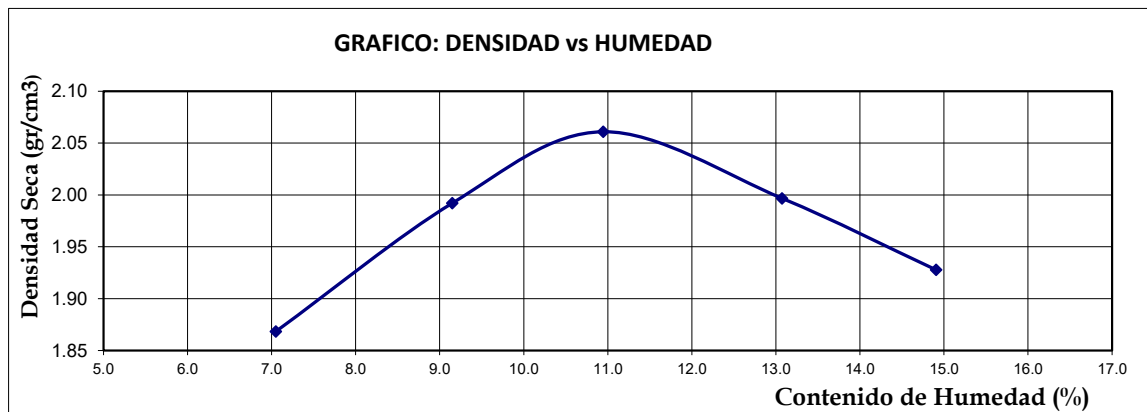
METODO " C "

ENSAYO PROCTOR MODIFICADO ASTM D-1557

PUNTO No.		I	II	III	IV	V
MOLDE No.		1	1	1	1	1
1	Volumen del molde (cm ³)	2086.77	2086.77	2086.77	2086.77	2086.77
2	Peso del molde (gr)	5973.50	5973.50	5973.50	5973.50	5973.50
3	Peso del molde + muestra húmeda (gr)	10147.00	10511.00	10745.00	10685.00	10596.00
4	Peso de la muestra húmeda (gr)	4173.50	4537.50	4771.50	4711.50	4622.50
5	Densidad húmeda de la muestra (gr/cm ³)	2.00	2.17	2.29	2.26	2.22

CONTENIDO DE HUMEDAD Y DENSIDAD SECA

6	Peso de la tara (gr)	28.040	26.334	27.040	27.115	28.000
7	Peso de la tara + suelo húmedo (gr)	130.250	131.441	129.410	131.600	132.220
8	Peso de la tara + suelo seco (gr)	123.520	122.630	119.310	119.520	118.700
9	Peso del agua (gr)	6.730	8.811	10.100	12.080	13.520
10	Peso del suelo seco (gr)	95.480	96.296	92.270	92.405	90.700
11	Contenido de humedad (%)	7.05	9.15	10.95	13.07	14.91
12	Densidad seca de la muestra (gr/cm ³)	1.868	1.992	2.061	1.997	1.928



Máxima Densidad Seca :	2.061
Optimo Contenido de Humedad:	11.00%

MEJORA DEL INDICE DE CBR EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE ADICIONANDO ACEITE SULFONADO Y CEMENTO PORTLAND EN NUEVO KAQUI-YAUTAN-2023

UBICACIÓN : CALICATA 1 + 0.5% CP+0.32 L/m3 A.S

FECHA : MARZO 2025

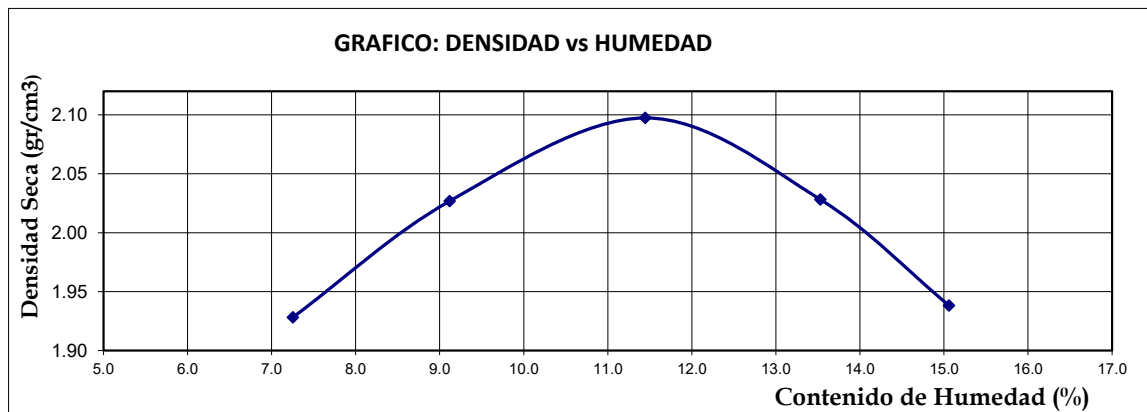
METODO " C "

ENSAYO PROCTOR MODIFICADO ASTM D-1557

PUNTO No.		I	II	III	IV	V
MOLDE No.		1	1	1	1	1
1	Volumen del molde (cm ³)	2086.77	2086.77	2086.77	2086.77	2086.77
2	Peso del molde (gr)	5973.50	5973.50	5973.50	5973.50	5973.50
3	Peso del molde + muestra húmeda (gr)	10289.00	10588.60	10851.20	10778.40	10627.30
4	Peso de la muestra húmeda (gr)	4315.50	4615.10	4877.70	4804.90	4653.80
5	Densidad húmeda de la muestra (gr/cm ³)	2.07	2.21	2.34	2.30	2.23

CONTENIDO DE HUMEDAD Y DENSIDAD SECA

6	Peso de la tara (gr)	27.536	28.641	27.124	26.442	27.456
7	Peso de la tara + suelo húmedo (gr)	136.520	138.450	137.250	136.350	138.800
8	Peso de la tara + suelo seco (gr)	129.150	129.274	125.940	123.254	124.227
9	Peso del agua (gr)	7.370	9.176	11.310	13.096	14.573
10	Peso del suelo seco (gr)	101.614	100.633	98.816	96.812	96.771
11	Contenido de humedad (%)	7.25	9.12	11.45	13.53	15.06
12	Densidad seca de la muestra (gr/cm ³)	1.928	2.027	2.097	2.028	1.938



Máxima Densidad Seca :	2.097
Optimo Contenido de Humedad:	11.50%

MEJORA DEL INDICE DE CBR EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE ADICIONANDO ACEITE SULFONADO Y CEMENTO PORTLAND EN NUEVO KAQUI-YAUTAN-2023

UBICACIÓN : CALICATA 2 + 0.5% CP+0.32 L/m3 A.S

FECHA : MARZO 2025

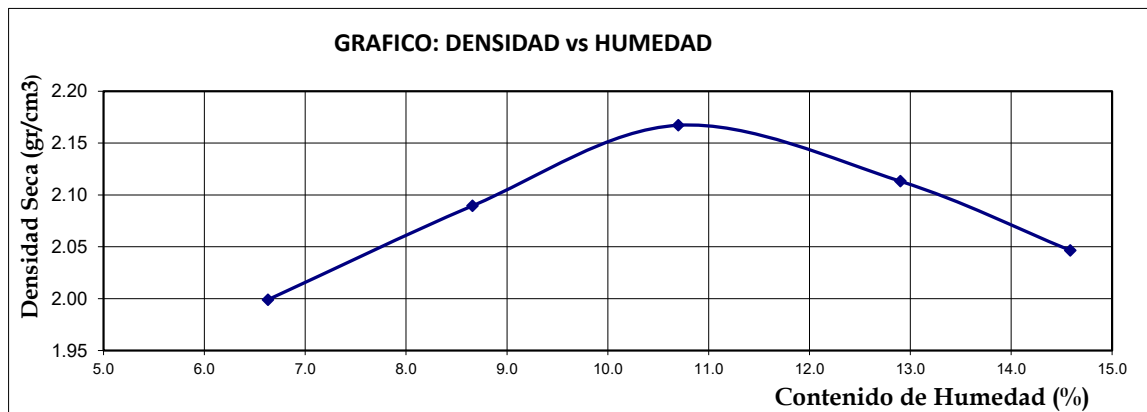
METODO " C "

ENSAYO PROCTOR MODIFICADO ASTM D-1557

PUNTO No.		I	II	III	IV	V
MOLDE No.		1	1	1	1	1
1	Volumen del molde (cm ³)	2086.77	2086.77	2086.77	2086.77	2086.77
2	Peso del molde (gr)	5973.50	5973.50	5973.50	5973.50	5973.50
3	Peso del molde + muestra húmeda (gr)	10421.50	10711.48	10979.80	10952.30	10867.20
4	Peso de la muestra húmeda (gr)	4448.00	4737.98	5006.30	4978.80	4893.70
5	Densidad húmeda de la muestra (gr/cm ³)	2.13	2.27	2.40	2.39	2.35

CONTENIDO DE HUMEDAD Y DENSIDAD SECA

6	Peso de la tara (gr)	27.440	28.662	28.047	27.883	28.975
7	Peso de la tara + suelo húmedo (gr)	132.225	134.550	131.775	129.882	136.552
8	Peso de la tara + suelo seco (gr)	125.710	126.112	121.750	118.228	122.860
9	Peso del agua (gr)	6.515	8.438	10.025	11.654	13.692
10	Peso del suelo seco (gr)	98.270	97.450	93.703	90.345	93.885
11	Contenido de humedad (%)	6.63	8.66	10.70	12.90	14.58
12	Densidad seca de la muestra (gr/cm ³)	1.999	2.090	2.167	2.113	2.047



Máxima Densidad Seca :	2.167
Optimo Contenido de Humedad:	10.70

MEJORA DEL INDICE DE CBR EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE ADICIONANDO ACEITE SULFONADO Y CEMENTO PORTLAND EN NUEVO KAQUI-YAUTAN-2023

UBICACIÓN : CALICATA 3 + 0.5% CP+0.32 L/m3 A.S

FECHA : MARZO 2025

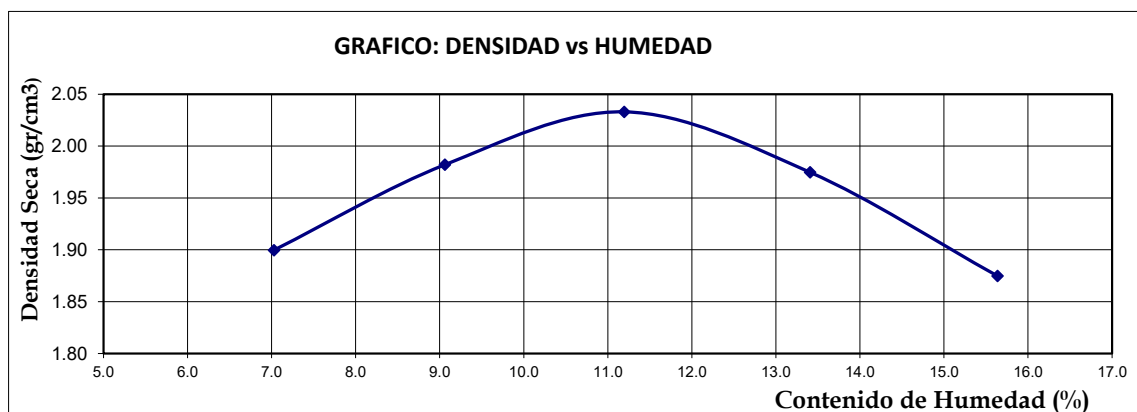
METODO " C "

ENSAYO PROCTOR MODIFICADO ASTM D-1557

PUNTO No.		I	II	III	IV	V
MOLDE No.		1	1	1	1	1
1	Volumen del molde (cm ³)	2086.77	2086.77	2086.77	2086.77	2086.77
2	Peso del molde (gr)	5973.50	5973.50	5973.50	5973.50	5973.50
3	Peso del molde + muestra húmeda (gr)	10216.30	10484.20	10691.00	10646.80	10497.60
4	Peso de la muestra húmeda (gr)	4242.80	4510.70	4717.50	4673.30	4524.10
5	Densidad húmeda de la muestra (gr/cm ³)	2.03	2.16	2.26	2.24	2.17

CONTENIDO DE HUMEDAD Y DENSIDAD SECA

6	Peso de la tara (gr)	27.332	28.470	27.880	27.996	28.720
7	Peso de la tara + suelo húmedo (gr)	135.630	137.410	138.520	136.440	135.140
8	Peso de la tara + suelo seco (gr)	128.520	128.360	127.380	123.620	120.750
9	Peso del agua (gr)	7.110	9.050	11.140	12.820	14.390
10	Peso del suelo seco (gr)	101.188	99.890	99.500	95.624	92.030
11	Contenido de humedad (%)	7.03	9.06	11.20	13.41	15.64
12	Densidad seca de la muestra (gr/cm ³)	1.900	1.982	2.033	1.975	1.875



Máxima Densidad Seca :	2.033
Optimo Contenido de Humedad:	11.20%

MEJORA DEL INDICE DE CBR EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE ADICIONANDO ACEITE SULFONADO Y CEMENTO PORTLAND EN NUEVO KAQUI-YAUTAN-2023

UBICACIÓN : CALICATA 4 + 0.5% CP+0.32 L/m3 A.S

FECHA : MARZO 2025

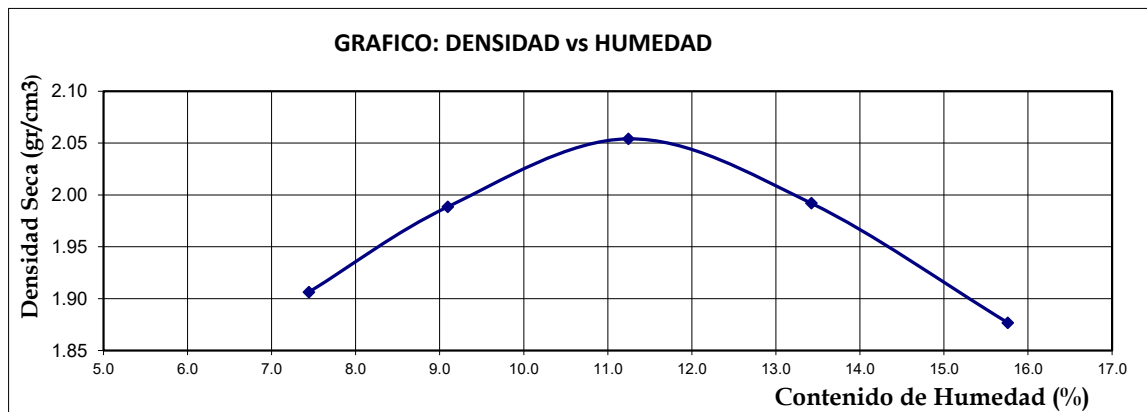
METODO " C "

ENSAYO PROCTOR MODIFICADO ASTM D-1557

PUNTO No.		I	II	III	IV	V
MOLDE No.		1	1	1	1	1
1	Volumen del molde (cm ³)	2086.77	2086.77	2086.77	2086.77	2086.77
2	Peso del molde (gr)	5973.50	5973.50	5973.50	5973.50	5973.50
3	Peso del molde + muestra húmeda (gr)	10247.50	10500.70	10742.00	10688.30	10507.20
4	Peso de la muestra húmeda (gr)	4274.00	4527.20	4768.50	4714.80	4533.70
5	Densidad húmeda de la muestra (gr/cm ³)	2.05	2.17	2.29	2.26	2.17

CONTENIDO DE HUMEDAD Y DENSIDAD SECA

6	Peso de la tara (gr)	28.310	28.060	27.440	28.760	28.520
7	Peso de la tara + suelo húmedo (gr)	131.250	133.600	130.520	128.990	129.740
8	Peso de la tara + suelo seco (gr)	124.120	124.800	120.100	117.130	115.960
9	Peso del agua (gr)	7.130	8.800	10.420	11.860	13.780
10	Peso del suelo seco (gr)	95.810	96.740	92.660	88.370	87.440
11	Contenido de humedad (%)	7.44	9.10	11.25	13.42	15.76
12	Densidad seca de la muestra (gr/cm ³)	1.906	1.989	2.054	1.992	1.877



Máxima Densidad Seca :	2.054
Optimo Contenido de Humedad:	11.25%

MEJORA DEL INDICE DE CBR EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE ADICIONANDO ACEITE SULFONADO Y CEMENTO PORTLAND EN NUEVO KAQUI-YAUTAN-2023

UBICACIÓN : CALICATA 5 + 0.5% CP+0.32 L/m3 A.S

FECHA : MARZO 2025

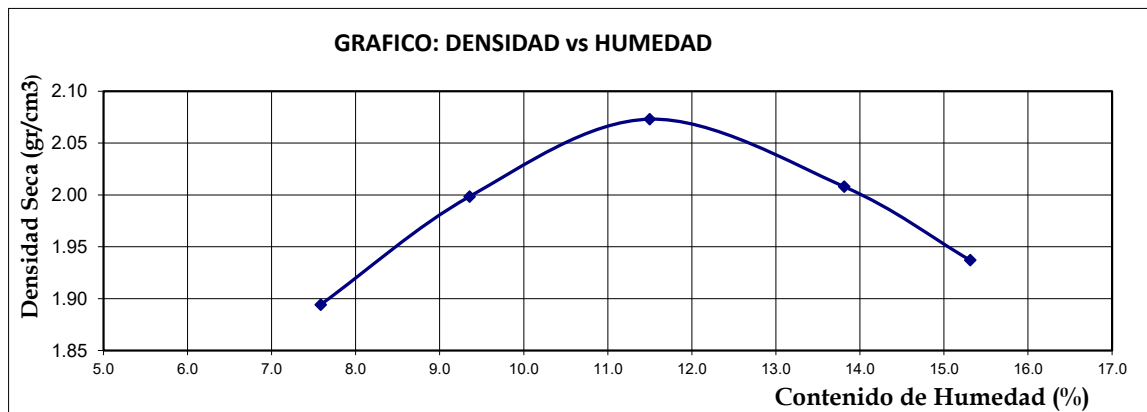
METODO " C "

ENSAYO PROCTOR MODIFICADO ASTM D-1557

PUNTO No.		I	II	III	IV	V
MOLDE No.		1	1	1	1	1
1	Volumen del molde (cm ³)	2086.77	2086.77	2086.77	2086.77	2086.77
2	Peso del molde (gr)	5973.50	5973.50	5973.50	5973.50	5973.50
3	Peso del molde + muestra húmeda (gr)	10226.20	10534.20	10797.00	10742.50	10634.70
4	Peso de la muestra húmeda (gr)	4252.70	4560.70	4823.50	4769.00	4661.20
5	Densidad húmeda de la muestra (gr/cm ³)	2.04	2.19	2.31	2.29	2.23

CONTENIDO DE HUMEDAD Y DENSIDAD SECA

6	Peso de la tara (gr)	25.470	26.338	27.520	26.820	27.442
7	Peso de la tara + suelo húmedo (gr)	130.450	130.775	131.470	132.220	131.750
8	Peso de la tara + suelo seco (gr)	123.050	121.840	120.750	119.430	117.900
9	Peso del agua (gr)	7.400	8.935	10.720	12.790	13.850
10	Peso del suelo seco (gr)	97.580	95.502	93.230	92.610	90.458
11	Contenido de humedad (%)	7.58	9.36	11.50	13.81	15.31
12	Densidad seca de la muestra (gr/cm ³)	1.894	1.999	2.073	2.008	1.937



Máxima Densidad Seca :	2.073
Optimo Contenido de Humedad:	11.50%

MEJORA DEL INDICE DE CBR EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE ADICIONANDO ACEITE SULFONADO Y CEMENTO PORTLAND EN NUEVO KAQUI-YAUTAN-2023

UBICACIÓN : CALICATA 1 + 2%CP+0.32 L/m³ A.S

FECHA : MARZO 2025

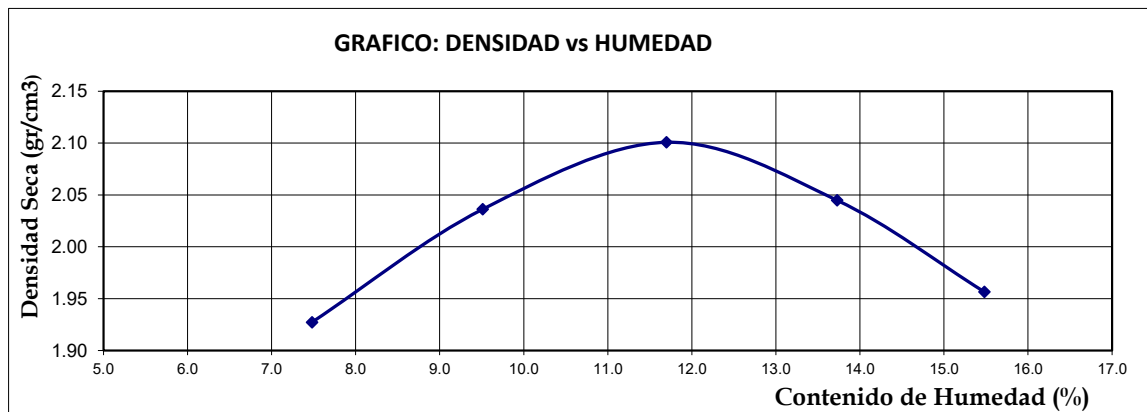
METODO " C "

ENSAYO PROCTOR MODIFICADO ASTM D-1557

PUNTO No.		I	II	III	IV	V
MOLDE No.		1	1	1	1	1
1	Volumen del molde (cm ³)	2086.77	2086.77	2086.77	2086.77	2086.77
2	Peso del molde (gr)	5973.50	5973.50	5973.50	5973.50	5973.50
3	Peso del molde + muestra húmeda (gr)	10296.30	10626.80	10870.20	10826.50	10688.60
4	Peso de la muestra húmeda (gr)	4322.80	4653.30	4896.70	4853.00	4715.10
5	Densidad húmeda de la muestra (gr/cm ³)	2.07	2.23	2.35	2.33	2.26

CONTENIDO DE HUMEDAD Y DENSIDAD SECA

6	Peso de la tara (gr)	28.060	27.332	26.740	28.370	27.662
7	Peso de la tara + suelo húmedo (gr)	137.250	138.692	137.220	135.250	134.870
8	Peso de la tara + suelo seco (gr)	129.650	129.020	125.650	122.350	120.500
9	Peso del agua (gr)	7.600	9.672	11.570	12.900	14.370
10	Peso del suelo seco (gr)	101.590	101.688	98.910	93.980	92.838
11	Contenido de humedad (%)	7.48	9.51	11.70	13.73	15.48
12	Densidad seca de la muestra (gr/cm ³)	1.927	2.036	2.101	2.045	1.957



Máxima Densidad Seca :	2.101
Optimo Contenido de Humedad:	11.70%

MEJORA DEL INDICE DE CBR EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE ADICIONANDO ACEITE SULFONADO Y CEMENTO PORTLAND EN NUEVO KAQUI-YAUTAN-2023

UBICACIÓN : CALICATA 2 + 2%CP+0.32 L/m³ A.S

FECHA : MARZO 2025

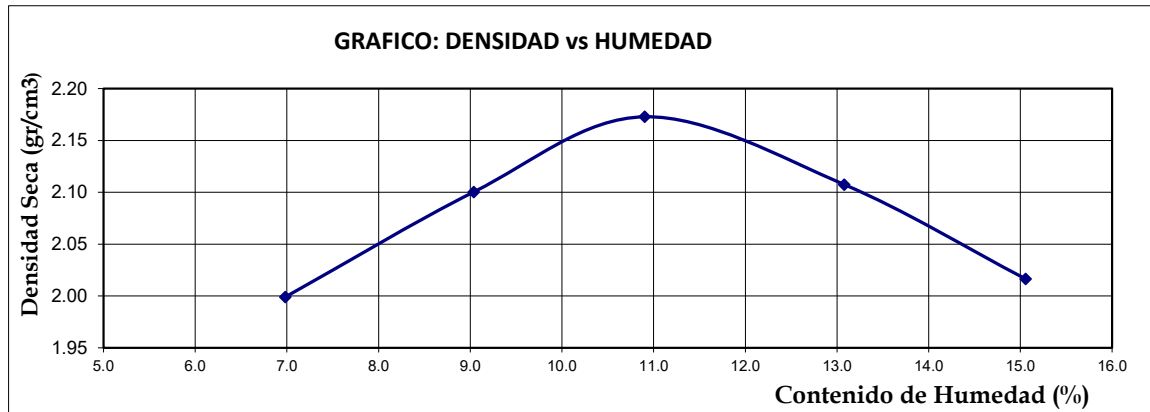
METODO " C "

ENSAYO PROCTOR MODIFICADO ASTM D-1557

PUNTO No.		I	II	III	IV	V
MOLDE No.		1	1	1	1	1
1	Volumen del molde (cm ³)	2086.77	2086.77	2086.77	2086.77	2086.77
2	Peso del molde (gr)	5973.50	5973.50	5973.50	5973.50	5973.50
3	Peso del molde + muestra húmeda (gr)	10436.00	10752.40	11002.00	10946.52	10815.10
4	Peso de la muestra húmeda (gr)	4462.50	4778.90	5028.50	4973.02	4841.60
5	Densidad húmeda de la muestra (gr/cm ³)	2.14	2.29	2.41	2.38	2.32

CONTENIDO DE HUMEDAD Y DENSIDAD SECA

6	Peso de la tara (gr)	29.640	28.337	27.142	28.689	26.142
7	Peso de la tara + suelo húmedo (gr)	131.250	130.410	128.250	126.740	132.520
8	Peso de la tara + suelo seco (gr)	124.620	121.950	118.310	115.400	118.600
9	Peso del agua (gr)	6.630	8.460	9.940	11.340	13.920
10	Peso del suelo seco (gr)	94.980	93.613	91.168	86.711	92.458
11	Contenido de humedad (%)	6.98	9.04	10.90	13.08	15.06
12	Densidad seca de la muestra (gr/cm ³)	1.999	2.100	2.173	2.108	2.017



Máxima Densidad Seca :	2.173
Optimo Contenido de Humedad:	10.90

MEJORA DEL INDICE DE CBR EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE ADICIONANDO ACEITE SULFONADO Y CEMENTO PORTLAND EN NUEVO KAQUI-YAUTAN-2023

UBICACIÓN : CALICATA 3 + 2%CP+0.32 L/m3 A.S

FECHA : MARZO 2025

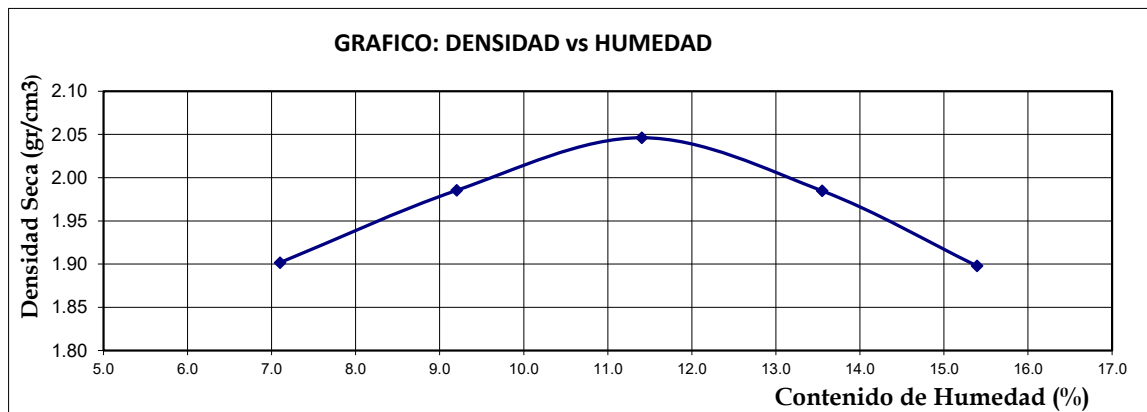
METODO " C "

ENSAYO PROCTOR MODIFICADO ASTM D-1557

PUNTO No.		I	II	III	IV	V
MOLDE No.		1	1	1	1	1
1	Volumen del molde (cm ³)	2086.77	2086.77	2086.77	2086.77	2086.77
2	Peso del molde (gr)	5973.50	5973.50	5973.50	5973.50	5973.50
3	Peso del molde + muestra húmeda (gr)	10223.60	10497.80	10730.50	10676.50	10543.70
4	Peso de la muestra húmeda (gr)	4250.10	4524.30	4757.00	4703.00	4570.20
5	Densidad húmeda de la muestra (gr/cm ³)	2.04	2.17	2.28	2.25	2.19

CONTENIDO DE HUMEDAD Y DENSIDAD SECA

6	Peso de la tara (gr)	27.630	28.410	27.320	28.060	27.450
7	Peso de la tara + suelo húmedo (gr)	137.320	138.410	139.560	137.680	138.630
8	Peso de la tara + suelo seco (gr)	130.050	129.140	128.070	124.600	123.800
9	Peso del agua (gr)	7.270	9.270	11.490	13.080	14.830
10	Peso del suelo seco (gr)	102.420	100.730	100.750	96.540	96.350
11	Contenido de humedad (%)	7.10	9.20	11.40	13.55	15.39
12	Densidad seca de la muestra (gr/cm ³)	1.902	1.985	2.046	1.985	1.898



Máxima Densidad Seca :	2.046
Optimo Contenido de Humedad:	11.40%

MEJORA DEL INDICE DE CBR EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE ADICIONANDO ACEITE SULFONADO Y CEMENTO PORTLAND EN NUEVO KAQUI-YAUTAN-2023

UBICACIÓN : CALICATA 4 + 2%CP+0.32 L/m3 A.S

FECHA : MARZO 2025

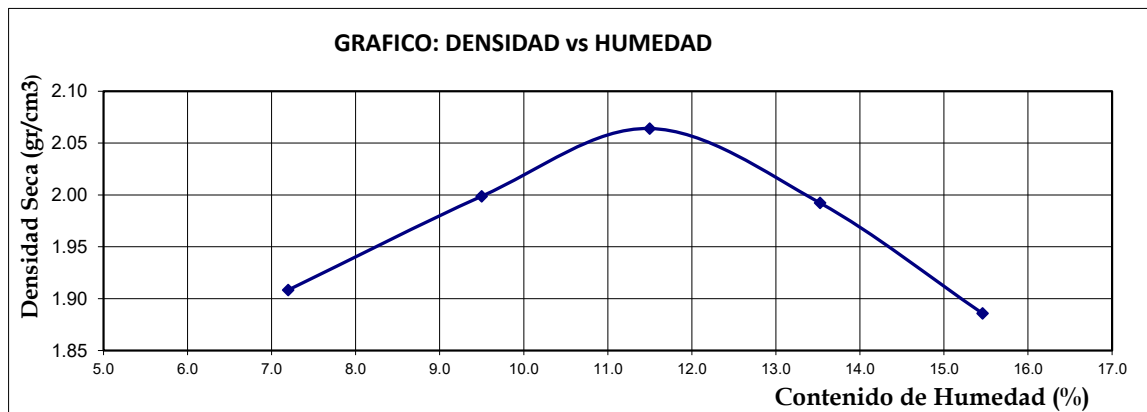
METODO " C "

ENSAYO PROCTOR MODIFICADO ASTM D-1557

PUNTO No.		I	II	III	IV	V
MOLDE No.		1	1	1	1	1
1	Volumen del molde (cm ³)	2086.77	2086.77	2086.77	2086.77	2086.77
2	Peso del molde (gr)	5973.50	5973.50	5973.50	5973.50	5973.50
3	Peso del molde + muestra húmeda (gr)	10242.24	10540.70	10776.00	10693.40	10517.30
4	Peso de la muestra húmeda (gr)	4268.74	4567.20	4802.50	4719.90	4543.80
5	Densidad húmeda de la muestra (gr/cm ³)	2.05	2.19	2.30	2.26	2.18

CONTENIDO DE HUMEDAD Y DENSIDAD SECA

6	Peso de la tara (gr)	28.680	27.223	28.165	28.743	27.361
7	Peso de la tara + suelo húmedo (gr)	134.632	132.580	134.560	131.660	133.742
8	Peso de la tara + suelo seco (gr)	127.520	123.440	123.590	119.400	119.500
9	Peso del agua (gr)	7.112	9.140	10.970	12.260	14.242
10	Peso del suelo seco (gr)	98.840	96.217	95.425	90.657	92.139
11	Contenido de humedad (%)	7.20	9.50	11.50	13.52	15.46
12	Densidad seca de la muestra (gr/cm ³)	1.908	1.999	2.064	1.992	1.886



Máxima Densidad Seca :	2.064
Optimo Contenido de Humedad:	11.50%

MEJORA DEL INDICE DE CBR EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE ADICIONANDO ACEITE SULFONADO Y CEMENTO PORTLAND EN NUEVO KAQUI-YAUTAN-2023

UBICACIÓN : CALICATA 5 + 2%CP+0.32 L/m3 A.S

FECHA : MARZO 2025

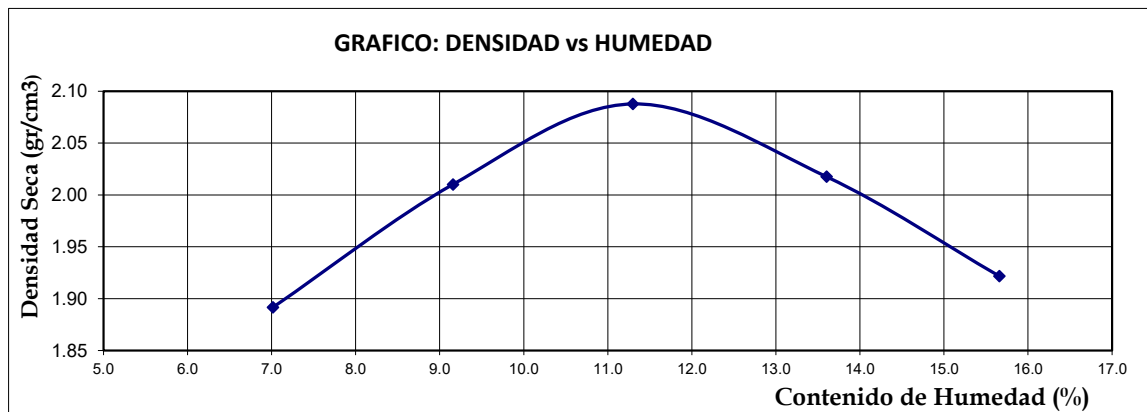
METODO " C "

ENSAYO PROCTOR MODIFICADO ASTM D-1557

PUNTO No.		I	II	III	IV	V
MOLDE No.		1	1	1	1	1
1	Volumen del molde (cm ³)	2086.77	2086.77	2086.77	2086.77	2086.77
2	Peso del molde (gr)	5973.50	5973.50	5973.50	5973.50	5973.50
3	Peso del molde + muestra húmeda (gr)	10197.62	10552.43	10822.50	10756.48	10611.74
4	Peso de la muestra húmeda (gr)	4224.12	4578.93	4849.00	4782.98	4638.24
5	Densidad húmeda de la muestra (gr/cm ³)	2.02	2.19	2.32	2.29	2.22

CONTENIDO DE HUMEDAD Y DENSIDAD SECA

6	Peso de la tara (gr)	27.650	28.214	27.884	28.098	29.630
7	Peso de la tara + suelo húmedo (gr)	132.470	133.470	132.556	130.740	131.663
8	Peso de la tara + suelo seco (gr)	125.600	124.640	121.930	118.450	117.850
9	Peso del agua (gr)	6.870	8.830	10.626	12.290	13.813
10	Peso del suelo seco (gr)	97.950	96.426	94.046	90.352	88.220
11	Contenido de humedad (%)	7.01	9.16	11.30	13.60	15.66
12	Densidad seca de la muestra (gr/cm ³)	1.892	2.010	2.088	2.018	1.922



Máxima Densidad Seca :	2.088
Optimo Contenido de Humedad:	11.30%

MEJORA DEL INDICE DE CBR EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE ADICIONANDO ACEITE SULFONADO Y CEMENTO PORTLAND EN NUEVO KAQUI-YAUTAN-2023

UBICACIÓN : CALICATA 1 + 3.5%CP+0.32 L/m³ A.S

FECHA : MARZO 2025

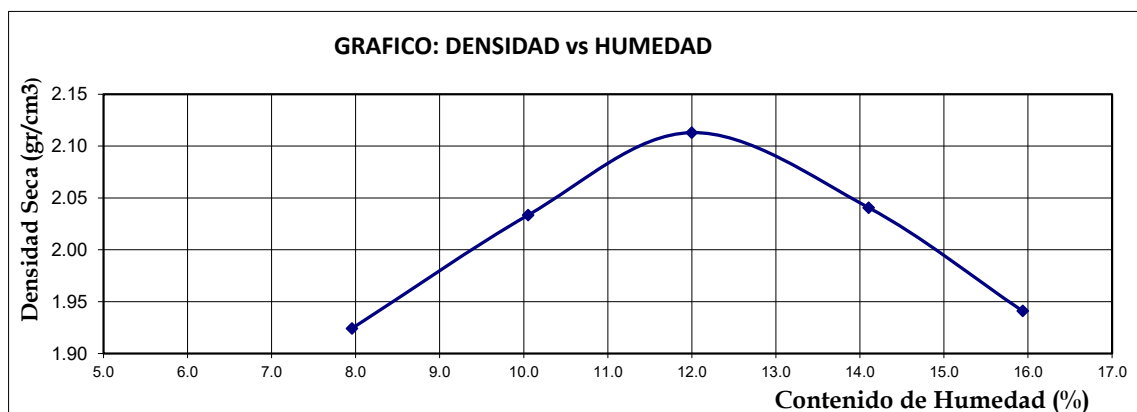
METODO " C "

ENSAYO PROCTOR MODIFICADO ASTM D-1557

PUNTO No.		I	II	III	IV	V
MOLDE No.		1	1	1	1	1
1	Volumen del molde (cm ³)	2086.77	2086.77	2086.77	2086.77	2086.77
2	Peso del molde (gr)	5973.50	5973.50	5973.50	5973.50	5973.50
3	Peso del molde + muestra húmeda (gr)	10308.37	10643.41	10911.90	10832.45	10669.44
4	Peso de la muestra húmeda (gr)	4334.87	4669.91	4938.40	4858.95	4695.94
5	Densidad húmeda de la muestra (gr/cm ³)	2.08	2.24	2.37	2.33	2.25

CONTENIDO DE HUMEDAD Y DENSIDAD SECA

6	Peso de la tara (gr)	28.062	27.663	28.410	27.220	29.470
7	Peso de la tara + suelo húmedo (gr)	138.240	138.360	132.478	130.258	131.470
8	Peso de la tara + suelo seco (gr)	130.120	128.250	121.330	117.522	117.450
9	Peso del agua (gr)	8.120	10.110	11.148	12.736	14.020
10	Peso del suelo seco (gr)	102.058	100.587	92.920	90.302	87.980
11	Contenido de humedad (%)	7.96	10.05	12.00	14.10	15.94
12	Densidad seca de la muestra (gr/cm ³)	1.924	2.033	2.113	2.041	1.941



Máxima Densidad Seca :	2.113
Optimo Contenido de Humedad:	12.00%

MEJORA DEL INDICE DE CBR EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE ADICIONANDO ACEITE SULFONADO Y CEMENTO PORTLAND EN NUEVO KAQUI-YAUTAN-2023

UBICACIÓN : CALICATA 2 + 3.5%CP+0.32 L/m³ A.S

FECHA : MARZO 2025

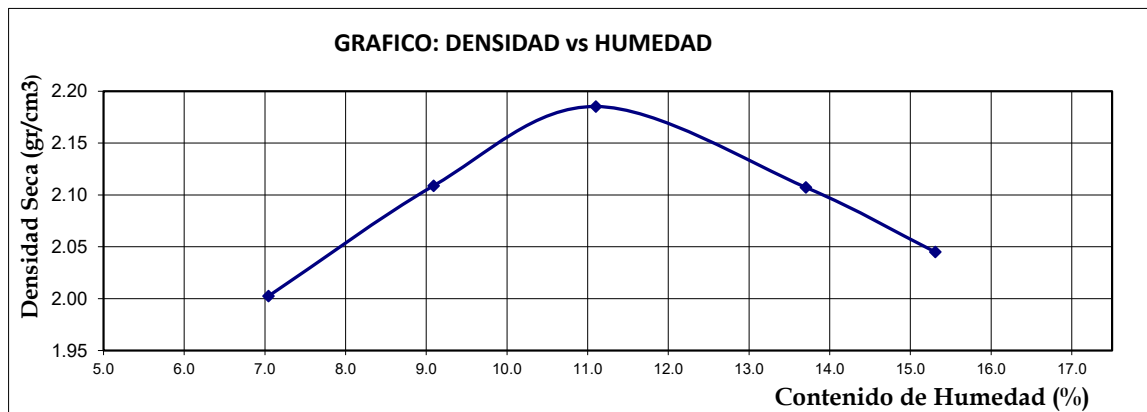
METODO " C "

ENSAYO PROCTOR MODIFICADO ASTM D-1557

PUNTO No.		I	II	III	IV	V
MOLDE No.		1	1	1	1	1
1	Volumen del molde (cm ³)	2086.77	2086.77	2086.77	2086.77	2086.77
2	Peso del molde (gr)	5973.50	5973.50	5973.50	5973.50	5973.50
3	Peso del molde + muestra húmeda (gr)	10446.40	10774.27	11040.00	10973.64	10894.22
4	Peso de la muestra húmeda (gr)	4472.90	4800.77	5066.50	5000.14	4920.72
5	Densidad húmeda de la muestra (gr/cm ³)	2.14	2.30	2.43	2.40	2.36

CONTENIDO DE HUMEDAD Y DENSIDAD SECA

6	Peso de la tara (gr)	27.964	28.772	28.062	28.224	27.481
7	Peso de la tara + suelo húmedo (gr)	132.423	130.420	131.772	132.623	133.471
8	Peso de la tara + suelo seco (gr)	125.550	121.950	121.410	120.040	119.400
9	Peso del agua (gr)	6.873	8.470	10.362	12.583	14.071
10	Peso del suelo seco (gr)	97.586	93.178	93.348	91.816	91.919
11	Contenido de humedad (%)	7.04	9.09	11.10	13.70	15.31
12	Densidad seca de la muestra (gr/cm ³)	2.002	2.109	2.185	2.107	2.045



Máxima Densidad Seca :	2.185
Optimo Contenido de Humedad:	11.10%

MEJORA DEL INDICE DE CBR EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE ADICIONANDO ACEITE SULFONADO Y CEMENTO PORTLAND EN NUEVO KAQUI-YAUTAN-2023

UBICACIÓN : CALICATA 3 + 3.5%CP+0.32 L/m3 A.S

FECHA : MARZO 2025

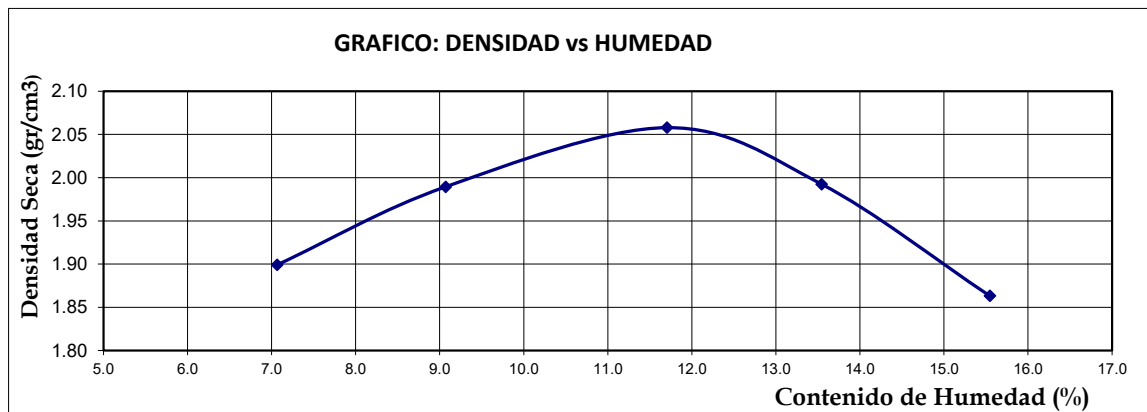
METODO " C "

ENSAYO PROCTOR MODIFICADO ASTM D-1557

PUNTO No.		I	II	III	IV	V
MOLDE No.		1	1	1	1	1
1	Volumen del molde (cm ³)	2086.77	2086.77	2086.77	2086.77	2086.77
2	Peso del molde (gr)	5973.50	5973.50	5973.50	5973.50	5973.50
3	Peso del molde + muestra húmeda (gr)	10216.62	10501.58	10770.42	10694.52	10466.00
4	Peso de la muestra húmeda (gr)	4243.12	4528.08	4796.92	4721.02	4492.50
5	Densidad húmeda de la muestra (gr/cm ³)	2.03	2.17	2.30	2.26	2.15

CONTENIDO DE HUMEDAD Y DENSIDAD SECA

6	Peso de la tara (gr)	29.551	28.774	27.663	28.584	27.852
7	Peso de la tara + suelo húmedo (gr)	134.742	133.662	132.851	131.472	130.558
8	Peso de la tara + suelo seco (gr)	127.800	124.940	121.830	119.200	116.740
9	Peso del agua (gr)	6.942	8.722	11.021	12.272	13.818
10	Peso del suelo seco (gr)	98.249	96.166	94.167	90.616	88.888
11	Contenido de humedad (%)	7.07	9.07	11.70	13.54	15.55
12	Densidad seca de la muestra (gr/cm ³)	1.899	1.989	2.058	1.993	1.863



Máxima Densidad Seca :	2.058
Optimo Contenido de Humedad:	11.70%

MEJORA DEL INDICE DE CBR EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE ADICIONANDO ACEITE SULFONADO Y CEMENTO PORTLAND EN NUEVO KAQUI-YAUTAN-2023

UBICACIÓN : CALICATA 4 + 3.5%CP+0.32 L/m3 A.S

FECHA : MARZO 2025

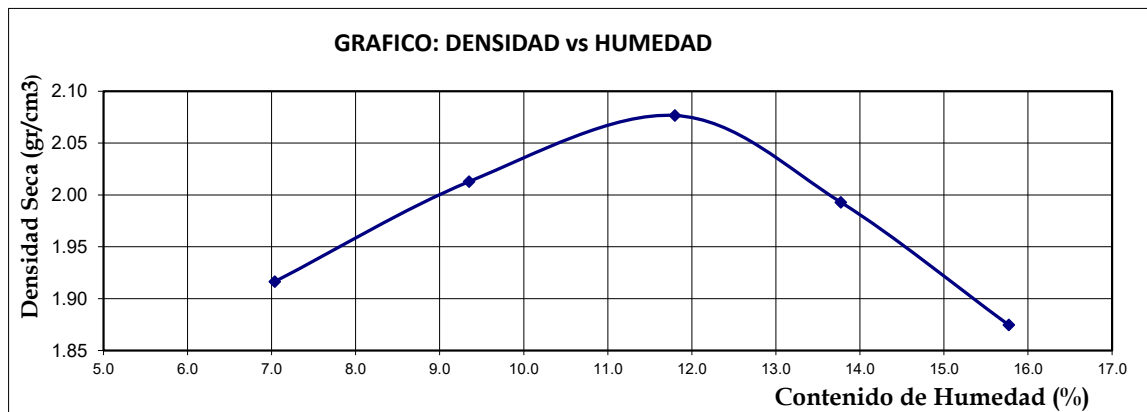
METODO " C "

ENSAYO PROCTOR MODIFICADO ASTM D-1557

PUNTO No.		I	II	III	IV	V
MOLDE No.		1	1	1	1	1
1	Volumen del molde (cm ³)	2086.77	2086.77	2086.77	2086.77	2086.77
2	Peso del molde (gr)	5973.50	5973.50	5973.50	5973.50	5973.50
3	Peso del molde + muestra húmeda (gr)	10254.26	10566.50	10818.30	10705.20	10502.50
4	Peso de la muestra húmeda (gr)	4280.76	4593.00	4844.80	4731.70	4529.00
5	Densidad húmeda de la muestra (gr/cm ³)	2.05	2.20	2.32	2.27	2.17

CONTENIDO DE HUMEDAD Y DENSIDAD SECA

6	Peso de la tara (gr)	27.065	28.415	27.683	28.145	27.663
7	Peso de la tara + suelo húmedo (gr)	137.481	139.524	138.450	131.228	133.475
8	Peso de la tara + suelo seco (gr)	130.221	130.025	126.760	118.750	119.062
9	Peso del agua (gr)	7.260	9.499	11.690	12.478	14.413
10	Peso del suelo seco (gr)	103.156	101.610	99.077	90.605	91.399
11	Contenido de humedad (%)	7.04	9.35	11.80	13.77	15.77
12	Densidad seca de la muestra (gr/cm ³)	1.916	2.013	2.077	1.993	1.875



Máxima Densidad Seca :	2.077
Optimo Contenido de Humedad:	11.80%

MEJORA DEL INDICE DE CBR EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE ADICIONANDO ACEITE SULFONADO Y CEMENTO PORTLAND EN NUEVO KAQUI-YAUTAN-2023

UBICACIÓN : CALICATA 5 + 3.5%CP+0.32 L/m³ A.S

FECHA : MARZO 2025

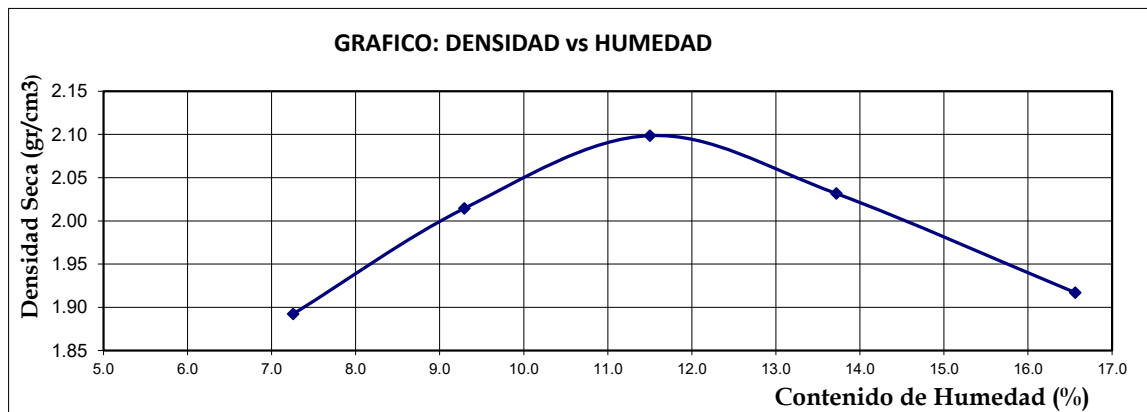
METODO " C "

ENSAYO PROCTOR MODIFICADO ASTM D-1557

PUNTO No.		I	II	III	IV	V
MOLDE No.		1	1	1	1	1
1	Volumen del molde (cm ³)	2086.77	2086.77	2086.77	2086.77	2086.77
2	Peso del molde (gr)	5973.50	5973.50	5973.50	5973.50	5973.50
3	Peso del molde + muestra húmeda (gr)	10208.88	10567.48	10856.56	10794.72	10636.45
4	Peso de la muestra húmeda (gr)	4235.38	4593.98	4883.06	4821.22	4662.95
5	Densidad húmeda de la muestra (gr/cm ³)	2.03	2.20	2.34	2.31	2.23

CONTENIDO DE HUMEDAD Y DENSIDAD SECA

6	Peso de la tara (gr)	28.370	27.447	26.741	25.472	26.337
7	Peso de la tara + suelo húmedo (gr)	133.642	132.588	131.472	133.241	135.220
8	Peso de la tara + suelo seco (gr)	126.520	123.650	120.670	120.240	119.750
9	Peso del agua (gr)	7.122	8.938	10.802	13.001	15.470
10	Peso del suelo seco (gr)	98.150	96.203	93.929	94.768	93.413
11	Contenido de humedad (%)	7.26	9.29	11.50	13.72	16.56
12	Densidad seca de la muestra (gr/cm ³)	1.892	2.014	2.099	2.032	1.917



Máxima Densidad Seca :	2.099
Optimo Contenido de Humedad:	11.50%

MEJORA DEL INDICE DE CBR EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE ADICIONANDO ACEITE SULFONADO Y CEMENTO PORTLAND EN NUEVO KAQUI-YAUTAN-2023

UBICACIÓN : CALICATA 1 + 5%CP+0.32 L/m3 A.S

FECHA : MARZO 2025

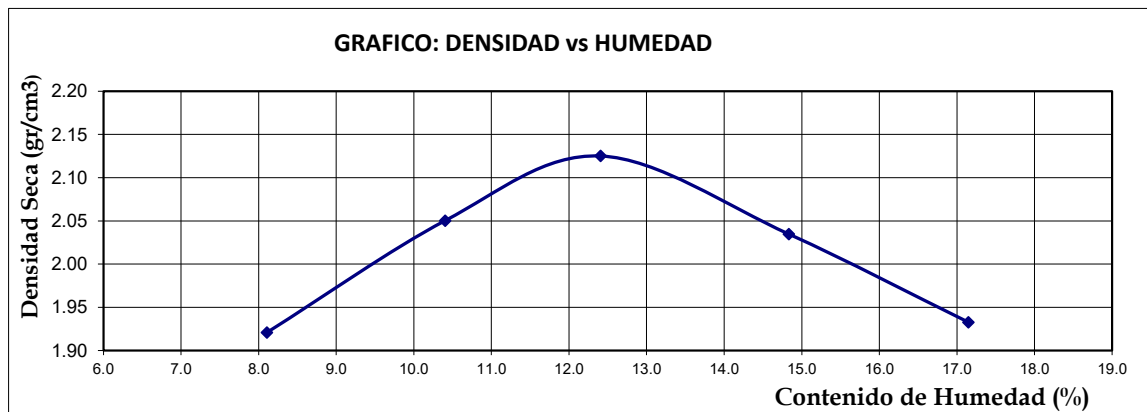
METODO " C "

ENSAYO PROCTOR MODIFICADO ASTM D-1557

PUNTO No.		I	II	III	IV	V
MOLDE No.		1	1	1	1	1
1	Volumen del molde (cm ³)	2086.77	2086.77	2086.77	2086.77	2086.77
2	Peso del molde (gr)	5973.50	5973.50	5973.50	5973.50	5973.50
3	Peso del molde + muestra húmeda (gr)	10306.62	10697.19	10958.21	10849.45	10698.34
4	Peso de la muestra húmeda (gr)	4333.12	4723.69	4984.71	4875.95	4724.84
5	Densidad húmeda de la muestra (gr/cm ³)	2.08	2.26	2.39	2.34	2.26

CONTENIDO DE HUMEDAD Y DENSIDAD SECA

6	Peso de la tara (gr)	28.342	27.663	28.054	27.520	28.172
7	Peso de la tara + suelo húmedo (gr)	137.612	139.410	133.250	132.740	133.580
8	Peso de la tara + suelo seco (gr)	129.420	128.880	121.641	119.150	118.150
9	Peso del agua (gr)	8.192	10.530	11.609	13.590	15.430
10	Peso del suelo seco (gr)	101.078	101.217	93.587	91.630	89.978
11	Contenido de humedad (%)	8.10	10.40	12.40	14.83	17.15
12	Densidad seca de la muestra (gr/cm ³)	1.921	2.050	2.125	2.035	1.933



Máxima Densidad Seca :	2.125
Optimo Contenido de Humedad:	12.40%

MEJORA DEL INDICE DE CBR EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE ADICIONANDO ACEITE SULFONADO Y CEMENTO PORTLAND EN NUEVO KAQUI-YAUTAN-2023

UBICACIÓN : CALICATA 2 + 5%CP+0.32 L/m3 A.S

FECHA : MARZO 2025

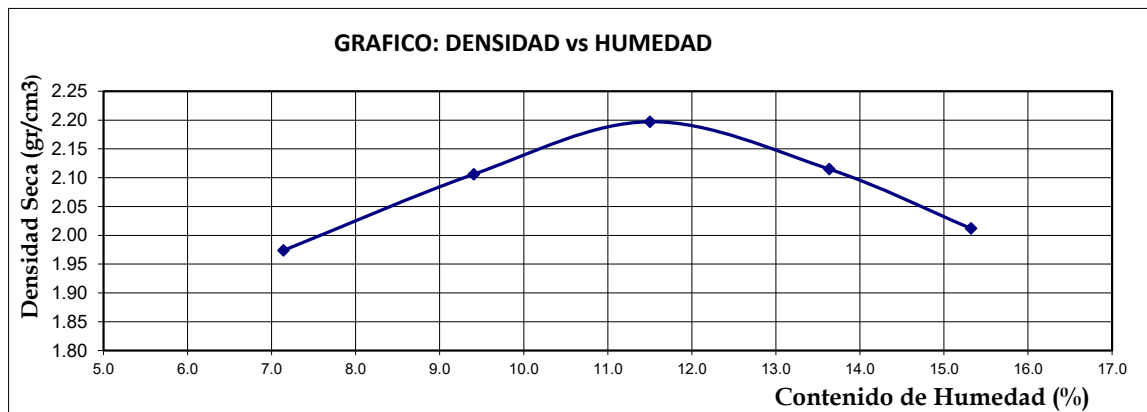
METODO " C "

ENSAYO PROCTOR MODIFICADO ASTM D-1557

PUNTO No.		I	II	III	IV	V
MOLDE No.		1	1	1	1	1
1	Volumen del molde (cm ³)	2086.77	2086.77	2086.77	2086.77	2086.77
2	Peso del molde (gr)	5973.50	5973.50	5973.50	5973.50	5973.50
3	Peso del molde + muestra húmeda (gr)	10386.00	10781.25	11085.70	10988.60	10815.20
4	Peso de la muestra húmeda (gr)	4412.50	4807.75	5112.20	5015.10	4841.70
5	Densidad húmeda de la muestra (gr/cm ³)	2.11	2.30	2.45	2.40	2.32

CONTENIDO DE HUMEDAD Y DENSIDAD SECA

6	Peso de la tara (gr)	27.682	28.543	29.140	28.642	27.263
7	Peso de la tara + suelo húmedo (gr)	128.253	129.661	130.415	131.250	133.400
8	Peso de la tara + suelo seco (gr)	121.552	120.970	119.970	118.940	119.300
9	Peso del agua (gr)	6.701	8.691	10.445	12.310	14.100
10	Peso del suelo seco (gr)	93.870	92.427	90.830	90.298	92.037
11	Contenido de humedad (%)	7.14	9.40	11.50	13.63	15.32
12	Densidad seca de la muestra (gr/cm ³)	1.974	2.106	2.197	2.115	2.012



Máxima Densidad Seca :	2.197
Optimo Contenido de Humedad:	11.50

MEJORA DEL INDICE DE CBR EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE ADICIONANDO ACEITE SULFONADO Y CEMENTO PORTLAND EN NUEVO KAQUI-YAUTAN-2023

UBICACIÓN : CALICATA 3 + 5%CP+0.32 L/m3 A.S

FECHA : MARZO 2025

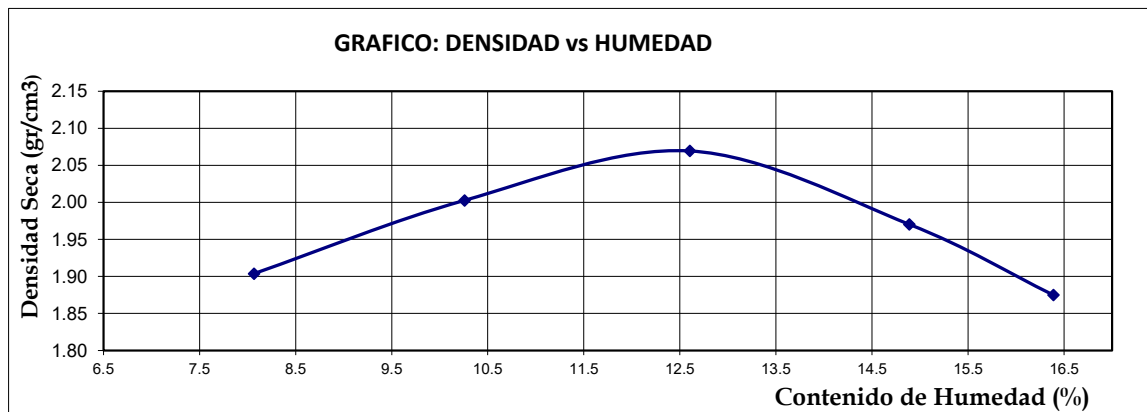
METODO " C "

ENSAYO PROCTOR MODIFICADO ASTM D-1557

PUNTO No.		I	II	III	IV	V
MOLDE No.		1	1	1	1	1
1	Volumen del molde (cm ³)	2086.77	2086.77	2086.77	2086.77	2086.77
2	Peso del molde (gr)	5973.50	5973.50	5973.50	5973.50	5973.50
3	Peso del molde + muestra húmeda (gr)	10266.70	10581.28	10836.20	10697.32	10527.22
4	Peso de la muestra húmeda (gr)	4293.20	4607.78	4862.70	4723.82	4553.72
5	Densidad húmeda de la muestra (gr/cm ³)	2.06	2.21	2.33	2.26	2.18

CONTENIDO DE HUMEDAD Y DENSIDAD SECA

6	Peso de la tara (gr)	29.241	28.362	27.225	28.450	27.631
7	Peso de la tara + suelo húmedo (gr)	134.182	135.254	136.220	132.412	130.250
8	Peso de la tara + suelo seco (gr)	126.350	125.310	124.020	118.940	115.800
9	Peso del agua (gr)	7.832	9.944	12.200	13.472	14.450
10	Peso del suelo seco (gr)	97.109	96.948	96.795	90.490	88.169
11	Contenido de humedad (%)	8.07	10.26	12.60	14.89	16.39
12	Densidad seca de la muestra (gr/cm ³)	1.904	2.003	2.069	1.970	1.875



Máxima Densidad Seca :	2.069
Optimo Contenido de Humedad:	12.60%

MEJORA DEL INDICE DE CBR EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE ADICIONANDO ACEITE SULFONADO Y CEMENTO PORTLAND EN NUEVO KAQUI-YAUTAN-2023

UBICACIÓN : CALICATA 4 + 5%CP+0.32 L/m3 A.S

FECHA : MARZO 2025

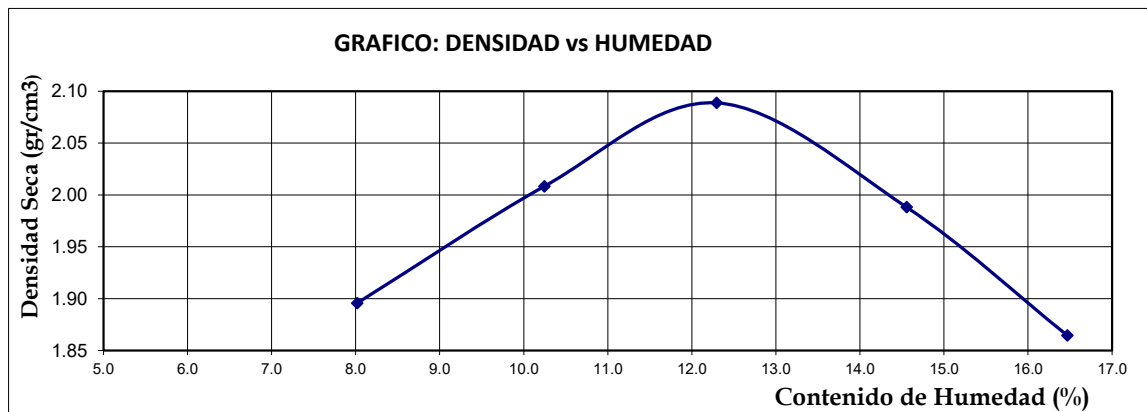
METODO " C "

ENSAYO PROCTOR MODIFICADO ASTM D-1557

PUNTO No.		I	II	III	IV	V
MOLDE No.		1	1	1	1	1
1	Volumen del molde (cm ³)	2086.77	2086.77	2086.77	2086.77	2086.77
2	Peso del molde (gr)	5973.50	5973.50	5973.50	5973.50	5973.50
3	Peso del molde + muestra húmeda (gr)	10246.74	10593.63	10868.25	10726.31	10505.20
4	Peso de la muestra húmeda (gr)	4273.24	4620.13	4894.75	4752.81	4531.70
5	Densidad húmeda de la muestra (gr/cm ³)	2.05	2.21	2.35	2.28	2.17

CONTENIDO DE HUMEDAD Y DENSIDAD SECA

6	Peso de la tara (gr)	27.452	28.362	26.840	28.471	29.362
7	Peso de la tara + suelo húmedo (gr)	132.541	133.852	131.690	133.780	134.250
8	Peso de la tara + suelo seco (gr)	124.740	124.050	120.210	120.400	119.420
9	Peso del agua (gr)	7.801	9.802	11.480	13.380	14.830
10	Peso del suelo seco (gr)	97.288	95.688	93.370	91.929	90.058
11	Contenido de humedad (%)	8.02	10.24	12.30	14.55	16.47
12	Densidad seca de la muestra (gr/cm ³)	1.896	2.008	2.089	1.988	1.865



Máxima Densidad Seca :	2.089
Optimo Contenido de Humedad:	12.30%

MEJORA DEL INDICE DE CBR EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE ADICIONANDO ACEITE SULFONADO Y CEMENTO PORTLAND EN NUEVO KAQUI-YAUTAN-2023

UBICACIÓN : CALICATA 5 + 5%CP+0.32 L/m3 A.S

FECHA : MARZO 2025

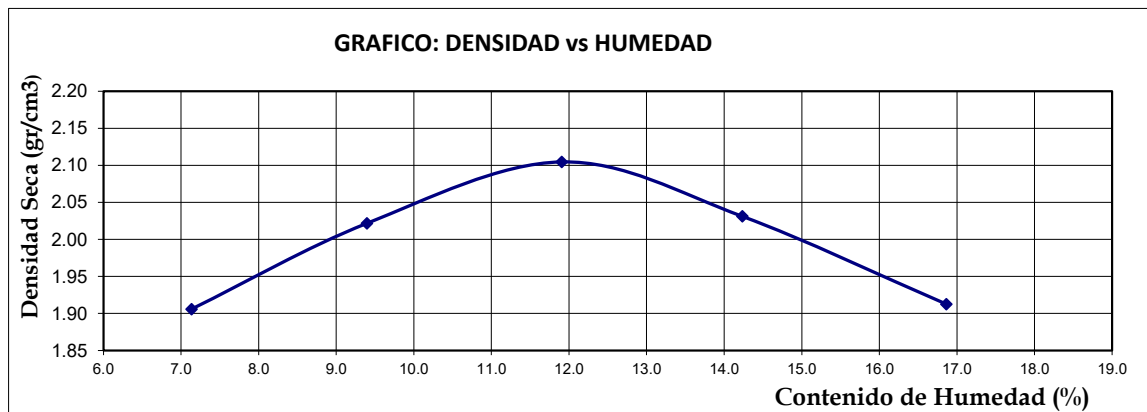
METODO " C "

ENSAYO PROCTOR MODIFICADO ASTM D-1557

PUNTO No.		I	II	III	IV	V
MOLDE No.		1	1	1	1	1
1	Volumen del molde (cm ³)	2086.77	2086.77	2086.77	2086.77	2086.77
2	Peso del molde (gr)	5973.50	5973.50	5973.50	5973.50	5973.50
3	Peso del molde + muestra húmeda (gr)	10234.50	10588.40	10888.20	10815.40	10637.90
4	Peso de la muestra húmeda (gr)	4261.00	4614.90	4914.70	4841.90	4664.40
5	Densidad húmeda de la muestra (gr/cm ³)	2.04	2.21	2.36	2.32	2.24

CONTENIDO DE HUMEDAD Y DENSIDAD SECA

6	Peso de la tara (gr)	27.481	28.223	29.141	25.478	26.663
7	Peso de la tara + suelo húmedo (gr)	132.441	133.412	134.251	135.144	131.240
8	Peso de la tara + suelo seco (gr)	125.452	124.380	123.070	121.480	116.150
9	Peso del agua (gr)	6.989	9.032	11.181	13.664	15.090
10	Peso del suelo seco (gr)	97.971	96.157	93.929	96.002	89.487
11	Contenido de humedad (%)	7.13	9.39	11.90	14.23	16.86
12	Densidad seca de la muestra (gr/cm ³)	1.906	2.022	2.105	2.031	1.913



Máxima Densidad Seca :	2.105
Optimo Contenido de Humedad:	11.90%

**MEJORA DEL INDICE DE CBR EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE ADICIONANDO ACEITE
SULFONADO Y CEMENTO PORTLAND EN NUEVO KAQUI-YAUTAN-2023**

UBICACIÓN : NUEVO KAQUI - YAUTAN

FECHA : ABRIL DEL 2025

TERRENO NATURAL - C-1

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

a) Ensayo preliminar de Proctor modificado

Máxima Densidad Seca (gr/cm ³)	2.088
Optimo Contenido de Humedad (%)	11.40

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]	12125.00	12344.60	11531.50
2	Peso del molde [gr]	6715.00	7184.00	6723.00
3	Peso de suelo compactado [gr]	(1)-(2)	5160.60	4808.50
4	Volumen de molde [cm ³]	2151.09	2127.92	2151.09
5	Densidad húmeda [gr/cm ³]	(3)/(4)	2.52	2.43

CONTENIDO DE HUMEDAD Y DENSIDAD SECA

Tara N°		1	2	3
6	Peso de la tara, [gr]	43.080	37.650	41.040
7	Peso de la tara + suelo húmedo, [gr]	109.420	110.630	120.680
8	Peso de la tara + suelo seco, [gr]	101.830	102.140	104.770
9	Peso del agua, [gr]	(7)-(8)	8.490	15.910
10	Peso del suelo seco, [gr]	(8)-(6)	58.750	63.730
11	Contenido de humedad, [%]	(9)/(10)x100	12.919	24.965
12	Densidad seca de la muestra, [gr/cm ³]	5/(1+(11)/100)	2.227	1.789

c) Prueba de penetración

Area del anillo = 3 pulg²

Presión (libras/pulg²) = L / 3

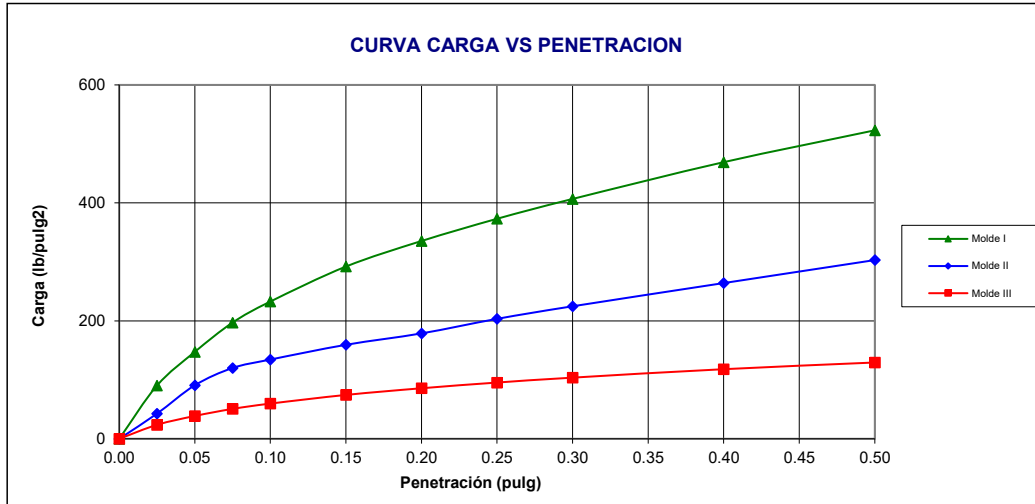
Penetración (pulg)	Presión patrón (lb/pulg ²)	Molde N° I		Molde N° II		Molde N° III	
		LECTURA	Presión	LECTURA	Presión	LECTURA	Presión
0.000		0.0	0	0.0	0	0.0	0
0.025		271.0	90	128.0	43	71.0	24
0.050		442.0	147	272.0	91	116.0	39
0.075		591.0	197	360.0	120	152.0	51
0.100	1000	698.0	233	403.0	134	179.0	60
0.150		876.0	292	478.0	159	223.0	74
0.200	1500	1006.0	335	536.0	179	257.0	86
0.250		1119.0	373	610.0	203	286.0	95
0.300	1900	1220.0	407	674.0	225	311.0	104
0.400	2300	1407.0	469	792.0	264	354.0	118
0.500	2600	1569.0	523	909.0	303	388.0	129

**MEJORA DEL INDICE DE CBR EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE ADICIONANDO ACEITE
SULFONADO Y CEMENTO PORTLAND EN NUEVO KAQUI-YAUTAN-2023**

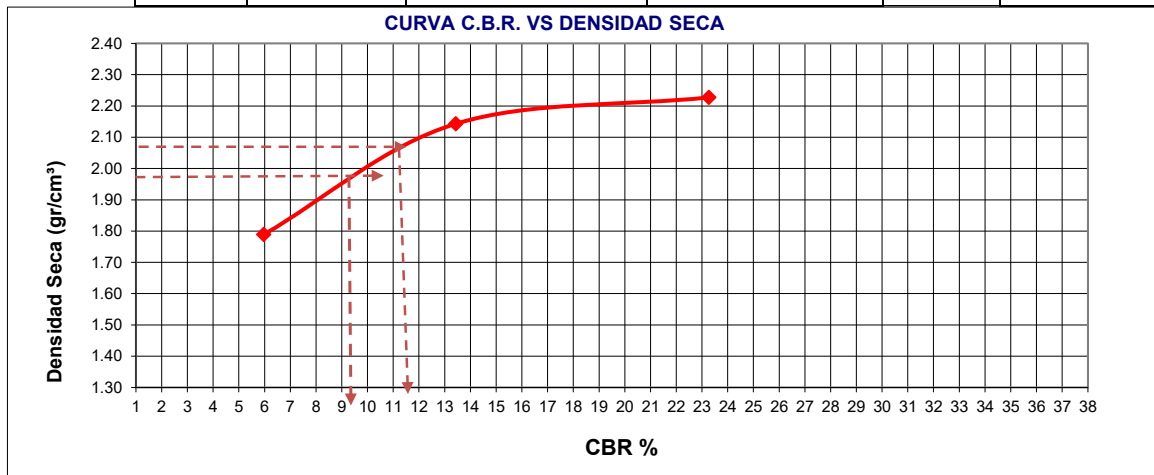
UBICACIÓN : NUEVO KAQUI - YAUTAN

FECHA : ABRIL DEL 2025

TERRENO NATURAL - C-1



Molde	Penetración (pulg)	Presión aplicada (lb/pulg²)	Presión Patrón (lb/pulg²)	C.B.R. (%)	Expansión
I	0.1	232.7	1000	23.27	2.67%
II	0.1	134.3	1000	13.43	3.17%
III	0.1	59.7	1000	5.97	4.20%



CBR 0,1" DE PENETRACIÓN A 100% MDS :	11.40%
CBR 0,1" DE PENETRACIÓN A 95% MDS :	9.30%

**MEJORA DEL INDICE DE CBR EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE ADICIONANDO ACEITE
SULFONADO Y CEMENTO PORTLAND EN NUEVO KAQUI-YAUTAN-2023**

UBICACIÓN : NUEVO KAQUI - YAUTAN

FECHA : ABRIL DEL 2025

TERRENO NATURAL - C-2

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

a) Ensayo preliminar de Proctor modificado

Máxima Densidad Seca (gr/cm ³)	2.154
Optimo Contenido de Humedad (%)	10.60

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]	12755.00	12944.00	11635.80
2	Peso del molde [gr]	6715.00	7184.00	6723.00
3	Peso de suelo compactado [gr]	(1)-(2)	5760.00	4912.80
4	Volumen de molde [cm ³]	2151.09	2127.92	2151.09
5	Densidad húmeda [gr/cm ³]	(3)/(4)	2.71	2.28

CONTENIDO DE HUMEDAD Y DENSIDAD SECA

Tara N°		1	2	3
6	Peso de la tara, [gr]	42.646	37.450	41.840
7	Peso de la tara + suelo húmedo, [gr]	108.630	110.580	120.440
8	Peso de la tara + suelo seco, [gr]	101.600	102.230	104.530
9	Peso del agua, [gr]	(7)-(8)	8.350	15.910
10	Peso del suelo seco, [gr]	(8)-(6)	64.780	62.690
11	Contenido de humedad, [%]	(9)/(10)x100	12.890	25.379
12	Densidad seca de la muestra, [gr/cm ³]	5/(1+(11)/100)	2.398	1.822

c) Prueba de penetración

Area del anillo = 3 pulg²

Presión (libras/pulg²) = L / 3

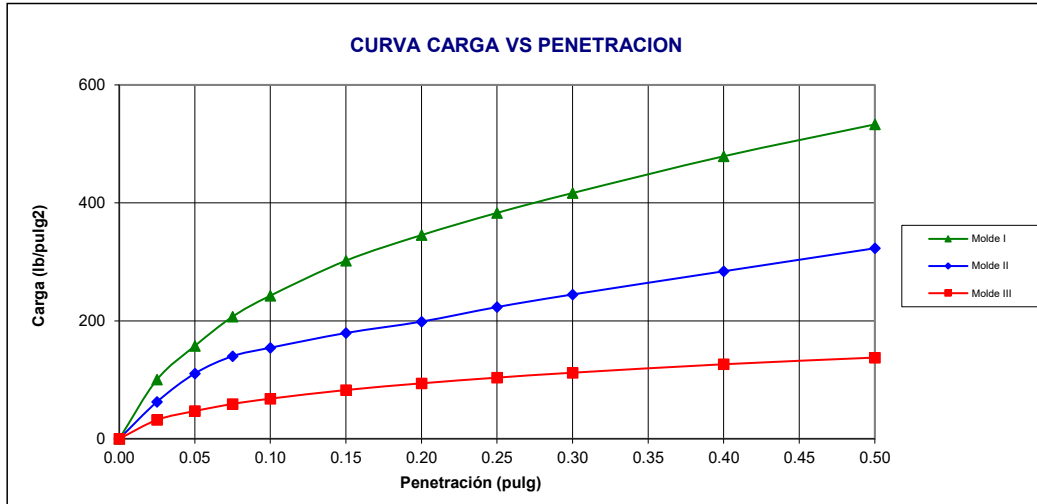
Penetración (pulg)	Presión patrón (lb/pulg ²)	Molde N° I		Molde N° II		Molde N° III	
		LECTURA	Presión	LECTURA	Presión	LECTURA	Presión
0.000		0.0	0	0.0	0	0.0	0
0.025		301.0	100	188.0	63	96.0	32
0.050		472.0	157	332.0	111	141.0	47
0.075		621.0	207	420.0	140	177.0	59
0.100	1000	728.0	243	463.0	154	204.0	68
0.150		906.0	302	538.0	179	248.0	83
0.200	1500	1036.0	345	596.0	199	282.0	94
0.250		1149.0	383	670.0	223	311.0	104
0.300	1900	1250.0	417	734.0	245	336.0	112
0.400	2300	1437.0	479	852.0	284	379.0	126
0.500	2600	1599.0	533	969.0	323	413.0	138

**MEJORA DEL INDICE DE CBR EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE ADICIONANDO ACEITE
SULFONADO Y CEMENTO PORTLAND EN NUEVO KAQUI-YAUTAN-2023**

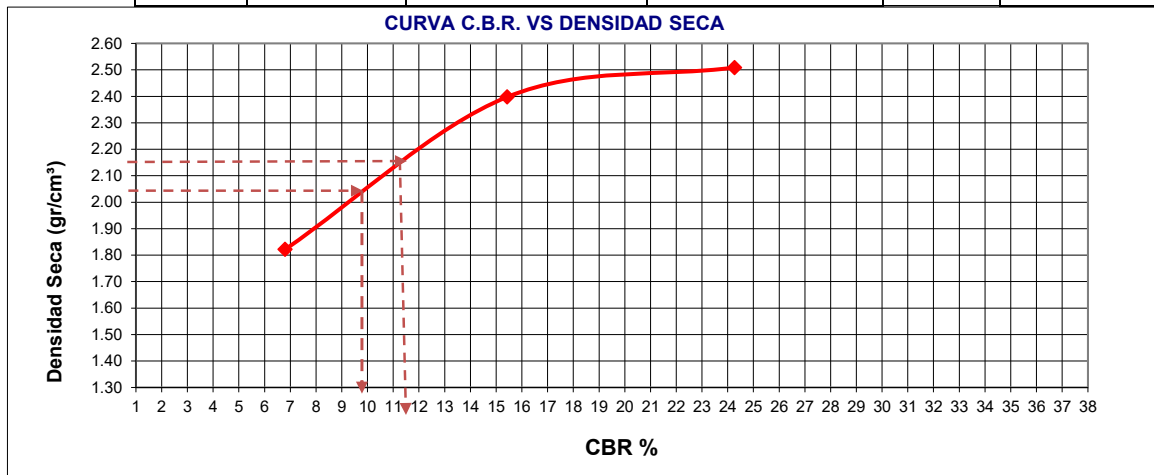
UBICACIÓN : NUEVO KAQUI - YAUTAN

FECHA : ABRIL DEL 2025

TERRENO NATURAL - C-2



Molde	Penetración (pulg)	Presión aplicada (lb/pulg²)	Presión Patrón (lb/pulg²)	C.B.R. (%)	Expansión
I	0.1	242.7	1000	24.27	2.13%
II	0.1	154.3	1000	15.43	3.02%
III	0.1	68.0	1000	6.80	4.04%



CBR 0,1" DE PENETRACIÓN A 100% MDS :	11.38%
CBR 0,1" DE PENETRACIÓN A 95% MDS :	9.85%

**MEJORA DEL INDICE DE CBR EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE ADICIONANDO ACEITE
SULFONADO Y CEMENTO PORTLAND EN NUEVO KAQUI-YAUTAN-2023**

UBICACIÓN :NUEVO KAQUI - YAUTAN

FECHA : ABRIL DEL 2025

TERRENO NATURAL - C-3

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

a) Ensayo preliminar de Proctor modificado

Máxima Densidad Seca (gr/cm3)	2.022
Optimo Contenido de Humedad (%)	11.10

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]	12114.30	12557.80	11337.40	
2	Peso del molde [gr]	6715.00	7184.00	6723.00	
3	Peso de suelo compactado [gr]	(1)-(2)	5399.30	5373.80	4614.40
4	Volumen de molde [cm3]		2151.09	2127.92	2151.09
5	Densidad húmeda [gr/cm3]	(3)/(4)	2.51	2.53	2.15

CONTENIDO DE HUMEDAD Y DENSIDAD SECA

Tara N°		1	2	3	
6	Peso de la tara, [gr]	42.471	36.774	38.380	
7	Peso de la tara + suelo húmedo, [gr]	99.390	76.980	76.340	
8	Peso de la tara + suelo seco, [gr]	93.210	71.940	71.100	
9	Peso del agua, [gr]	(7)-(8)	6.180	5.040	5.240
10	Peso del suelo seco, [gr]	(8)-(6)	50.739	35.166	32.720
11	Contenido de humedad, [%]	(9)/(10)x100	12.180	14.332	16.015
12	Densidad seca de la muestra, [gr/cm3]	5/(1+(11)/100)	2.238	2.209	1.849

c) Prueba de penetración

Area del anillo = 3 pulg²

Presión (libras/pulg²) = L / 3

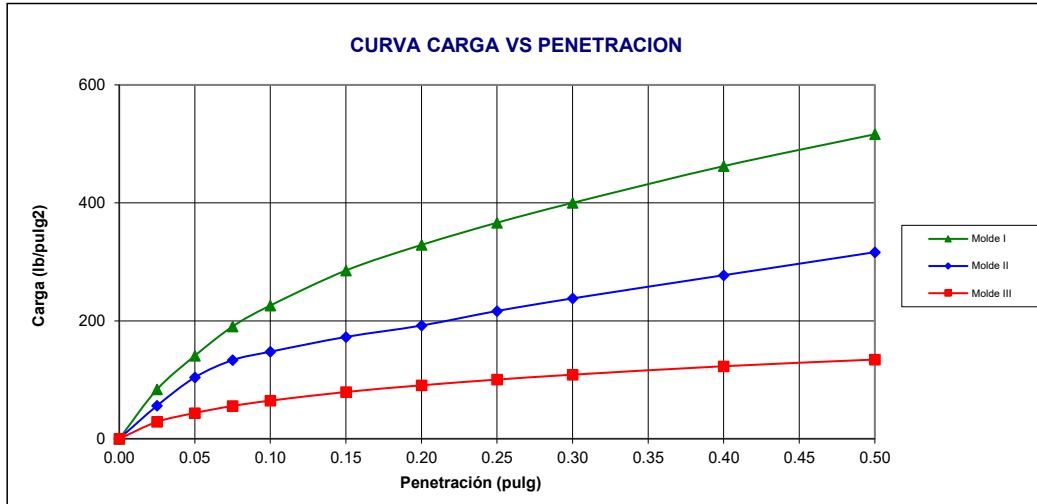
Penetración (pulg)	Presión patrón (lb/pulg ²)	Molde N° I		Molde N° II		Molde N° III	
		LECTURA	Presión	LECTURA	Presión	LECTURA	Presión
0.000		0.0	0	0.0	0	0.0	0
0.025		251.0	84	168.0	56	86.0	29
0.050		422.0	141	312.0	104	131.0	44
0.075		571.0	190	400.0	133	167.0	56
0.100	1000	678.0	226	443.0	148	194.0	65
0.150		856.0	285	518.0	173	238.0	79
0.200	1500	986.0	329	576.0	192	272.0	91
0.250		1099.0	366	650.0	217	301.0	100
0.300	1900	1200.0	400	714.0	238	326.0	109
0.400	2300	1387.0	462	832.0	277	369.0	123
0.500	2600	1549.0	516	949.0	316	403.0	134

**MEJORA DEL INDICE DE CBR EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE ADICIONANDO ACEITE
SULFONADO Y CEMENTO PORTLAND EN NUEVO KAQUI-YAUTAN-2023**

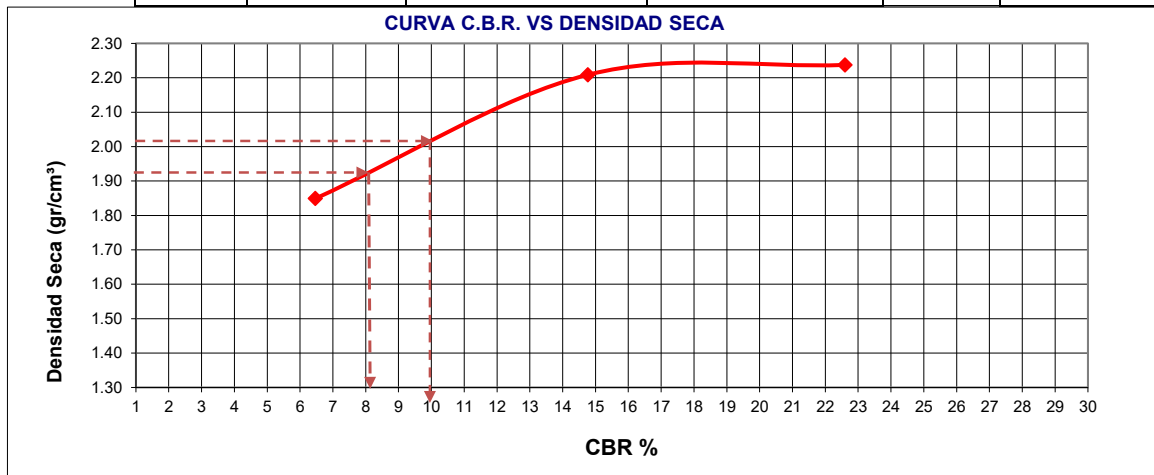
UBICACIÓN : NUEVO KAQUI - YAUTAN

FECHA : ABRIL DEL 2025

TERRENO NATURAL - C-3



Molde	Penetración (pulg)	Presión aplicada (lb/pulg²)	Presión Patrón (lb/pulg²)	C.B.R. (%)	Expansión
I	0.1	226.0	1000	22.60	1.73%
II	0.1	147.7	1000	14.77	2.27%
III	0.1	64.7	1000	6.47	2.98%



CBR 0,1" DE PENETRACIÓN A 100% MDS :	9.90%
CBR 0,1" DE PENETRACIÓN A 95% MDS :	8.15%

**MEJORA DEL INDICE DE CBR EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE ADICIONANDO ACEITE
SULFONADO Y CEMENTO PORTLAND EN NUEVO KAQUI-YAUTAN-2023**

UBICACIÓN : NUEVO KAQUI - YAUTAN

FECHA : ABRIL DEL 2025

TERRENO NATURAL - C-4

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

a) Ensayo preliminar de Proctor modificado

Máxima Densidad Seca (gr/cm ³)	2.041
Optimo Contenido de Humedad (%)	11.20

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]	12755.00	12944.00	11486.00
2	Peso del molde [gr]	6715.00	7184.00	6723.00
3	Peso de suelo compactado [gr]	(1)-(2)	5760.00	4763.00
4	Volumen de molde [cm ³]	2151.09	2127.92	2151.09
5	Densidad húmeda [gr/cm ³]	(3)/(4)	2.81	2.71

CONTENIDO DE HUMEDAD Y DENSIDAD SECA

Tara N°		1	2	3
6	Peso de la tara, [gr]	42.830	37.880	42.070
7	Peso de la tara + suelo húmedo, [gr]	109.050	110.790	120.960
8	Peso de la tara + suelo seco, [gr]	101.880	102.650	104.110
9	Peso del agua, [gr]	(7)-(8)	8.140	16.850
10	Peso del suelo seco, [gr]	(8)-(6)	59.050	62.040
11	Contenido de humedad, [%]	(9)/(10)x100	12.142	27.160
12	Densidad seca de la muestra, [gr/cm ³]	5/(1+(11)/100)	2.504	1.741

c) Prueba de penetración

Area del anillo = 3 pulg²

Presión (libras/pulg²) = L / 3

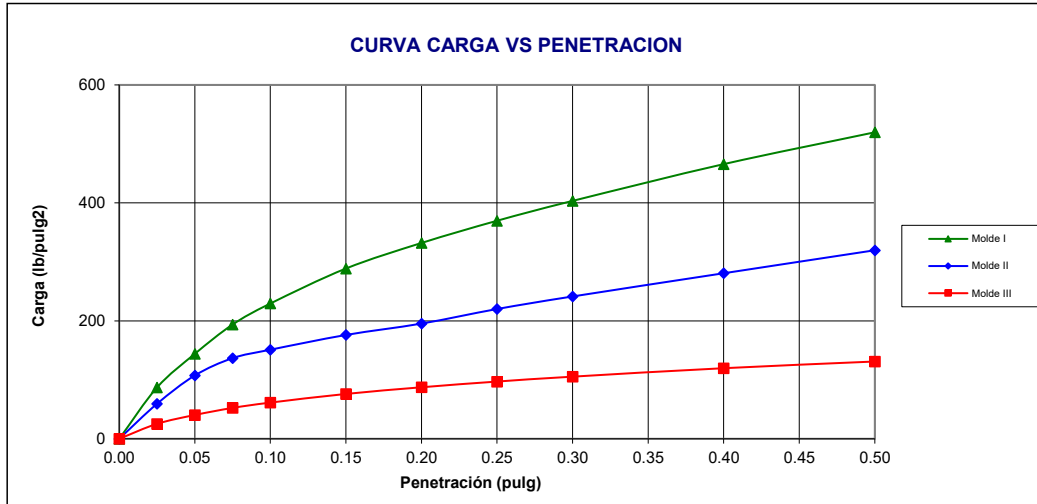
Penetración (pulg)	Presión patrón (lb/pulg ²)	Molde N° I		Molde N° II		Molde N° III	
		LECTURA	Presión	LECTURA	Presión	LECTURA	Presión
0.000		0.0	0	0.0	0	0.0	0
0.025		261.0	87	178.0	59	76.0	25
0.050		432.0	144	322.0	107	121.0	40
0.075		581.0	194	410.0	137	157.0	52
0.100	1000	688.0	229	453.0	151	184.0	61
0.150		866.0	289	528.0	176	228.0	76
0.200	1500	996.0	332	586.0	195	262.0	87
0.250		1109.0	370	660.0	220	291.0	97
0.300	1900	1210.0	403	724.0	241	316.0	105
0.400	2300	1397.0	466	842.0	281	359.0	120
0.500	2600	1559.0	520	959.0	320	393.0	131

**MEJORA DEL INDICE DE CBR EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE ADICIONANDO ACEITE
SULFONADO Y CEMENTO PORTLAND EN NUEVO KAQUI-YAUTAN-2023**

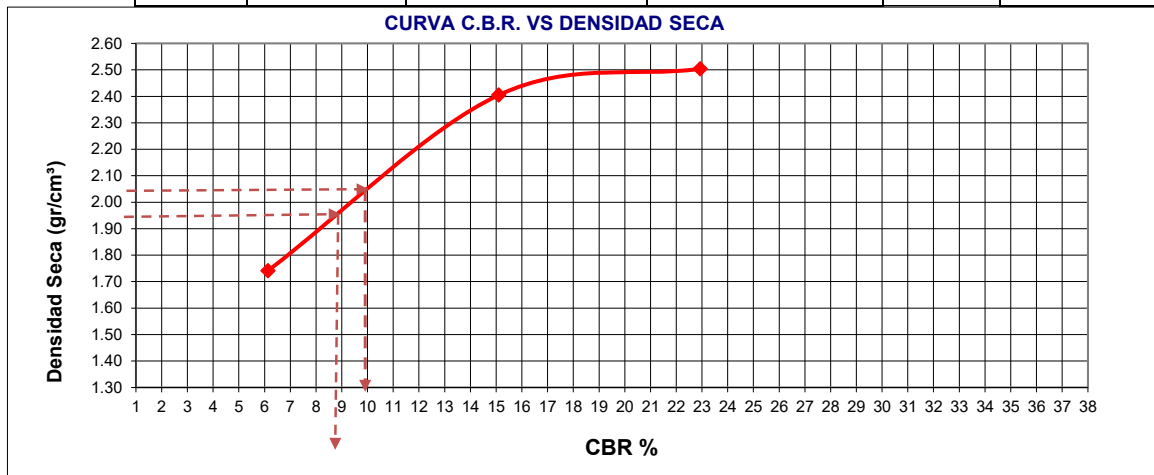
UBICACIÓN : NUEVO KAQUI - YAUTAN

FECHA : ABRIL DEL 2025

TERRENO NATURAL - C-4



Molde	Penetración (pulg)	Presión aplicada (lb/pulg²)	Presión Patrón (lb/pulg²)	C.B.R. (%)	Expansión
I	0.1	229.3	1000	22.93	2.47%
II	0.1	151.0	1000	15.10	3.33%
III	0.1	61.3	1000	6.13	4.63%



CBR 0,1" DE PENETRACIÓN A 100% MDS :	9.98%
CBR 0,1" DE PENETRACIÓN A 95% MDS :	8.78%

**MEJORA DEL INDICE DE CBR EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE ADICIONANDO ACEITE
SULFONADO Y CEMENTO PORTLAND EN NUEVO KAQUI-YAUTAN-2023**

UBICACIÓN : NUEVO KAQUI - YAUTAN

FECHA : ABRIL DEL 2025

TERRENO NATURAL - C-5

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

a) Ensayo preliminar de Proctor modificado

Máxima Densidad Seca (gr/cm3)	2.061
Optimo Contenido de Humedad (%)	11.00

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]	12806.70	12997.80	11503.40	
2	Peso del molde [gr]	6715.00	7184.00	6723.00	
3	Peso de suelo compactado [gr]	(1)-(2)	6091.70	5813.80	4780.40
4	Volumen de molde [cm3]		2151.09	2127.92	2151.09
5	Densidad húmeda [gr/cm3]	(3)/(4)	2.83	2.73	2.22

CONTENIDO DE HUMEDAD Y DENSIDAD SECA

Tara N°		1	2	3	
6	Peso de la tara, [gr]	42.411	38.030	41.220	
7	Peso de la tara + suelo húmedo, [gr]	108.770	110.340	120.730	
8	Peso de la tara + suelo seco, [gr]	102.063	102.660	104.880	
9	Peso del agua, [gr]	(7)-(8)	6.707	7.680	15.850
10	Peso del suelo seco, [gr]	(8)-(6)	59.652	64.630	63.660
11	Contenido de humedad, [%]	(9)/(10)x100	11.244	11.883	24.898
12	Densidad seca de la muestra, [gr/cm3]	5/(1+(11)/100)	2.546	2.442	1.779

c) Prueba de penetración

Area del anillo = 3 pulg²

Presión (libras/pulg²) = L / 3

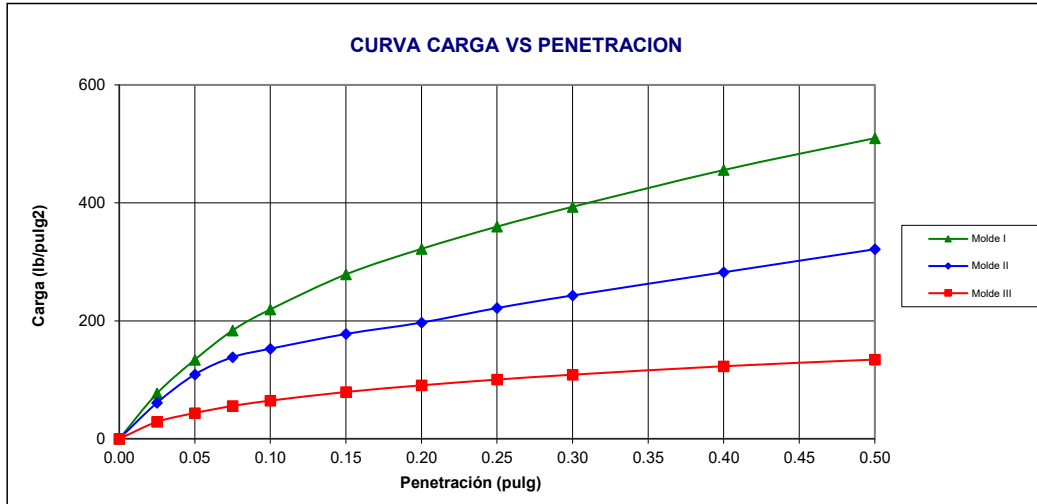
Penetración (pulg)	Presión patrón (lb/pulg ²)	Molde N° I		Molde N° II		Molde N° III	
		LECTURA	Presión	LECTURA	Presión	LECTURA	Presión
0.000		0.0	0	0.0	0	0.0	0
0.025		231.0	77	183.0	61	86.0	29
0.050		402.0	134	327.0	109	131.0	44
0.075		551.0	184	415.0	138	167.0	56
0.100	1000	658.0	219	458.0	153	194.0	65
0.150		836.0	279	533.0	178	238.0	79
0.200	1500	966.0	322	591.0	197	272.0	91
0.250		1079.0	360	665.0	222	301.0	100
0.300	1900	1180.0	393	729.0	243	326.0	109
0.400	2300	1367.0	456	847.0	282	369.0	123
0.500	2600	1529.0	510	964.0	321	403.0	134

**MEJORA DEL INDICE DE CBR EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE ADICIONANDO ACEITE
SULFONADO Y CEMENTO PORTLAND EN NUEVO KAQUI-YAUTAN-2023**

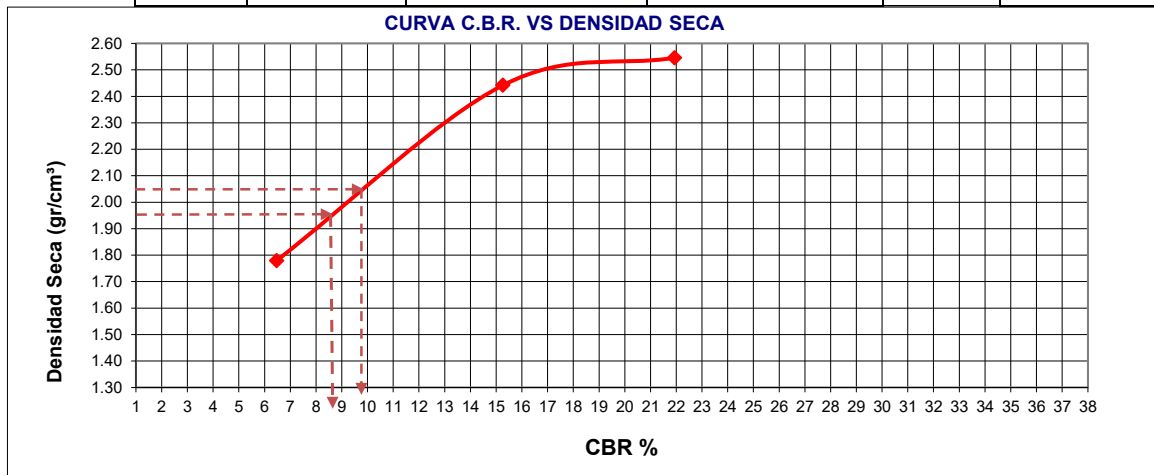
UBICACIÓN : NUEVO KAQUI - YAUTAN

FECHA : ABRIL DEL 2025

TERRENO NATURAL - C-5



Molde	Penetración (pulg)	Presión aplicada (lb/pulg²)	Presión Patrón (lb/pulg²)	C.B.R. (%)	Expansión
I	0.1	219.3	1000	21.93	2.68%
II	0.1	152.7	1000	15.27	3.55%
III	0.1	64.7	1000	6.47	4.27%



CBR 0,1" DE PENETRACIÓN A 100% MDS :	9.80%
CBR 0,1" DE PENETRACIÓN A 95% MDS :	8.65%

**MEJORA DEL INDICE DE CBR EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE ADICIONANDO ACEITE
SULFONADO Y CEMENTO PORTLAND EN NUEVO KAQUI-YAUTAN-2023**

UBICACIÓN : NUEVO KAQUI - YAUTAN

FECHA : ABRIL DEL 2025

TERRENO NATURAL - C-1 + 0.5CP+0.32 L /M3 A.S

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

a) Ensayo preliminar de Proctor modificado

Máxima Densidad Seca (gr/cm3)	2.097
Optimo Contenido de Humedad (%)	11.50

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]	12125.00	12344.60	11336.80
2	Peso del molde [gr]	6715.00	7184.00	6723.00
3	Peso de suelo compactado [gr]	(1)-(2)	5160.60	4613.80
4	Volumen de molde [cm3]	2151.09	2127.92	2151.09
5	Densidad húmeda [gr/cm3]	(3)/(4)	2.52	2.43

CONTENIDO DE HUMEDAD Y DENSIDAD SECA

Tara N°		1	2	3
6	Peso de la tara, [gr]	43.080	37.650	41.040
7	Peso de la tara + suelo húmedo, [gr]	109.420	110.630	120.680
8	Peso de la tara + suelo seco, [gr]	101.830	102.140	104.770
9	Peso del agua, [gr]	(7)-(8)	8.490	15.910
10	Peso del suelo seco, [gr]	(8)-(6)	58.750	63.730
11	Contenido de humedad, [%]	(9)/(10)x100	12.919	24.965
12	Densidad seca de la muestra, [gr/cm3]	5/(1+(11)/100)	2.227	2.143

c) Prueba de penetración

Area del anillo = 3 pulg²

Presión (libras/pulg²) = L /3

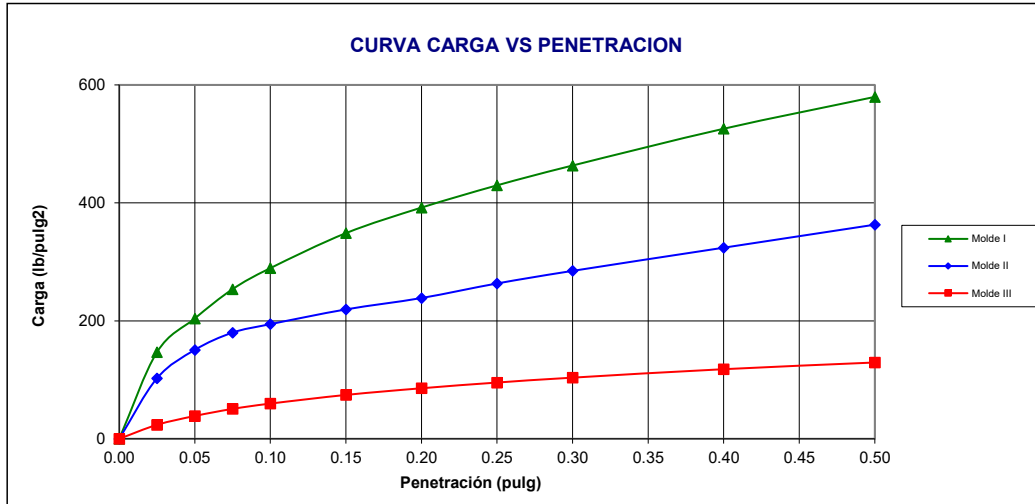
Penetración (pulg)	Presión patrón (lb/pulg ²)	Molde N° I		Molde N° II		Molde N° III	
		LECTURA	Presión	LECTURA	Presión	LECTURA	Presión
0.000		0.0	0	0.0	0	0.0	0
0.025		441.0	147	308.0	103	71.0	24
0.050		612.0	204	452.0	151	116.0	39
0.075		761.0	254	540.0	180	152.0	51
0.100	1000	868.0	289	583.0	194	179.0	60
0.150		1046.0	349	658.0	219	223.0	74
0.200	1500	1176.0	392	716.0	239	257.0	86
0.250		1289.0	430	790.0	263	286.0	95
0.300	1900	1390.0	463	854.0	285	311.0	104
0.400	2300	1577.0	526	972.0	324	354.0	118
0.500	2600	1739.0	580	1089.0	363	388.0	129

**MEJORA DEL INDICE DE CBR EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE ADICIONANDO ACEITE
SULFONADO Y CEMENTO PORTLAND EN NUEVO KAQUI-YAUTAN-2023**

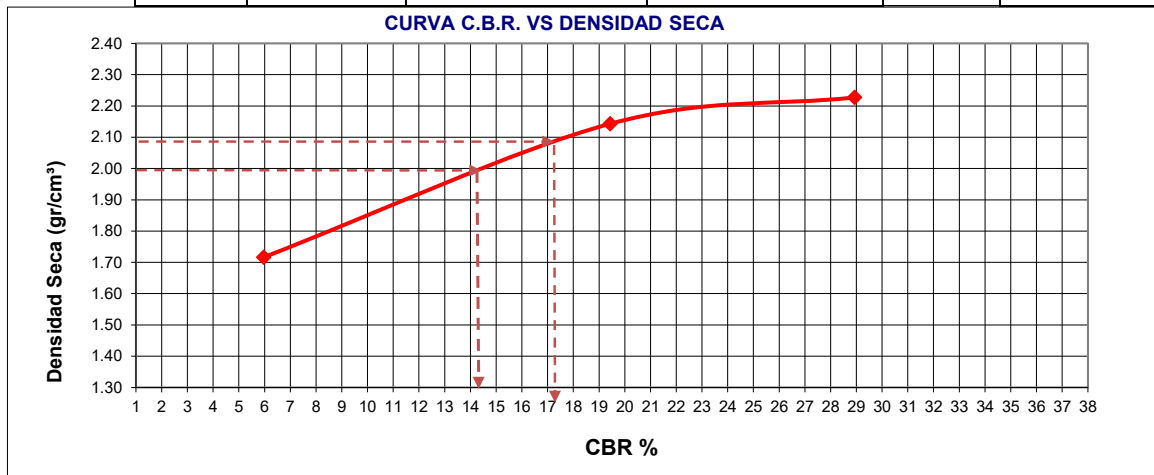
UBICACIÓN : NUEVO KAQUI - YAUTAN

FECHA : ABRIL DEL 2025

TERRENO NATURAL - C-1 + 0.5CP+0.32 L /M3 A.S



Molde	Penetración (pulg)	Presión aplicada (lb/pulg²)	Presión Patrón (lb/pulg²)	C.B.R. (%)	Expansión
I	0.1	289.3	1000	28.93	0.00%
II	0.1	194.3	1000	19.43	0.00%
III	0.1	59.7	1000	5.97	0.00%



CBR 0,1" DE PENETRACIÓN A 100% MDS :	17.10%
CBR 0,1" DE PENETRACIÓN A 95% MDS :	14.20%

**MEJORA DEL INDICE DE CBR EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE ADICIONANDO ACEITE
SULFONADO Y CEMENTO PORTLAND EN NUEVO KAQUI-YAUTAN-2023**

UBICACIÓN : NUEVO KAQUI - YAUTAN

FECHA : ABRIL DEL 2025

TERRENO NATURAL - C-2+ 0.5CP+0.32 L/m³ A.S

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

a) Ensayo preliminar de Proctor modificado

Máxima Densidad Seca (gr/cm ³)	2.167
Optimo Contenido de Humedad (%)	10.70

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]	12755.00	12944.00	11486.00
2	Peso del molde [gr]	6715.00	7184.00	6723.00
3	Peso de suelo compactado [gr]	(1)-(2)	5760.00	4763.00
4	Volumen de molde [cm ³]	2151.09	2127.92	2151.09
5	Densidad húmeda [gr/cm ³]	(3)/(4)	2.81	2.71

CONTENIDO DE HUMEDAD Y DENSIDAD SECA

Tara N°		1	2	3
6	Peso de la tara, [gr]	42.654	46.571	47.665
7	Peso de la tara + suelo húmedo, [gr]	145.285	151.663	146.450
8	Peso de la tara + suelo seco, [gr]	134.680	139.120	130.360
9	Peso del agua, [gr]	(7)-(8)	12.543	16.090
10	Peso del suelo seco, [gr]	(8)-(6)	92.549	82.695
11	Contenido de humedad, [%]	(9)/(10)x100	13.553	19.457
12	Densidad seca de la muestra, [gr/cm ³]	5/(1+(11)/100)	2.518	1.854

c) Prueba de penetración

Area del anillo = 3 pulg²

Presión (libras/pulg²) = L / 3

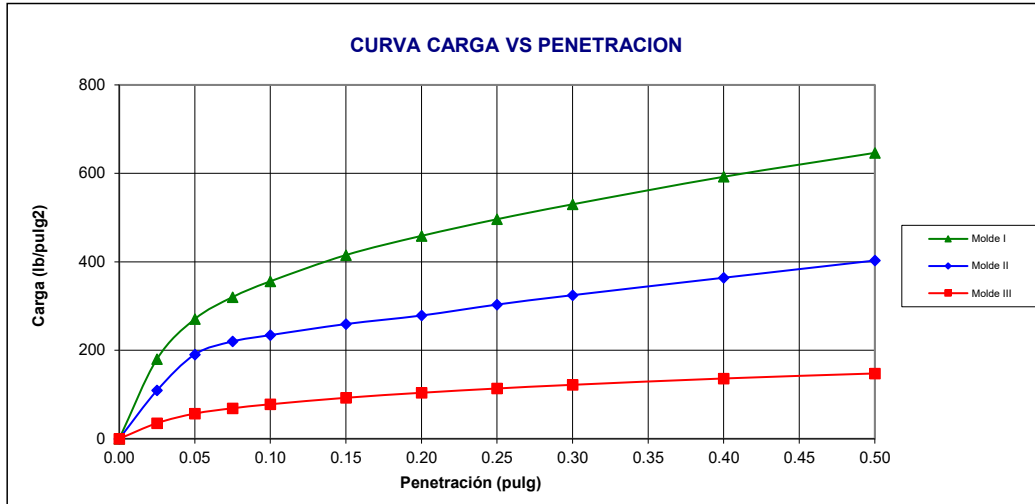
Penetración (pulg)	Presión patrón (lb/pulg ²)	Molde N° I		Molde N° II		Molde N° III	
		LECTURA	Presión	LECTURA	Presión	LECTURA	Presión
0.000		0.0	0	0.0	0	0.0	0
0.025		541.0	180	328.0	109	106.0	35
0.050		812.0	271	572.0	191	171.0	57
0.075		961.0	320	660.0	220	207.0	69
0.100	1000	1068.0	356	703.0	234	234.0	78
0.150		1246.0	415	778.0	259	278.0	93
0.200	1500	1376.0	459	836.0	279	312.0	104
0.250		1489.0	496	910.0	303	341.0	114
0.300	1900	1590.0	530	974.0	325	366.0	122
0.400	2300	1777.0	592	1092.0	364	409.0	136
0.500	2600	1939.0	646	1209.0	403	443.0	148

**MEJORA DEL INDICE DE CBR EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE ADICIONANDO ACEITE
SULFONADO Y CEMENTO PORTLAND EN NUEVO KAQUI-YAUTAN-2023**

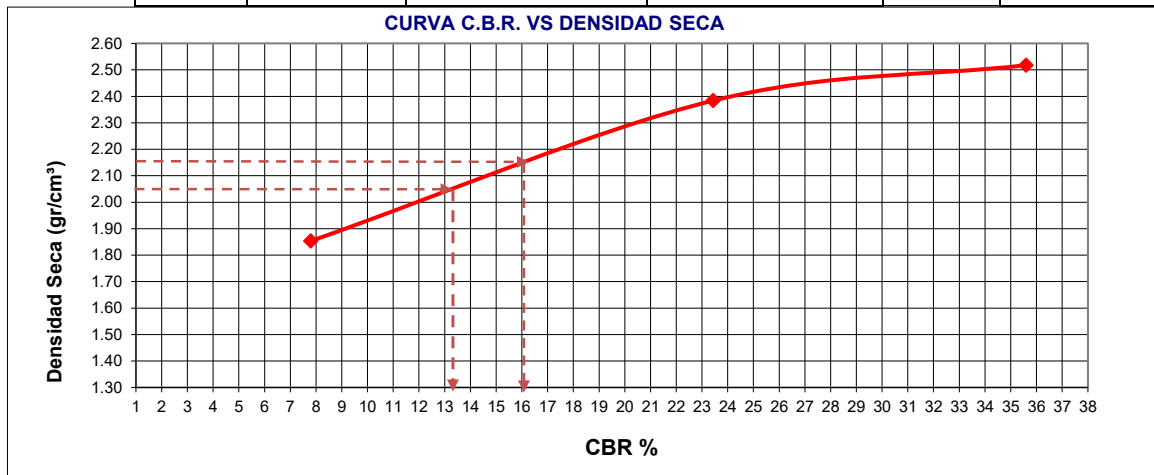
UBICACIÓN : NUEVO KAQUI - YAUTAN

FECHA : ABRIL DEL 2025

TERRENO NATURAL - C-2+ 0.5CP+0.32 L/m³ A.S



Molde	Penetración (pulg)	Presión aplicada (lb/pulg²)	Presión Patrón (lb/pulg²)	C.B.R. (%)	Expansión
I	0.1	356.0	1000	35.60	0.00%
II	0.1	234.3	1000	23.43	0.00%
III	0.1	78.0	1000	7.80	0.00%



CBR 0,1" DE PENETRACIÓN A 100% MDS :	16.01%
CBR 0,1" DE PENETRACIÓN A 95% MDS :	13.20%

**MEJORA DEL INDICE DE CBR EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE ADICIONANDO ACEITE
SULFONADO Y CEMENTO PORTLAND EN NUEVO KAQUI-YAUTAN-2023**

UBICACIÓN : NUEVO KAQUI - YAUTAN

FECHA : ABRIL DEL 2025

TERRENO NATURAL - C-3+ 0.5CP+0.32 L/m3 A.S

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

a) Ensayo preliminar de Proctor modificado

Máxima Densidad Seca (gr/cm3)	2.033
Optimo Contenido de Humedad (%)	11.20

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]	12085.00	12345.00	11074.00
2	Peso del molde [gr]	6715.00	7184.00	6723.00
3	Peso de suelo compactado [gr]	(1)-(2)	5161.00	4351.00
4	Volumen de molde [cm3]	2151.09	2127.92	2151.09
5	Densidad húmeda [gr/cm3]	(3)/(4)	2.43	2.02

CONTENIDO DE HUMEDAD Y DENSIDAD SECA

Tara N°		1	2	3
6	Peso de la tara, [gr]	43.480	46.551	47.475
7	Peso de la tara + suelo húmedo, [gr]	103.663	108.241	110.251
8	Peso de la tara + suelo seco, [gr]	96.800	100.890	102.012
9	Peso del agua, [gr]	(7)-(8)	6.863	8.239
10	Peso del suelo seco, [gr]	(8)-(6)	53.320	54.537
11	Contenido de humedad, [%]	(9)/(10)x100	12.871	15.107
12	Densidad seca de la muestra, [gr/cm3]	5/(1+(11)/100)	2.212	1.757

c) Prueba de penetración

Area del anillo = 3 pulg²

Presión (libras/pulg²) = L / 3

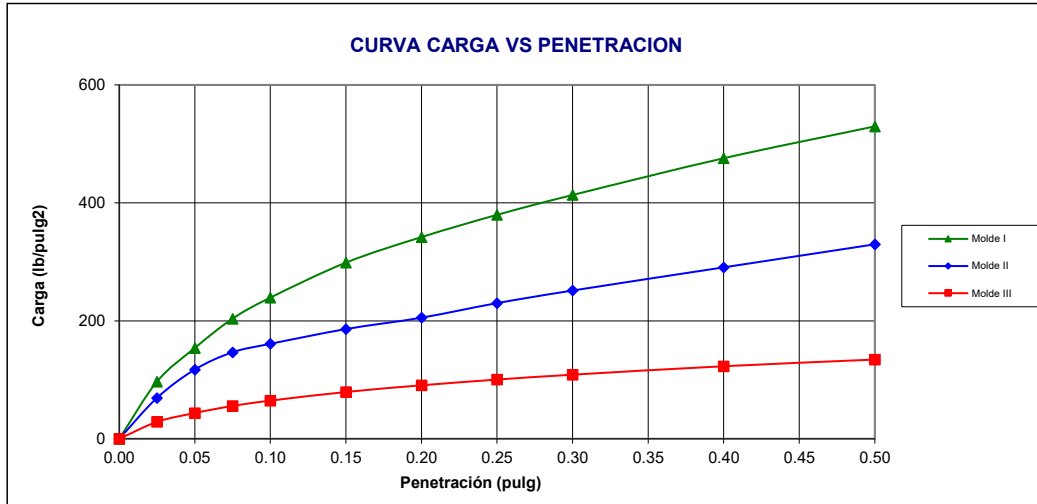
Penetración (pulg)	Presión patrón (lb/pulg ²)	Molde N° I		Molde N° II		Molde N° III	
		LECTURA	Presión	LECTURA	Presión	LECTURA	Presión
0.000		0.0	0	0.0	0	0.0	0
0.025		291.0	97	208.0	69	86.0	29
0.050		462.0	154	352.0	117	131.0	44
0.075		611.0	204	440.0	147	167.0	56
0.100	1000	718.0	239	483.0	161	194.0	65
0.150		896.0	299	558.0	186	238.0	79
0.200	1500	1026.0	342	616.0	205	272.0	91
0.250		1139.0	380	690.0	230	301.0	100
0.300	1900	1240.0	413	754.0	251	326.0	109
0.400	2300	1427.0	476	872.0	291	369.0	123
0.500	2600	1589.0	530	989.0	330	403.0	134

**MEJORA DEL INDICE DE CBR EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE ADICIONANDO ACEITE
SULFONADO Y CEMENTO PORTLAND EN NUEVO KAQUI-YAUTAN-2023**

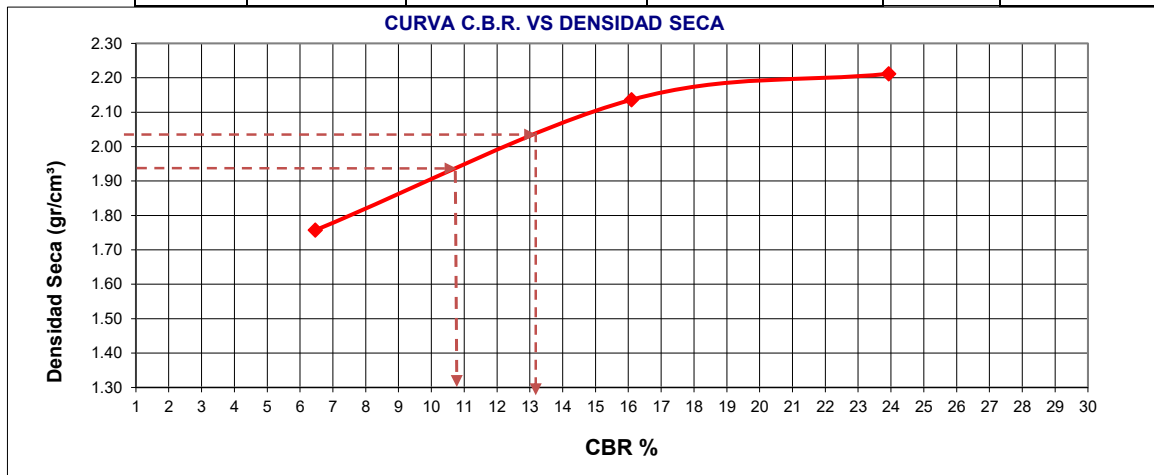
UBICACIÓN : NUEVO KAQUI - YAUTAN

FECHA : ABRIL DEL 2025

TERRENO NATURAL - C-3+ 0.5CP+0.32 L/m³ A.S



Molde	Penetración (pulg)	Presión aplicada (lb/pulg²)	Presión Patrón (lb/pulg²)	C.B.R. (%)	Expansión
I	0.1	239.3	1000	23.93	0.00%
II	0.1	161.0	1000	16.10	0.00%
III	0.1	64.7	1000	6.47	0.00%



CBR 0,1" DE PENETRACIÓN A 100% MDS :	13.10%
CBR 0,1" DE PENETRACIÓN A 95% MDS :	10.70%

**MEJORA DEL INDICE DE CBR EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE ADICIONANDO ACEITE
SULFONADO Y CEMENTO PORTLAND EN NUEVO KAQUI-YAUTAN-2023**

UBICACIÓN :NUEVO KAQUI - YAUTAN

FECHA : ABRIL DEL 2025

TERRENO NATURAL - C-4+ 0.5CP+0.32 L/m3 A.S

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

a) Ensayo preliminar de Proctor modificado

Máxima Densidad Seca (gr/cm3)	2.054
Optimo Contenido de Humedad (%)	11.25

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]	12896.60	13087.80	11475.80	
2	Peso del molde [gr]	6715.00	7184.00	6723.00	
3	Peso de suelo compactado [gr]	(1)-(2)	6181.60	5903.80	4752.80
4	Volumen de molde [cm3]		2151.09	2127.92	2151.09
5	Densidad húmeda [gr/cm3]	(3)/(4)	2.87	2.77	2.21

CONTENIDO DE HUMEDAD Y DENSIDAD SECA

Tara N°		1	2	3	
6	Peso de la tara, [gr]	43.623	44.552	48.241	
7	Peso de la tara + suelo húmedo, [gr]	145.251	146.663	149.258	
8	Peso de la tara + suelo seco, [gr]	133.142	133.450	129.360	
9	Peso del agua, [gr]	(7)-(8)	12.109	13.213	19.898
10	Peso del suelo seco, [gr]	(8)-(6)	89.519	88.898	81.119
11	Contenido de humedad, [%]	(9)/(10)x100	13.527	14.863	24.529
12	Densidad seca de la muestra, [gr/cm3]	5/(1+(11)/100	2.531	2.415	1.774

c) Prueba de penetración

Area del anillo = 3 pulg²

Presión (libras/pulg²) = L /3

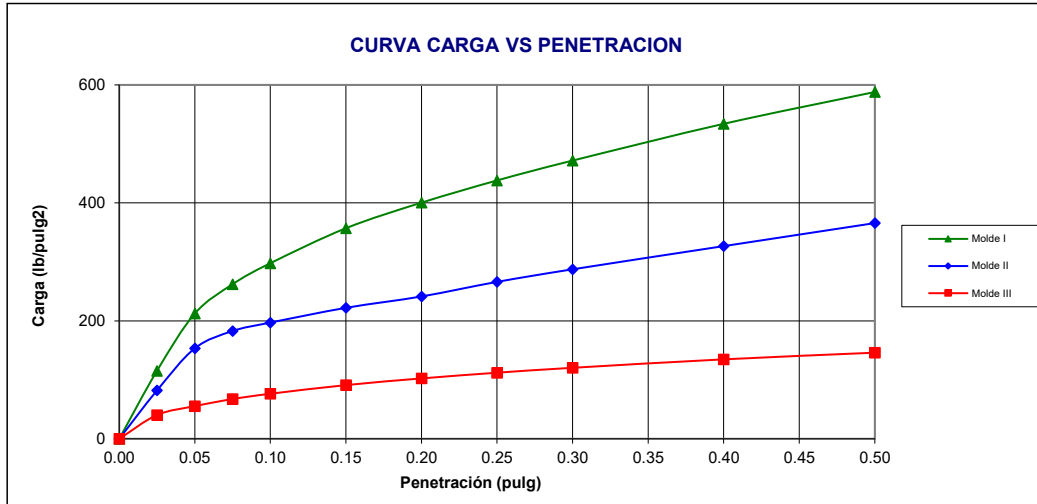
Penetración (pulg)	Presión patrón (lb/pulg ²)	Molde N° I		Molde N° II		Molde N° III	
		LECTURA	Presión	LECTURA	Presión	LECTURA	Presión
0.000		0.0	0	0.0	0	0.0	0
0.025		346.0	115	246.0	82	121.0	40
0.050		637.0	212	460.0	153	166.0	55
0.075		786.0	262	548.0	183	202.0	67
0.100	1000	893.0	298	591.0	197	229.0	76
0.150		1071.0	357	666.0	222	273.0	91
0.200	1500	1201.0	400	724.0	241	307.0	102
0.250		1314.0	438	798.0	266	336.0	112
0.300	1900	1415.0	472	862.0	287	361.0	120
0.400	2300	1602.0	534	980.0	327	404.0	135
0.500	2600	1764.0	588	1097.0	366	438.0	146

**MEJORA DEL INDICE DE CBR EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE ADICIONANDO ACEITE
SULFONADO Y CEMENTO PORTLAND EN NUEVO KAQUI-YAUTAN-2023**

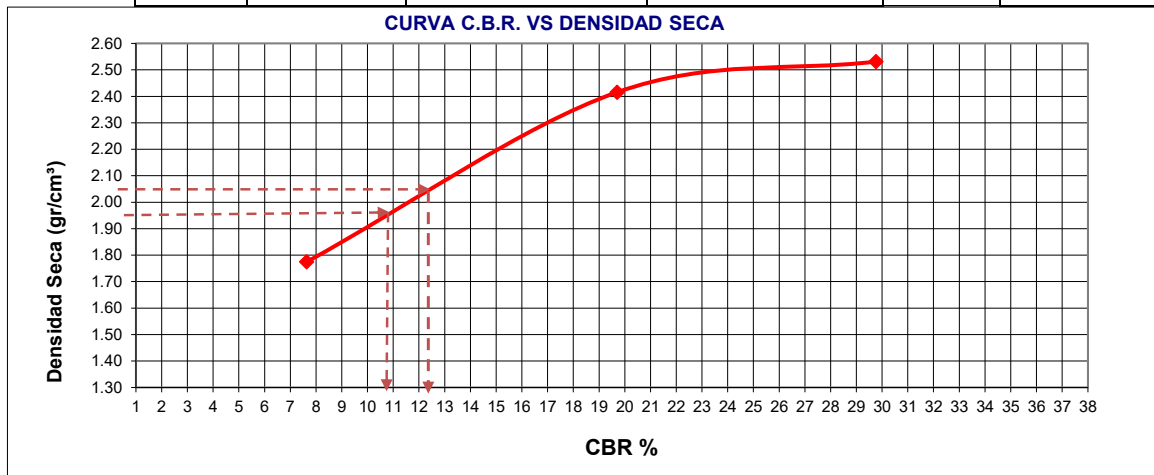
UBICACIÓN : NUEVO KAQUI - YAUTAN

FECHA : ABRIL DEL 2025

TERRENO NATURAL - C-4+ 0.5CP+0.32 L/m³ A.S



Molde	Penetración (pulg)	Presión aplicada (lb/pulg²)	Presión Patrón (lb/pulg²)	C.B.R. (%)	Expansión
I	0.1	297.7	1000	29.77	0.00%
II	0.1	197.0	1000	19.70	0.00%
III	0.1	76.3	1000	7.63	0.00%



CBR 0,1" DE PENETRACIÓN A 100% MDS :	12.25%
CBR 0,1" DE PENETRACIÓN A 95% MDS :	10.90%

**MEJORA DEL INDICE DE CBR EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE ADICIONANDO ACEITE
SULFONADO Y CEMENTO PORTLAND EN NUEVO KAQUI-YAUTAN-2023**

UBICACIÓN : NUEVO KAQUI - YAUTAN

FECHA : ABRIL DEL 2025

TERRENO NATURAL - C-5+ 0.5CP+0.32 L/m³ A.S

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

a) Ensayo preliminar de Proctor modificado

Máxima Densidad Seca (gr/cm ³)	2.073
Optimo Contenido de Humedad (%)	11.50

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]	12956.70	13147.80	11143.40
2	Peso del molde [gr]	6715.00	7184.00	6723.00
3	Peso de suelo compactado [gr]	(1)-(2)	5963.80	4420.40
4	Volumen de molde [cm ³]	2151.09	2127.92	2151.09
5	Densidad húmeda [gr/cm ³]	(3)/(4)	2.90	2.80

CONTENIDO DE HUMEDAD Y DENSIDAD SECA

Tara N°		1	2	3
6	Peso de la tara, [gr]	41.582	46.556	47.251
7	Peso de la tara + suelo húmedo, [gr]	131.550	136.485	146.225
8	Peso de la tara + suelo seco, [gr]	121.558	125.710	132.150
9	Peso del agua, [gr]	(7)-(8)	10.775	14.075
10	Peso del suelo seco, [gr]	(8)-(6)	79.976	84.899
11	Contenido de humedad, [%]	(9)/(10)x100	12.494	16.579
12	Densidad seca de la muestra, [gr/cm ³]	5/(1+(11)/100)	2.579	1.763

c) Prueba de penetración

Area del anillo = 3 pulg²

Presión (libras/pulg²) = L / 3

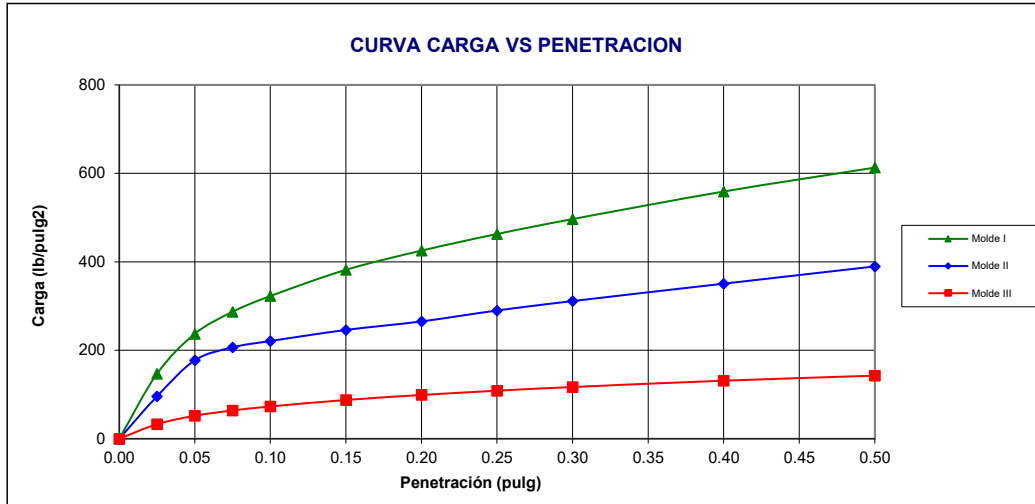
Penetración (pulg)	Presión patrón (lb/pulg ²)	Molde N° I		Molde N° II		Molde N° III	
		LECTURA	Presión	LECTURA	Presión	LECTURA	Presión
0.000		0.0	0	0.0	0	0.0	0
0.025		441.0	147	288.0	96	99.0	33
0.050		712.0	237	532.0	177	156.0	52
0.075		861.0	287	620.0	207	192.0	64
0.100	1000	968.0	323	663.0	221	219.0	73
0.150		1146.0	382	738.0	246	263.0	88
0.200	1500	1276.0	425	796.0	265	297.0	99
0.250		1389.0	463	870.0	290	326.0	109
0.300	1900	1490.0	497	934.0	311	351.0	117
0.400	2300	1677.0	559	1052.0	351	394.0	131
0.500	2600	1839.0	613	1169.0	390	428.0	143

**MEJORA DEL INDICE DE CBR EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE ADICIONANDO ACEITE
SULFONADO Y CEMENTO PORTLAND EN NUEVO KAQUI-YAUTAN-2023**

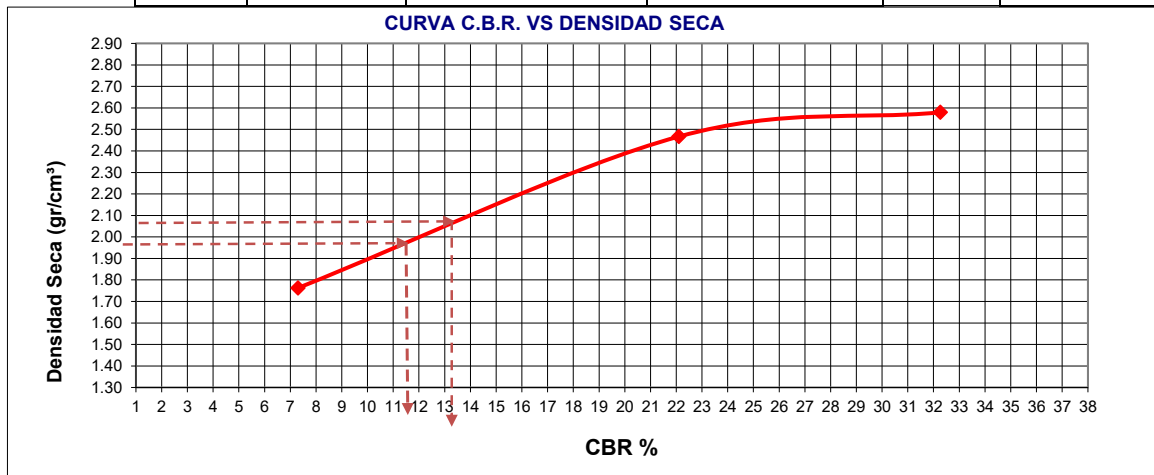
UBICACIÓN : NUEVO KAQUI - YAUTAN

FECHA : ABRIL DEL 2025

TERRENO NATURAL - C-5+ 0.5CP+0.32 L/m³ A.S



Molde	Penetración (pulg)	Presión aplicada (lb/pulg²)	Presión Patrón (lb/pulg²)	C.B.R. (%)	Expansión
I	0.1	322.7	1000	32.27	0.00%
II	0.1	221.0	1000	22.10	0.00%
III	0.1	73.0	1000	7.30	0.00%



CBR 0,1" DE PENETRACIÓN A 100% MDS :	13.20%
CBR 0,1" DE PENETRACIÓN A 95% MDS :	11.30%

**MEJORA DEL INDICE DE CBR EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE ADICIONANDO ACEITE
SULFONADO Y CEMENTO PORTLAND EN NUEVO KAQUI-YAUTAN-2023**

UBICACIÓN : NUEVO KAQUI - YAUTAN

FECHA : ABRIL DEL 2025

TERRENO NATURAL - C-1 + 2%CP+0.32 L/m³ A.S

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

a) Ensayo preliminar de Proctor modificado

Máxima Densidad Seca (gr/cm ³)	2.101
Optimo Contenido de Humedad (%)	11.70

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]	12670.30	12853.30	10995.60
2	Peso del molde [gr]	6715.00	7184.00	6723.00
3	Peso de suelo compactado [gr]	(1)-(2)	5669.30	4272.60
4	Volumen de molde [cm ³]		2127.92	2151.09
5	Densidad húmeda [gr/cm ³]	(3)/(4)	2.66	1.99

CONTENIDO DE HUMEDAD Y DENSIDAD SECA

Tara N°		1	2	3
6	Peso de la tara, [gr]	44.581	45.631	46.228
7	Peso de la tara + suelo húmedo, [gr]	124.630	131.250	134.662
8	Peso de la tara + suelo seco, [gr]	115.420	120.360	118.630
9	Peso del agua, [gr]	(7)-(8)	10.890	16.032
10	Peso del suelo seco, [gr]	(8)-(6)	74.729	72.402
11	Contenido de humedad, [%]	(9)/(10)x100	14.573	22.143
12	Densidad seca de la muestra, [gr/cm ³]	5/(1+(11)/100)	2.325	1.626

c) Prueba de penetración

Area del anillo = 3 pulg²

Presión (libras/pulg²) = L / 3

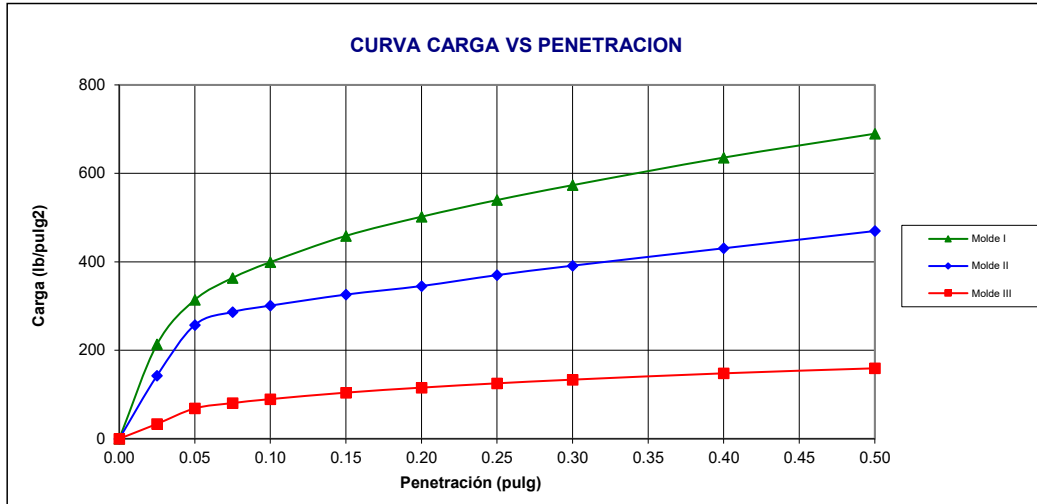
Penetración (pulg)	Presión patrón (lb/pulg ²)	Molde N° I		Molde N° II		Molde N° III	
		LECTURA	Presión	LECTURA	Presión	LECTURA	Presión
0.000		0.0	0	0.0	0	0.0	0
0.025		641.0	214	428.0	143	101.0	34
0.050		942.0	314	772.0	257	206.0	69
0.075		1091.0	364	860.0	287	242.0	81
0.100	1000	1198.0	399	903.0	301	269.0	90
0.150		1376.0	459	978.0	326	313.0	104
0.200	1500	1506.0	502	1036.0	345	347.0	116
0.250		1619.0	540	1110.0	370	376.0	125
0.300	1900	1720.0	573	1174.0	391	401.0	134
0.400	2300	1907.0	636	1292.0	431	444.0	148
0.500	2600	2069.0	690	1409.0	470	478.0	159

**MEJORA DEL INDICE DE CBR EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE ADICIONANDO ACEITE
SULFONADO Y CEMENTO PORTLAND EN NUEVO KAQUI-YAUTAN-2023**

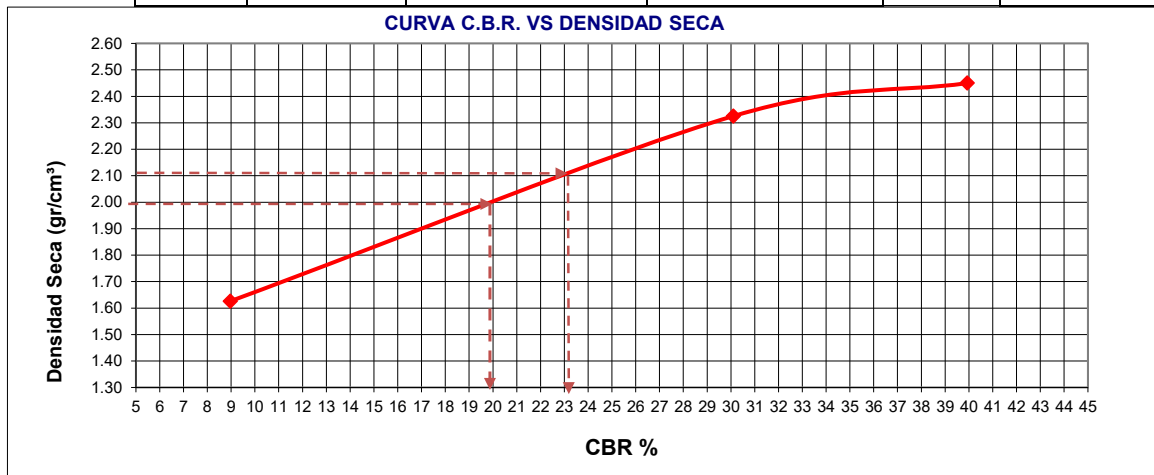
UBICACIÓN : NUEVO KAQUI - YAUTAN

FECHA : ABRIL DEL 2025

TERRENO NATURAL - C-1 + 2%CP+0.32 L/m3 A.S



Molde	Penetración (pulg)	Presión aplicada (lb/pulg²)	Presión Patrón (lb/pulg²)	C.B.R. (%)	Expansión
I	0.1	399.3	1000	39.93	0.00%
II	0.1	301.0	1000	30.10	0.00%
III	0.1	89.7	1000	8.97	0.00%



CBR 0,1" DE PENETRACIÓN A 100% MDS :	23.05%
CBR 0,1" DE PENETRACIÓN A 95% MDS :	19.80%

**MEJORA DEL INDICE DE CBR EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE ADICIONANDO ACEITE
SULFONADO Y CEMENTO PORTLAND EN NUEVO KAQUI-YAUTAN-2023**

UBICACIÓN : NUEVO KAQUI - YAUTAN

FECHA : ABRIL DEL 2025

TERRENO NATURAL - C-1 + 2%CP+0.32 L/m³ A.S

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

a) Ensayo preliminar de Proctor modificado

Máxima Densidad Seca (gr/cm ³)	2.173
Optimo Contenido de Humedad (%)	10.90

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]	12978.10	13123.20	11089.20
2	Peso del molde [gr]	6715.00	7184.00	6723.00
3	Peso de suelo compactado [gr]	(1)-(2)	5939.20	4366.20
4	Volumen de molde [cm ³]	2151.09	2127.92	2151.09
5	Densidad húmeda [gr/cm ³]	(3)/(4)	2.79	2.03

CONTENIDO DE HUMEDAD Y DENSIDAD SECA

Tara N°		1	2	3
6	Peso de la tara, [gr]	42.646	37.450	41.840
7	Peso de la tara + suelo húmedo, [gr]	108.630	110.580	120.440
8	Peso de la tara + suelo seco, [gr]	101.600	102.230	104.530
9	Peso del agua, [gr]	(7)-(8)	8.350	15.910
10	Peso del suelo seco, [gr]	(8)-(6)	64.780	62.690
11	Contenido de humedad, [%]	(9)/(10)x100	12.890	25.379
12	Densidad seca de la muestra, [gr/cm ³]	5/(1+(11)/100)	2.472	1.619

c) Prueba de penetración

Area del anillo = 3 pulg²

Presión (libras/pulg²) = L / 3

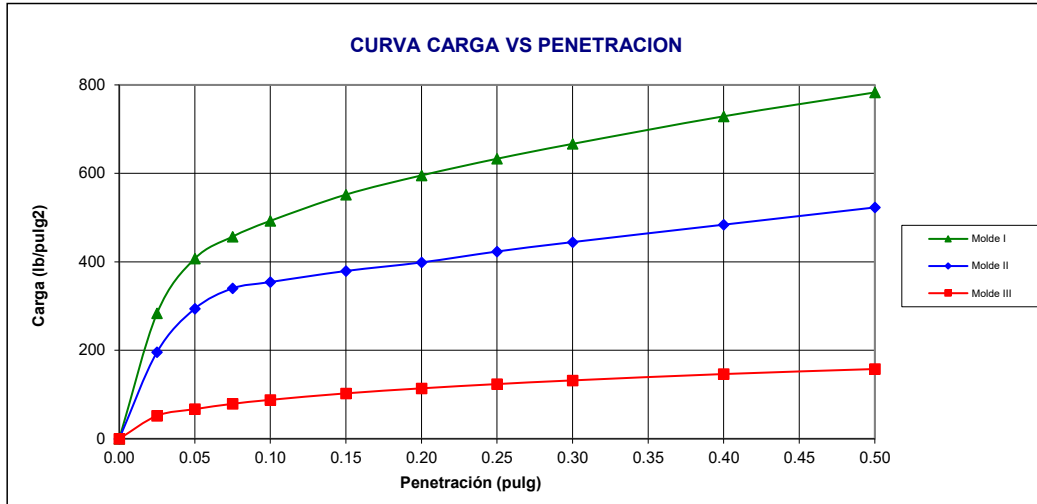
Penetración (pulg)	Presión patrón (lb/pulg ²)	Molde N° I		Molde N° II		Molde N° III	
		LECTURA	Presión	LECTURA	Presión	LECTURA	Presión
0.000		0.0	0	0.0	0	0.0	0
0.025		851.0	284	588.0	196	156.0	52
0.050		1222.0	407	882.0	294	201.0	67
0.075		1371.0	457	1020.0	340	237.0	79
0.100	1000	1478.0	493	1063.0	354	264.0	88
0.150		1656.0	552	1138.0	379	308.0	103
0.200	1500	1786.0	595	1196.0	399	342.0	114
0.250		1899.0	633	1270.0	423	371.0	124
0.300	1900	2000.0	667	1334.0	445	396.0	132
0.400	2300	2187.0	729	1452.0	484	439.0	146
0.500	2600	2349.0	783	1569.0	523	473.0	158

**MEJORA DEL INDICE DE CBR EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE ADICIONANDO ACEITE
SULFONADO Y CEMENTO PORTLAND EN NUEVO KAQUI-YAUTAN-2023**

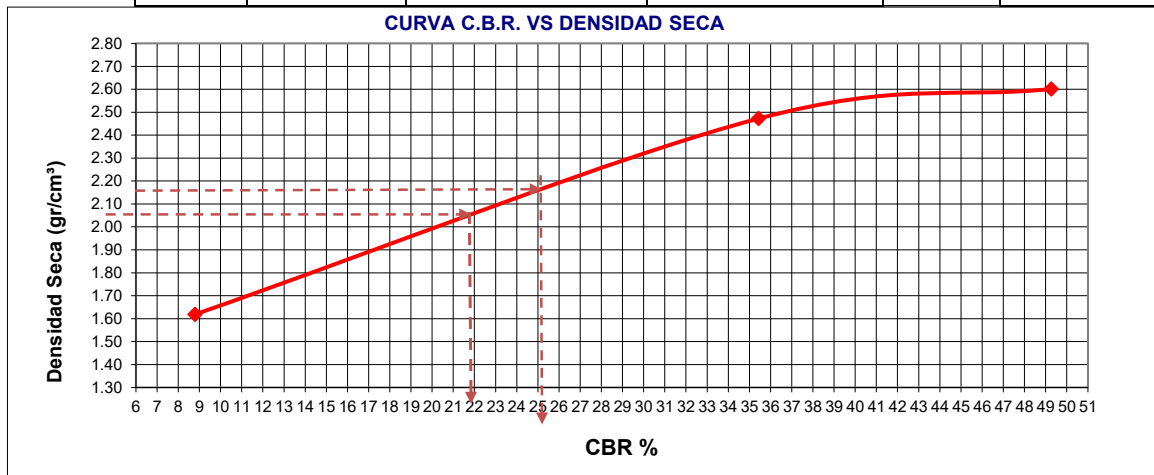
UBICACIÓN : NUEVO KAQUI - YAUTAN

FECHA : ABRIL DEL 2025

TERRENO NATURAL - C-1 + 2%CP+0.32 L/m3 A.S



Molde	Penetración (pulg)	Presión aplicada (lb/pulg²)	Presión Patrón (lb/pulg²)	C.B.R. (%)	Expansión
I	0.1	492.7	1000	49.27	0.00%
II	0.1	354.3	1000	35.43	0.00%
III	0.1	88.0	1000	8.80	0.00%



CBR 0,1" DE PENETRACIÓN A 100% MDS :	25.00%
CBR 0,1" DE PENETRACIÓN A 95% MDS :	21.70%

**MEJORA DEL INDICE DE CBR EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE ADICIONANDO ACEITE
SULFONADO Y CEMENTO PORTLAND EN NUEVO KAQUI-YAUTAN-2023**

UBICACIÓN : NUEVO KAQUI - YAUTAN

FECHA : ABRIL DEL 2025

TERRENO NATURAL - C-1 + 2%CP+0.32 L/m³ A.S

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

a) Ensayo preliminar de Proctor modificado

Máxima Densidad Seca (gr/cm ³)	2.046
Optimo Contenido de Humedad (%)	11.40

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]	12113.20	12334.30	10988.20
2	Peso del molde [gr]	6715.00	7184.00	6723.00
3	Peso de suelo compactado [gr]	(1)-(2)	5398.20	5150.30
4	Volumen de molde [cm ³]		2151.09	2127.92
5	Densidad húmeda [gr/cm ³]	(3)/(4)	2.51	2.42

CONTENIDO DE HUMEDAD Y DENSIDAD SECA

Tara N°		1	2	3
6	Peso de la tara, [gr]	44.740	41.639	45.682
7	Peso de la tara + suelo húmedo, [gr]	146.680	151.225	136.850
8	Peso de la tara + suelo seco, [gr]	133.860	136.210	123.350
9	Peso del agua, [gr]	(7)-(8)	15.015	13.500
10	Peso del suelo seco, [gr]	(8)-(6)	89.120	77.668
11	Contenido de humedad, [%]	(9)/(10)x100	14.385	17.382
12	Densidad seca de la muestra, [gr/cm ³]	5/(1+(11)/100)	2.194	2.089

c) Prueba de penetración

Area del anillo = 3 pulg²

Presión (libras/pulg²) = L / 3

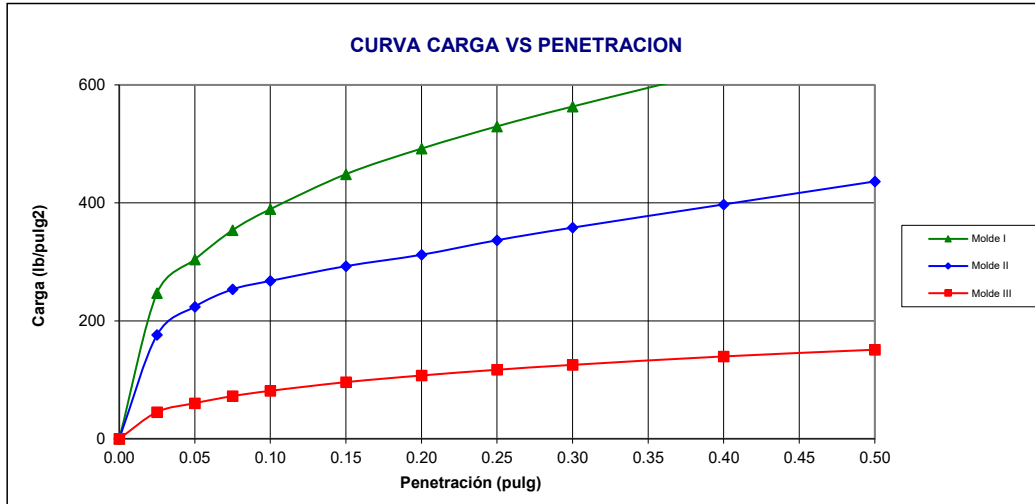
Penetración (pulg)	Presión patrón (lb/pulg ²)	Molde N° I		Molde N° II		Molde N° III	
		LECTURA	Presión	LECTURA	Presión	LECTURA	Presión
0.000		0.0	0	0.0	0	0.0	0
0.025		741.0	247	528.0	176	136.0	45
0.050		912.0	304	672.0	224	181.0	60
0.075		1061.0	354	760.0	253	217.0	72
0.100	1000	1168.0	389	803.0	268	244.0	81
0.150		1346.0	449	878.0	293	288.0	96
0.200	1500	1476.0	492	936.0	312	322.0	107
0.250		1589.0	530	1010.0	337	351.0	117
0.300	1900	1690.0	563	1074.0	358	376.0	125
0.400	2300	1877.0	626	1192.0	397	419.0	140
0.500	2600	2039.0	680	1309.0	436	453.0	151

**MEJORA DEL INDICE DE CBR EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE ADICIONANDO ACEITE
SULFONADO Y CEMENTO PORTLAND EN NUEVO KAQUI-YAUTAN-2023**

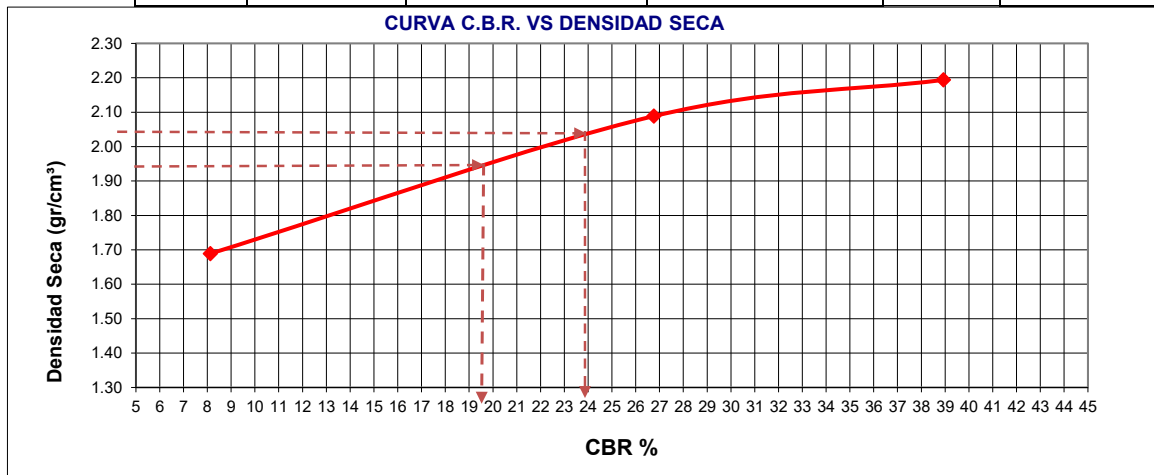
UBICACIÓN : NUEVO KAQUI - YAUTAN

FECHA : ABRIL DEL 2025

TERRENO NATURAL - C-1 + 2%CP+0.32 L/m3 A.S



Molde	Penetración (pulg)	Presión aplicada (lb/pulg²)	Presión Patrón (lb/pulg²)	C.B.R. (%)	Expansión
I	0.1	389.3	1000	38.93	0.00%
II	0.1	267.7	1000	26.77	0.00%
III	0.1	81.3	1000	8.13	0.00%



CBR 0,1" DE PENETRACIÓN A 100% MDS :	23.80%
CBR 0,1" DE PENETRACIÓN A 95% MDS :	19.30%

**MEJORA DEL INDICE DE CBR EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE ADICIONANDO ACEITE
SULFONADO Y CEMENTO PORTLAND EN NUEVO KAQUI-YAUTAN-2023**

UBICACIÓN : NUEVO KAQUI - YAUTAN

FECHA : ABRIL DEL 2025

TERRENO NATURAL - C-1 + 2%CP+0.32 L/m³ A.S

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

a) Ensayo preliminar de Proctor modificado

Máxima Densidad Seca (gr/cm ³)	2.064
Optimo Contenido de Humedad (%)	11.50

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]	12905.60	13010.25	11055.60
2	Peso del molde [gr]	6715.00	7184.00	6723.00
3	Peso de suelo compactado [gr]	(1)-(2)	5826.25	4332.60
4	Volumen de molde [cm ³]	2151.09	2127.92	2151.09
5	Densidad húmeda [gr/cm ³]	(3)/(4)	2.74	2.01

CONTENIDO DE HUMEDAD Y DENSIDAD SECA

Tara N°		1	2	3
6	Peso de la tara, [gr]	43.440	38.740	41.110
7	Peso de la tara + suelo húmedo, [gr]	110.550	111.420	119.630
8	Peso de la tara + suelo seco, [gr]	102.030	101.880	105.100
9	Peso del agua, [gr]	(7)-(8)	9.540	14.530
10	Peso del suelo seco, [gr]	(8)-(6)	58.590	63.990
11	Contenido de humedad, [%]	(9)/(10)x100	14.542	22.707
12	Densidad seca de la muestra, [gr/cm ³]	5/(1+(11)/100)	2.513	1.641

c) Prueba de penetración

Area del anillo = 3 pulg²

Presión (libras/pulg²) = L / 3

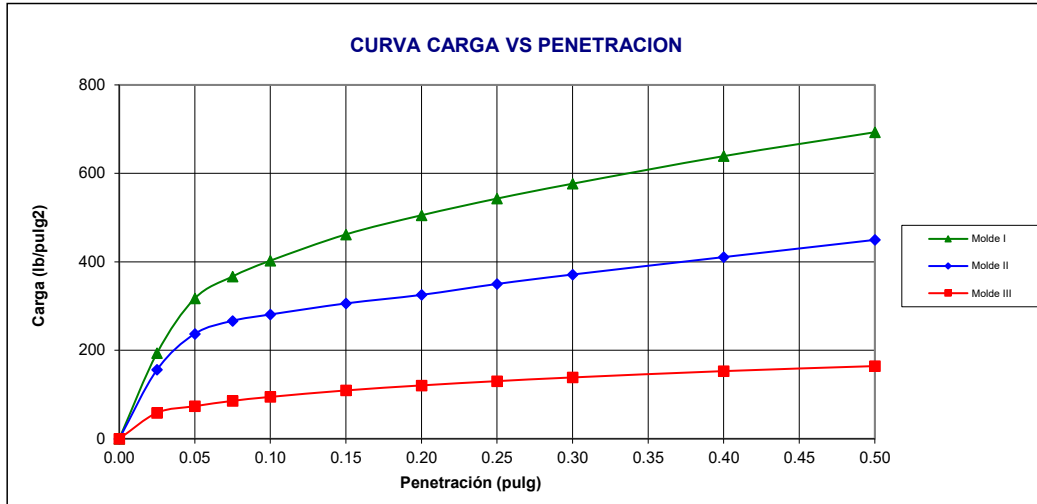
Penetración (pulg)	Presión patrón (lb/pulg ²)	Molde N° I		Molde N° II		Molde N° III	
		LECTURA	Presión	LECTURA	Presión	LECTURA	Presión
0.000		0.0	0	0.0	0	0.0	0
0.025		581.0	194	468.0	156	176.0	59
0.050		952.0	317	712.0	237	221.0	74
0.075		1101.0	367	800.0	267	257.0	86
0.100	1000	1208.0	403	843.0	281	284.0	95
0.150		1386.0	462	918.0	306	328.0	109
0.200	1500	1516.0	505	976.0	325	362.0	121
0.250		1629.0	543	1050.0	350	391.0	130
0.300	1900	1730.0	577	1114.0	371	416.0	139
0.400	2300	1917.0	639	1232.0	411	459.0	153
0.500	2600	2079.0	693	1349.0	450	493.0	164

**MEJORA DEL INDICE DE CBR EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE ADICIONANDO ACEITE
SULFONADO Y CEMENTO PORTLAND EN NUEVO KAQUI-YAUTAN-2023**

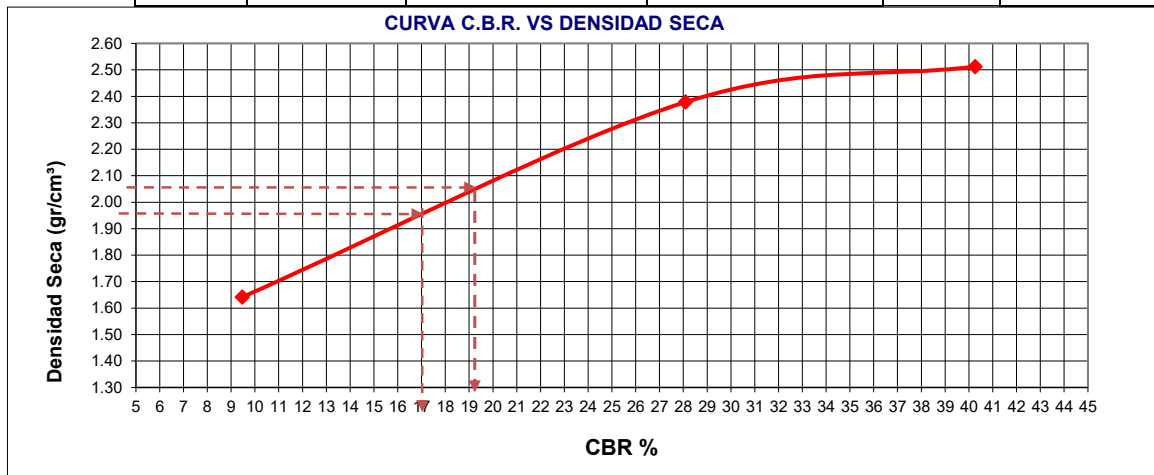
UBICACIÓN : NUEVO KAQUI - YAUTAN

FECHA : ABRIL DEL 2025

TERRENO NATURAL - C-1 + 2%CP+0.32 L/m3 A.S



Molde	Penetración (pulg)	Presión aplicada (lb/pulg²)	Presión Patrón (lb/pulg²)	C.B.R. (%)	Expansión
I	0.1	402.7	1000	40.27	2.47%
II	0.1	281.0	1000	28.10	3.33%
III	0.1	94.7	1000	9.47	4.63%



CBR 0,1" DE PENETRACIÓN A 100% MDS :	19.20%
CBR 0,1" DE PENETRACIÓN A 95% MDS :	16.95%

**MEJORA DEL INDICE DE CBR EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE ADICIONANDO ACEITE
SULFONADO Y CEMENTO PORTLAND EN NUEVO KAQUI-YAUTAN-2023**

UBICACIÓN : NUEVO KAQUI - YAUTAN

FECHA : ABRIL DEL 2025

TERRENO NATURAL - C-1 + 2%CP+0.32 L/m³ A.S

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

a) Ensayo preliminar de Proctor modificado

Máxima Densidad Seca (gr/cm ³)	2.088
Optimo Contenido de Humedad (%)	11.30

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]	12977.60	13155.90	11052.28
2	Peso del molde [gr]	6715.00	7184.00	6723.00
3	Peso de suelo compactado [gr]	(1)-(2)	5971.90	4329.28
4	Volumen de molde [cm ³]	2151.09	2127.92	2151.09
5	Densidad húmeda [gr/cm ³]	(3)/(4)	2.91	2.01

CONTENIDO DE HUMEDAD Y DENSIDAD SECA

Tara N°		1	2	3
6	Peso de la tara, [gr]	43.050	44.148	46.558
7	Peso de la tara + suelo húmedo, [gr]	143.250	144.285	146.220
8	Peso de la tara + suelo seco, [gr]	131.860	132.220	132.055
9	Peso del agua, [gr]	(7)-(8)	12.065	14.165
10	Peso del suelo seco, [gr]	(8)-(6)	88.810	85.497
11	Contenido de humedad, [%]	(9)/(10)x100	12.825	16.568
12	Densidad seca de la muestra, [gr/cm ³]	5/(1+(11)/100)	2.580	1.727

c) Prueba de penetración

Area del anillo = 3 pulg²

Presión (libras/pulg²) = L / 3

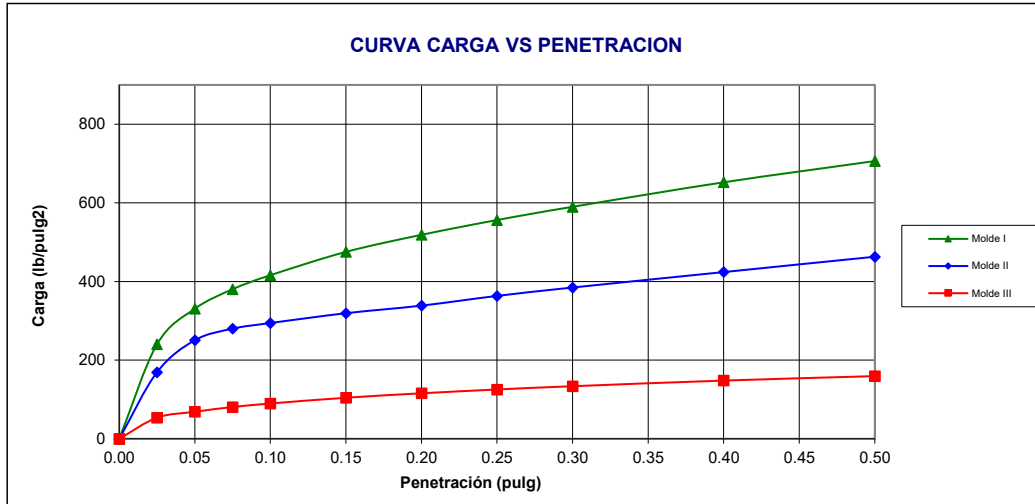
Penetración (pulg)	Presión patrón (lb/pulg ²)	Molde N° I		Molde N° II		Molde N° III	
		LECTURA	Presión	LECTURA	Presión	LECTURA	Presión
0.000		0.0	0	0.0	0	0.0	0
0.025		721.0	240	508.0	169	161.0	54
0.050		992.0	331	752.0	251	206.0	69
0.075		1141.0	380	840.0	280	242.0	81
0.100	1000	1248.0	416	883.0	294	269.0	90
0.150		1426.0	475	958.0	319	313.0	104
0.200	1500	1556.0	519	1016.0	339	347.0	116
0.250		1669.0	556	1090.0	363	376.0	125
0.300	1900	1770.0	590	1154.0	385	401.0	134
0.400	2300	1957.0	652	1272.0	424	444.0	148
0.500	2600	2119.0	706	1389.0	463	478.0	159

**MEJORA DEL INDICE DE CBR EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE ADICIONANDO ACEITE
SULFONADO Y CEMENTO PORTLAND EN NUEVO KAQUI-YAUTAN-2023**

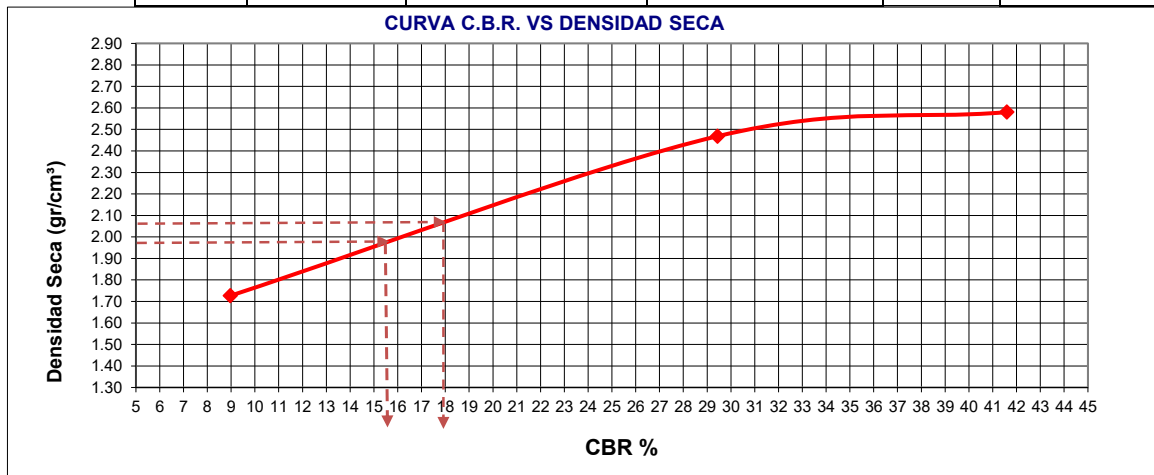
UBICACIÓN : NUEVO KAQUI - YAUTAN

FECHA : ABRIL DEL 2025

TERRENO NATURAL - C-1 + 2%CP+0.32 L/m3 A.S



Molde	Penetración (pulg)	Presión aplicada (lb/pulg²)	Presión Patrón (lb/pulg²)	C.B.R. (%)	Expansión
I	0.1	416.0	1000	41.60	0.00%
II	0.1	294.3	1000	29.43	0.00%
III	0.1	89.7	1000	8.97	0.00%



CBR 0,1" DE PENETRACIÓN A 100% MDS :	17.85%
CBR 0,1" DE PENETRACIÓN A 95% MDS :	15.60%

**MEJORA DEL INDICE DE CBR EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE ADICIONANDO ACEITE
SULFONADO Y CEMENTO PORTLAND EN NUEVO KAKUI-YAUTAN-2023**

UBICACIÓN : NUEVO KAKUI - YAUTAN

FECHA : ABRIL DEL 2025

TERRENO NATURAL - C-1 +3.5% CP+0.32 L/m³ A.S.

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

a) Ensayo preliminar de Proctor modificado

Máxima Densidad Seca (gr/cm ³)	2.113
Optimo 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]	12702.20	12877.60	11052.30
2	Peso del molde [gr]	6715.00	7184.00	6723.00
3	Peso de suelo compactado [gr]	(1)-(2)	5987.20	5693.60
4	Volumen de molde [cm ³]		2151.09	2127.92
5	Densidad húmeda [gr/cm ³]	(3)/(4)	2.78	2.68

CONTENIDO DE HUMEDAD Y DENSIDAD SECA

Tara N°		1	2	3
6	Peso de la tara, [gr]	42.610	43.552	41.882
7	Peso de la tara + suelo húmedo, [gr]	134.361	135.362	138.661
8	Peso de la tara + suelo seco, [gr]	124.120	123.420	122.850
9	Peso del agua, [gr]	(7)-(8)	10.241	11.942
10	Peso del suelo seco, [gr]	(8)-(6)	81.510	79.868
11	Contenido de humedad, [%]	(9)/(10)x100	12.564	14.952
12	Densidad seca de la muestra, [gr/cm ³]	5/(1+(11)/100)	2.473	2.328

c) Prueba de penetración

Area del anillo = 3 pulg²

Presión (libras/pulg²) = L / 3

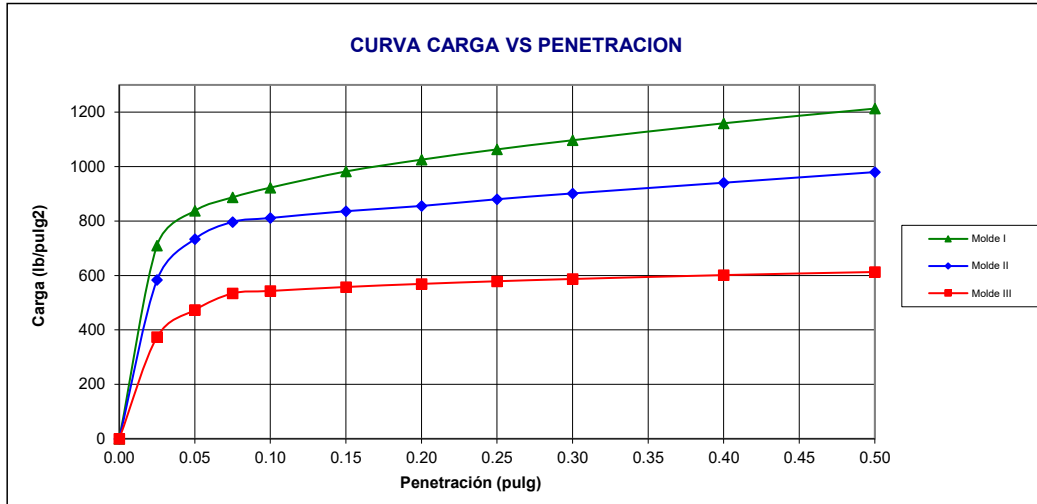
Penetración (pulg)	Presión patrón (lb/pulg ²)	Molde N° I		Molde N° II		Molde N° III	
		LECTURA	Presión	LECTURA	Presión	LECTURA	Presión
0.000		0.0	0	0.0	0	0.0	0
0.025		2130.0	710	1750.0	583	1121.0	374
0.050		2512.0	837	2202.0	734	1420.0	473
0.075		2661.0	887	2390.0	797	1602.0	534
0.100	1000	2768.0	923	2433.0	811	1629.0	543
0.150		2946.0	982	2508.0	836	1673.0	558
0.200	1500	3076.0	1025	2566.0	855	1707.0	569
0.250		3189.0	1063	2640.0	880	1736.0	579
0.300	1900	3290.0	1097	2704.0	901	1761.0	587
0.400	2300	3477.0	1159	2822.0	941	1804.0	601
0.500	2600	3639.0	1213	2939.0	980	1838.0	613

**MEJORA DEL INDICE DE CBR EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE ADICIONANDO ACEITE
SULFONADO Y CEMENTO PORTLAND EN NUEVO KAQUI-YAUTAN-2023**

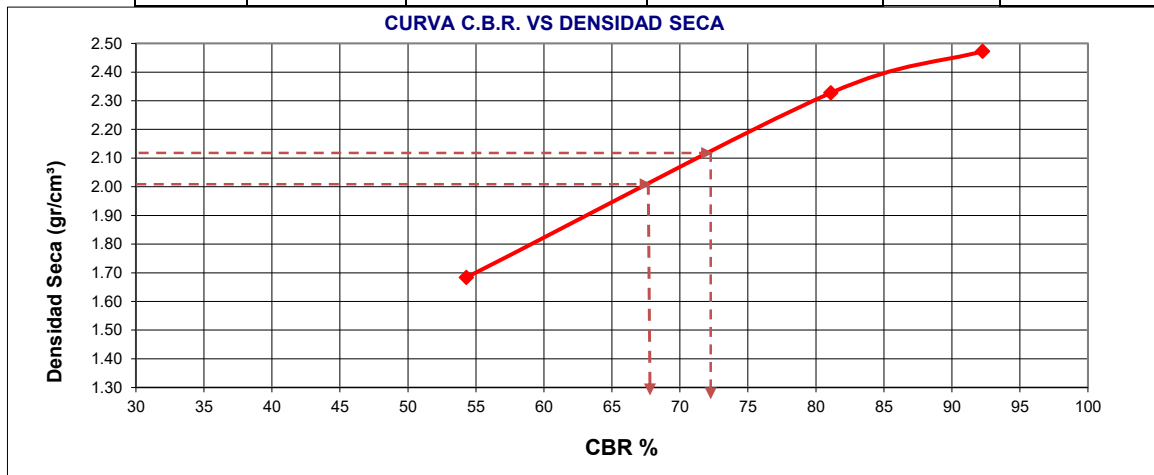
UBICACIÓN : NUEVO KAQUI - YAUTAN

FECHA : ABRIL DEL 2025

TERRENO NATURAL - C-1 +3.5% CP+0.32 L/m³ A.S.



Molde	Penetración (pulg)	Presión aplicada (lb/pulg²)	Presión Patrón (lb/pulg²)	C.B.R. (%)	Expansión
I	0.1	922.7	1000	92.27	0.00%
II	0.1	811.0	1000	81.10	0.00%
III	0.1	543.0	1000	54.30	0.00%



CBR 0,1" DE PENETRACIÓN A 100% MDS :	72.00%
CBR 0,1" DE PENETRACIÓN A 95% MDS :	67.50%

**MEJORA DEL INDICE DE CBR EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE ADICIONANDO ACEITE
SULFONADO Y CEMENTO PORTLAND EN NUEVO KAQUI-YAUTAN-2023**

UBICACIÓN : NUEVO KAQUI - YAUTAN

FECHA : ABRIL DEL 2025

TERRENO NATURAL - C-2+3.5% CP+0.32 L/m³ A.S.

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

a) Ensayo preliminar de Proctor modificado

Máxima Densidad Seca (gr/cm ³)	2.185
Optimo Contenido de Humedad (%)	11.10

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]	12908.60	13112.00	10984.20
2	Peso del molde [gr]	6715.00	7184.00	6723.00
3	Peso de suelo compactado [gr]	(1)-(2)	5928.00	4261.20
4	Volumen de molde [cm ³]	2151.09	2127.92	2151.09
5	Densidad húmeda [gr/cm ³]	(3)/(4)	2.88	1.98

CONTENIDO DE HUMEDAD Y DENSIDAD SECA

Tara N°		1	2	3
6	Peso de la tara, [gr]	43.556	42.850	41.630
7	Peso de la tara + suelo húmedo, [gr]	135.520	138.281	136.740
8	Peso de la tara + suelo seco, [gr]	124.623	126.074	123.350
9	Peso del agua, [gr]	(7)-(8)	12.207	13.390
10	Peso del suelo seco, [gr]	(8)-(6)	83.224	81.720
11	Contenido de humedad, [%]	(9)/(10)x100	14.668	16.385
12	Densidad seca de la muestra, [gr/cm ³]	5/(1+(11)/100)	2.429	1.702

c) Prueba de penetración

Area del anillo = 3 pulg²

Presión (libras/pulg²) = L / 3

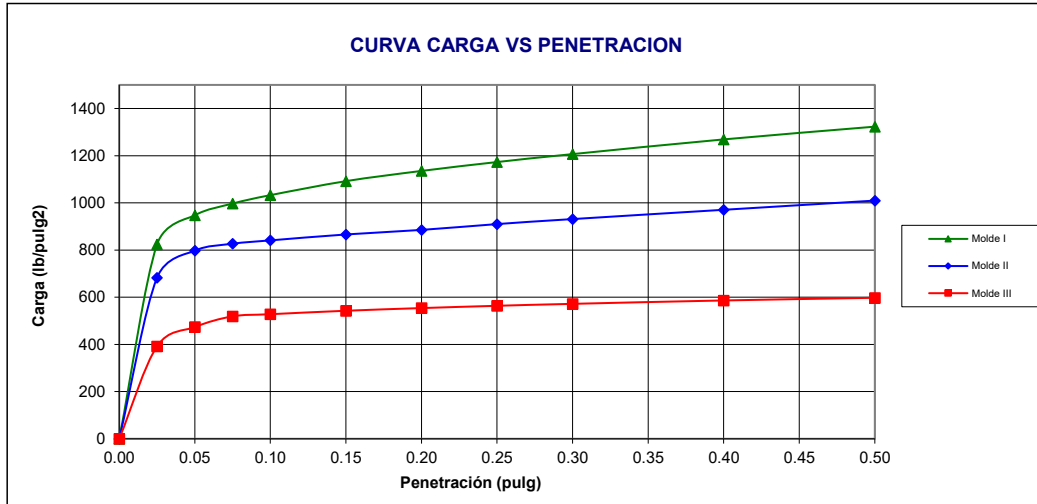
Penetración (pulg)	Presión patrón (lb/pulg ²)	Molde N° I		Molde N° II		Molde N° III	
		LECTURA	Presión	LECTURA	Presión	LECTURA	Presión
0.000		0.0	0	0.0	0	0.0	0
0.025		2471.0	824	2048.0	683	1176.0	392
0.050		2842.0	947	2392.0	797	1421.0	474
0.075		2991.0	997	2480.0	827	1557.0	519
0.100	1000	3098.0	1033	2523.0	841	1584.0	528
0.150		3276.0	1092	2598.0	866	1628.0	543
0.200	1500	3406.0	1135	2656.0	885	1662.0	554
0.250		3519.0	1173	2730.0	910	1691.0	564
0.300	1900	3620.0	1207	2794.0	931	1716.0	572
0.400	2300	3807.0	1269	2912.0	971	1759.0	586
0.500	2600	3969.0	1323	3029.0	1010	1793.0	598

**MEJORA DEL INDICE DE CBR EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE ADICIONANDO ACEITE
SULFONADO Y CEMENTO PORTLAND EN NUEVO KAQUI-YAUTAN-2023**

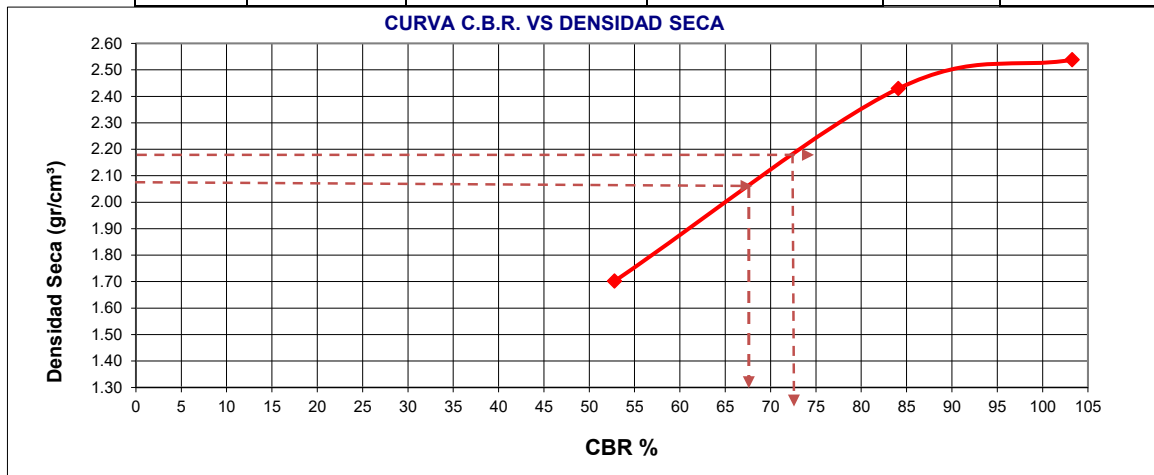
UBICACIÓN : NUEVO KAQUI - YAUTAN

FECHA : ABRIL DEL 2025

TERRENO NATURAL - C-2+3.5% CP+0.32 L/m³ A.S.



Molde	Penetración (pulg)	Presión aplicada (lb/pulg²)	Presión Patrón (lb/pulg²)	C.B.R. (%)	Expansión
I	0.1	1032.7	1000	103.27	0.00%
II	0.1	841.0	1000	84.10	0.00%
III	0.1	528.0	1000	52.80	0.00%



CBR 0,1" DE PENETRACIÓN A 100% MDS :	72.00%
CBR 0,1" DE PENETRACIÓN A 95% MDS :	67.50%

**MEJORA DEL INDICE DE CBR EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE ADICIONANDO ACEITE
SULFONADO Y CEMENTO PORTLAND EN NUEVO KAQUI-YAUTAN-2023**

UBICACIÓN : NUEVO KAQUI - YAUTAN

FECHA : ABRIL DEL 2025

TERRENO NATURAL - C-3+3.5% CP+0.32 L/m3 A.S.

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

a) Ensayo preliminar de Proctor modificado

Máxima Densidad Seca (gr/cm3)	2.058
Optimo Contenido de Humedad (%)	11.70

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]	12231.20	12488.40	10947.25
2	Peso del molde [gr]	6715.00	7184.00	6723.00
3	Peso de suelo compactado [gr]	(1)-(2)	5304.40	4224.25
4	Volumen de molde [cm3]	2151.09	2127.92	2151.09
5	Densidad húmeda [gr/cm3]	(3)/(4)	2.56	2.49

CONTENIDO DE HUMEDAD Y DENSIDAD SECA

Tara N°		1	2	3
6	Peso de la tara, [gr]	43.651	41.840	42.250
7	Peso de la tara + suelo húmedo, [gr]	136.620	138.520	134.250
8	Peso de la tara + suelo seco, [gr]	126.220	126.110	120.150
9	Peso del agua, [gr]	(7)-(8)	12.410	14.100
10	Peso del suelo seco, [gr]	(8)-(6)	82.569	77.900
11	Contenido de humedad, [%]	(9)/(10)x100	12.596	18.100
12	Densidad seca de la muestra, [gr/cm3]	5/(1+(11)/100)	2.278	2.173

c) Prueba de penetración

Area del anillo = 3 pulg²

Presión (libras/pulg²) = L / 3

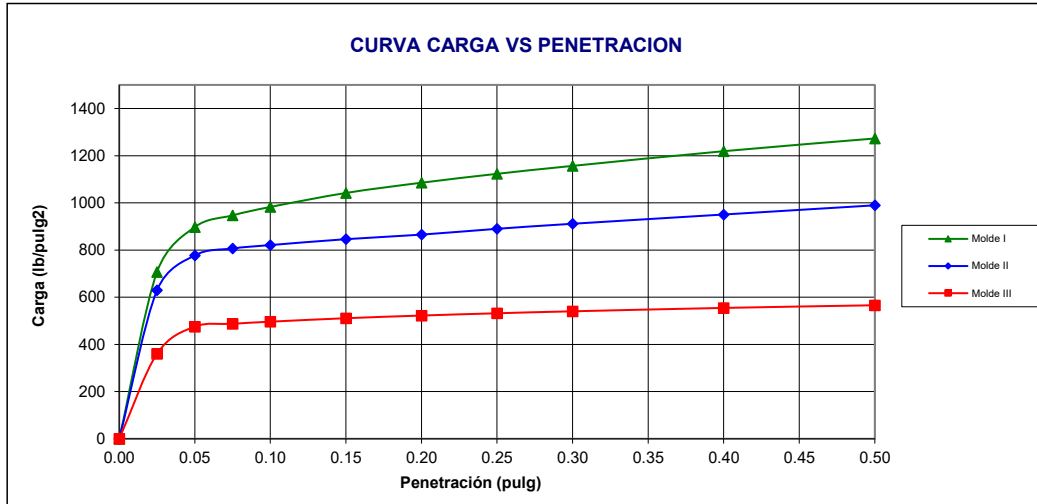
Penetración (pulg)	Presión patrón (lb/pulg ²)	Molde N° I		Molde N° II		Molde N° III	
		LECTURA	Presión	LECTURA	Presión	LECTURA	Presión
0.000		0.0	0	0.0	0	0.0	0
0.025		2121.0	707	1888.0	629	1081.0	360
0.050		2692.0	897	2332.0	777	1426.0	475
0.075		2841.0	947	2420.0	807	1462.0	487
0.100	1000	2948.0	983	2463.0	821	1489.0	496
0.150		3126.0	1042	2538.0	846	1533.0	511
0.200	1500	3256.0	1085	2596.0	865	1567.0	522
0.250		3369.0	1123	2670.0	890	1596.0	532
0.300	1900	3470.0	1157	2734.0	911	1621.0	540
0.400	2300	3657.0	1219	2852.0	951	1664.0	555
0.500	2600	3819.0	1273	2969.0	990	1698.0	566

**MEJORA DEL INDICE DE CBR EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE ADICIONANDO ACEITE
SULFONADO Y CEMENTO PORTLAND EN NUEVO KAQUI-YAUTAN-2023**

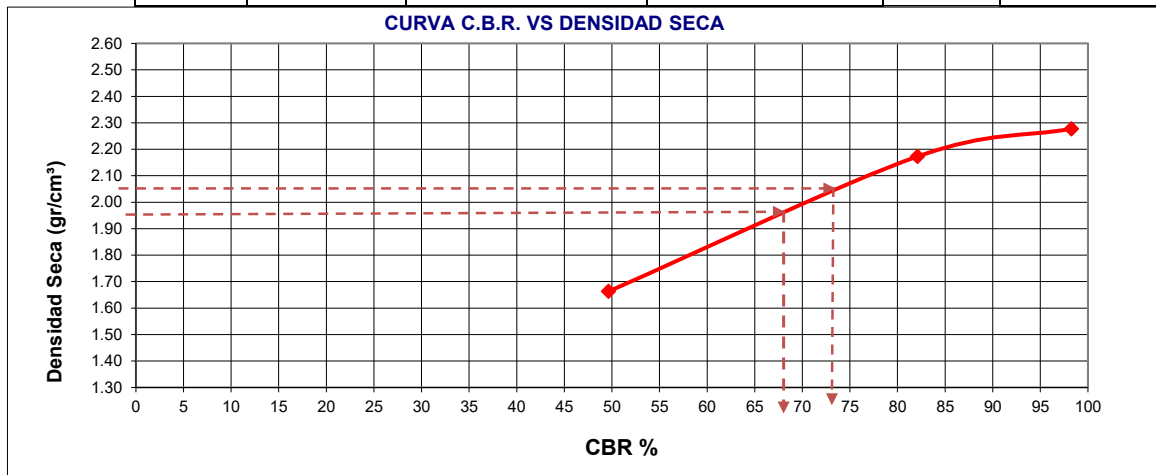
UBICACIÓN : NUEVO KAQUI - YAUTAN

FECHA : ABRIL DEL 2025

TERRENO NATURAL - C-3+3.5% CP+0.32 L/m3 A.S.



Molde	Penetración (pulg)	Presión aplicada (lb/pulg²)	Presión Patrón (lb/pulg²)	C.B.R. (%)	Expansión
I	0.1	982.7	1000	98.27	0.00%
II	0.1	821.0	1000	82.10	0.00%
III	0.1	496.3	1000	49.63	0.00%



CBR 0,1" DE PENETRACIÓN A 100% MDS :	73.50%
CBR 0,1" DE PENETRACIÓN A 95% MDS :	67.50%

**MEJORA DEL INDICE DE CBR EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE ADICIONANDO ACEITE
SULFONADO Y CEMENTO PORTLAND EN NUEVO KAQUI-YAUTAN-2023**

UBICACIÓN : NUEVO KAQUI - YAUTAN

FECHA : ABRIL DEL 2025

TERRENO NATURAL - C-4+3.5% CP+0.32 L/m³ A.S.

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

a) Ensayo preliminar de Proctor modificado

Máxima Densidad Seca (gr/cm ³)	2.077
Optimo Contenido de Humedad (%)	11.80

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]	12826.61	13077.20	11167.88
2	Peso del molde [gr]	6715.00	7184.00	6723.00
3	Peso de suelo compactado [gr]	(1)-(2)	5893.20	4444.88
4	Volumen de molde [cm ³]	2151.09	2127.92	2151.09
5	Densidad húmeda [gr/cm ³]	(3)/(4)	2.84	2.07

CONTENIDO DE HUMEDAD Y DENSIDAD SECA

Tara N°		1	2	3
6	Peso de la tara, [gr]	43.662	44.251	41.852
7	Peso de la tara + suelo húmedo, [gr]	145.850	146.840	142.250
8	Peso de la tara + suelo seco, [gr]	133.620	133.770	126.112
9	Peso del agua, [gr]	(7)-(8)	13.070	16.138
10	Peso del suelo seco, [gr]	(8)-(6)	89.958	84.260
11	Contenido de humedad, [%]	(9)/(10)x100	13.595	19.153
12	Densidad seca de la muestra, [gr/cm ³]	5/(1+(11)/100)	2.501	1.734

c) Prueba de penetración

Area del anillo = 3 pulg²

Presión (libras/pulg²) = L / 3

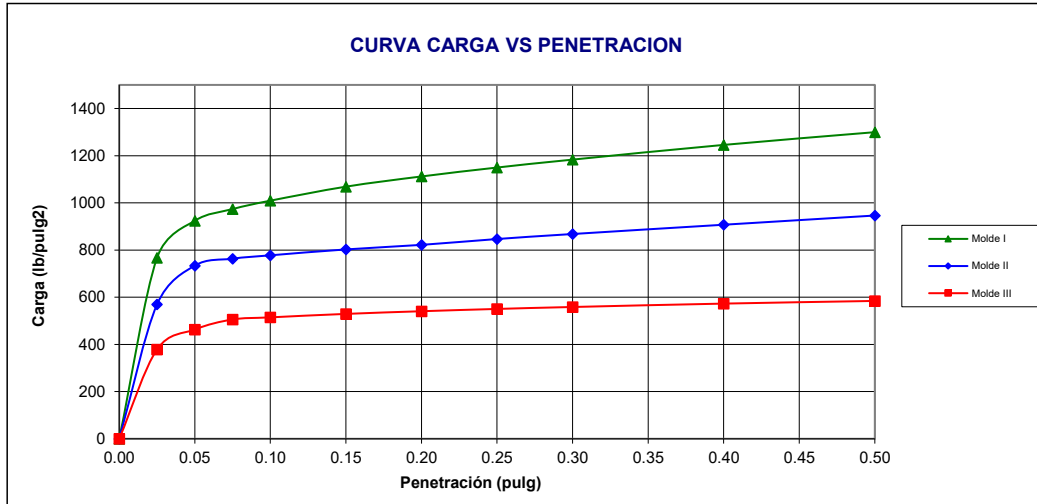
Penetración (pulg)	Presión patrón (lb/pulg ²)	Molde N° I		Molde N° II		Molde N° III	
		LECTURA	Presión	LECTURA	Presión	LECTURA	Presión
0.000		0.0	0	0.0	0	0.0	0
0.025		2301.0	767	1708.0	569	1136.0	379
0.050		2772.0	924	2202.0	734	1390.0	463
0.075		2921.0	974	2290.0	763	1517.0	506
0.100	1000	3028.0	1009	2333.0	778	1544.0	515
0.150		3206.0	1069	2408.0	803	1588.0	529
0.200	1500	3336.0	1112	2466.0	822	1622.0	541
0.250		3449.0	1150	2540.0	847	1651.0	550
0.300	1900	3550.0	1183	2604.0	868	1676.0	559
0.400	2300	3737.0	1246	2722.0	907	1719.0	573
0.500	2600	3899.0	1300	2839.0	946	1753.0	584

**MEJORA DEL INDICE DE CBR EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE ADICIONANDO ACEITE
SULFONADO Y CEMENTO PORTLAND EN NUEVO KAQUI-YAUTAN-2023**

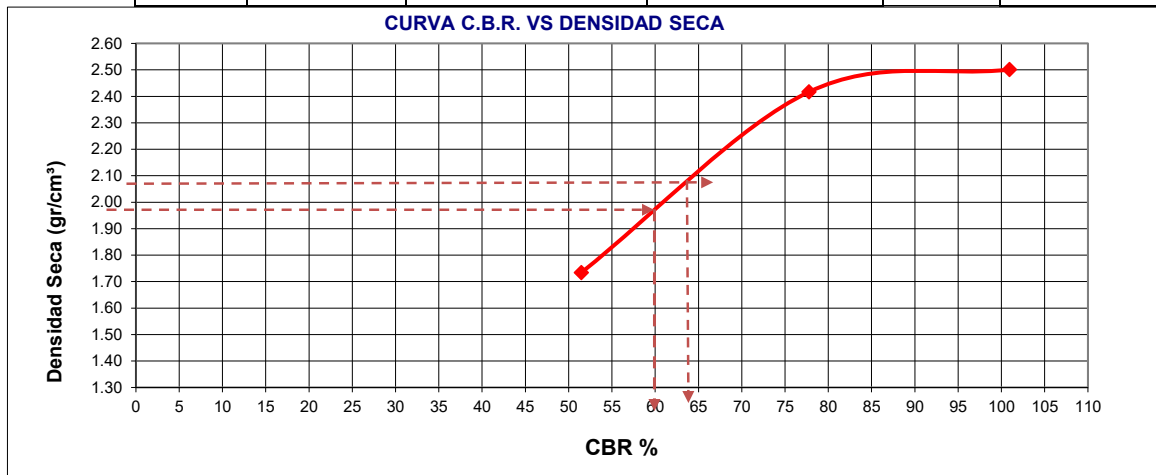
UBICACIÓN : NUEVO KAQUI - YAUTAN

FECHA : ABRIL DEL 2025

TERRENO NATURAL - C-4+3.5% CP+0.32 L/m³ A.S.



Molde	Penetración (pulg)	Presión aplicada (lb/pulg²)	Presión Patrón (lb/pulg²)	C.B.R. (%)	Expansión
I	0.1	1009.3	1000	100.93	0.00%
II	0.1	777.7	1000	77.77	0.00%
III	0.1	514.7	1000	51.47	0.00%



CBR 0,1" DE PENETRACIÓN A 100% MDS :	64.00%
CBR 0,1" DE PENETRACIÓN A 95% MDS :	59.30%

**MEJORA DEL INDICE DE CBR EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE ADICIONANDO ACEITE
SULFONADO Y CEMENTO PORTLAND EN NUEVO KAQUI-YAUTAN-2023**

UBICACIÓN : NUEVO KAQUI - YAUTAN

FECHA : ABRIL DEL 2025

TERRENO NATURAL - C-5+3.5% CP+0.32 L/m³ A.S.

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

a) Ensayo preliminar de Proctor modificado

Máxima Densidad Seca (gr/cm ³)	2.099
Optimo Contenido de Humedad (%)	11.50

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]	12864.22	13107.25	10977.63
2	Peso del molde [gr]	6715.00	7184.00	6723.00
3	Peso de suelo compactado [gr]	(1)-(2)	5923.25	4254.63
4	Volumen de molde [cm ³]	2151.09	2127.92	2151.09
5	Densidad húmeda [gr/cm ³]	(3)/(4)	2.78	1.98

CONTENIDO DE HUMEDAD Y DENSIDAD SECA

Tara N°		1	2	3
6	Peso de la tara, [gr]	41.285	42.336	43.841
7	Peso de la tara + suelo húmedo, [gr]	136.552	137.620	138.710
8	Peso de la tara + suelo seco, [gr]	125.220	124.850	124.130
9	Peso del agua, [gr]	(7)-(8)	12.770	14.580
10	Peso del suelo seco, [gr]	(8)-(6)	82.514	80.289
11	Contenido de humedad, [%]	(9)/(10)x100	15.476	18.159
12	Densidad seca de la muestra, [gr/cm ³]	5/(1+(11)/100)	2.411	1.674

c) Prueba de penetración

Area del anillo = 3 pulg²

Presión (libras/pulg²) = L / 3

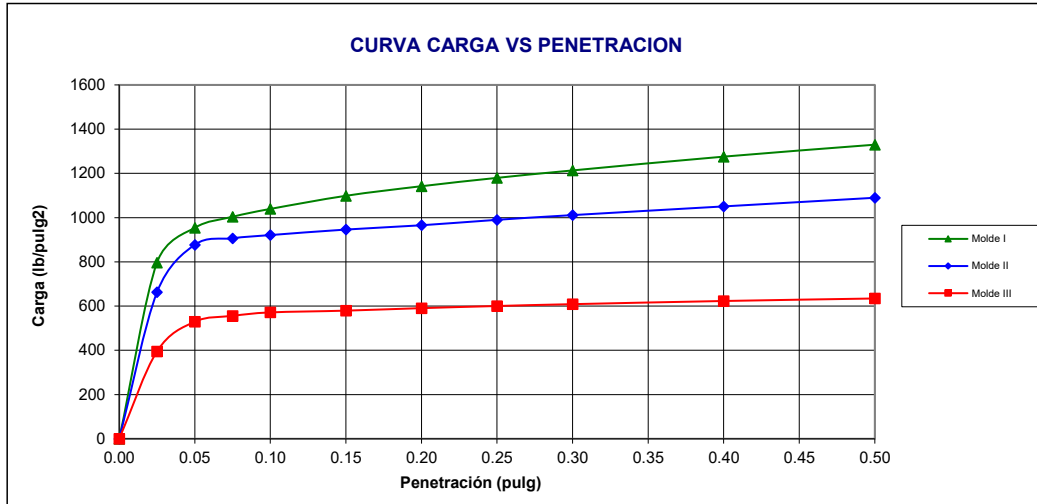
Penetración (pulg)	Presión patrón (lb/pulg ²)	Molde N° I		Molde N° II		Molde N° III	
		LECTURA	Presión	LECTURA	Presión	LECTURA	Presión
0.000		0.0	0	0.0	0	0.0	0
0.025		2391.0	797	1988.0	663	1186.0	395
0.050		2862.0	954	2632.0	877	1588.0	529
0.075		3011.0	1004	2720.0	907	1667.0	556
0.100	1000	3118.0	1039	2763.0	921	1714.0	571
0.150		3296.0	1099	2838.0	946	1738.0	579
0.200	1500	3426.0	1142	2896.0	965	1772.0	591
0.250		3539.0	1180	2970.0	990	1801.0	600
0.300	1900	3640.0	1213	3034.0	1011	1826.0	609
0.400	2300	3827.0	1276	3152.0	1051	1869.0	623
0.500	2600	3989.0	1330	3269.0	1090	1903.0	634

**MEJORA DEL INDICE DE CBR EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE ADICIONANDO ACEITE
SULFONADO Y CEMENTO PORTLAND EN NUEVO KAQUI-YAUTAN-2023**

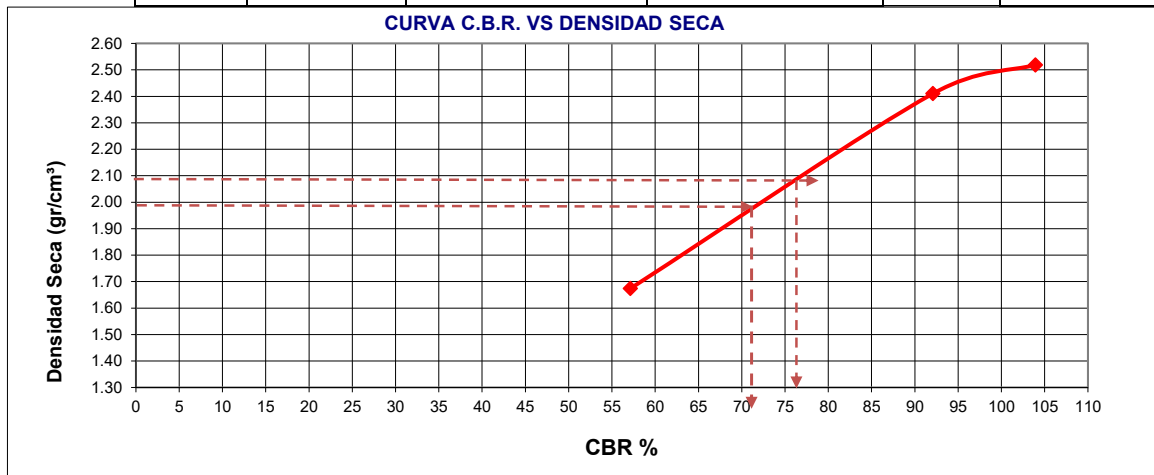
UBICACIÓN : NUEVO KAQUI - YAUTAN

FECHA : ABRIL DEL 2025

TERRENO NATURAL - C-5+3.5% CP+0.32 L/m3 A.S.



Molde	Penetración (pulg)	Presión aplicada (lb/pulg²)	Presión Patrón (lb/pulg²)	C.B.R. (%)	Expansión
I	0.1	1039.3	1000	103.93	0.00%
II	0.1	921.0	1000	92.10	0.00%
III	0.1	571.3	1000	57.13	0.00%



CBR 0,1" DE PENETRACIÓN A 100% MDS :	75.50%
CBR 0,1" DE PENETRACIÓN A 95% MDS :	70.80%

**MEJORA DEL INDICE DE CBR EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE ADICIONANDO ACEITE
SULFONADO Y CEMENTO PORTLAND EN NUEVO KAKUI-YAUTAN-2023**

UBICACIÓN : NUEVO KAKUI - YAUTAN

FECHA : ABRIL DEL 2025

TERRENO NATURAL - C-1+ 5%CP+0.32 L/m3 A.S

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

a) Ensayo preliminar de Proctor modificado

Máxima Densidad Seca (gr/cm3)	2.125
Optimo Contenido de Humedad (%)	12.40

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]	12732.45	12906.36	11071.44
2	Peso del molde [gr]	6715.00	7184.00	6723.00
3	Peso de suelo compactado [gr]	(1)-(2)	5722.36	4348.44
4	Volumen de molde [cm3]		2127.92	2151.09
5	Densidad húmeda [gr/cm3]	(3)/(4)	2.80	2.02

CONTENIDO DE HUMEDAD Y DENSIDAD SECA

Tara N°		1	2	3
6	Peso de la tara, [gr]	41.712	42.632	44.285
7	Peso de la tara + suelo húmedo, [gr]	136.662	137.550	139.450
8	Peso de la tara + suelo seco, [gr]	125.540	124.882	123.663
9	Peso del agua, [gr]	(7)-(8)	12.668	15.787
10	Peso del suelo seco, [gr]	(8)-(6)	82.250	79.378
11	Contenido de humedad, [%]	(9)/(10)x100	15.402	19.888
12	Densidad seca de la muestra, [gr/cm3]	5/(1+(11)/100)	2.470	1.686

c) Prueba de penetración

Area del anillo = 3 pulg²

Presión (libras/pulg²) = L / 3

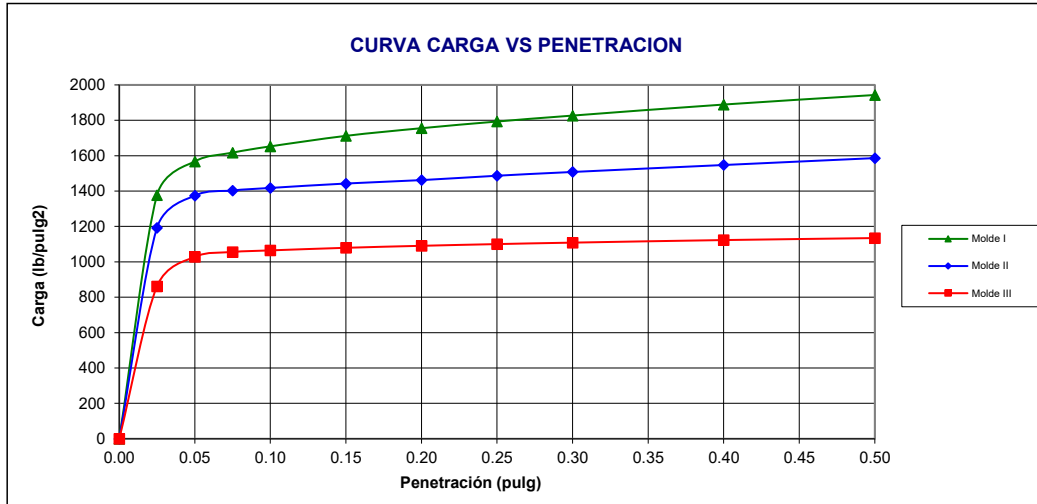
Penetración (pulg)	Presión patrón (lb/pulg ²)	Molde N° I		Molde N° II		Molde N° III	
		LECTURA	Presión	LECTURA	Presión	LECTURA	Presión
0.000		0.0	0	0.0	0	0.0	0
0.025		4131.0	1377	3578.0	1193	2586.0	862
0.050		4702.0	1567	4122.0	1374	3084.0	1028
0.075		4851.0	1617	4210.0	1403	3167.0	1056
0.100	1000	4958.0	1653	4253.0	1418	3194.0	1065
0.150		5136.0	1712	4328.0	1443	3238.0	1079
0.200	1500	5266.0	1755	4386.0	1462	3272.0	1091
0.250		5379.0	1793	4460.0	1487	3301.0	1100
0.300	1900	5480.0	1827	4524.0	1508	3326.0	1109
0.400	2300	5667.0	1889	4642.0	1547	3369.0	1123
0.500	2600	5829.0	1943	4759.0	1586	3403.0	1134

**MEJORA DEL INDICE DE CBR EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE ADICIONANDO ACEITE
SULFONADO Y CEMENTO PORTLAND EN NUEVO KAQUI-YAUTAN-2023**

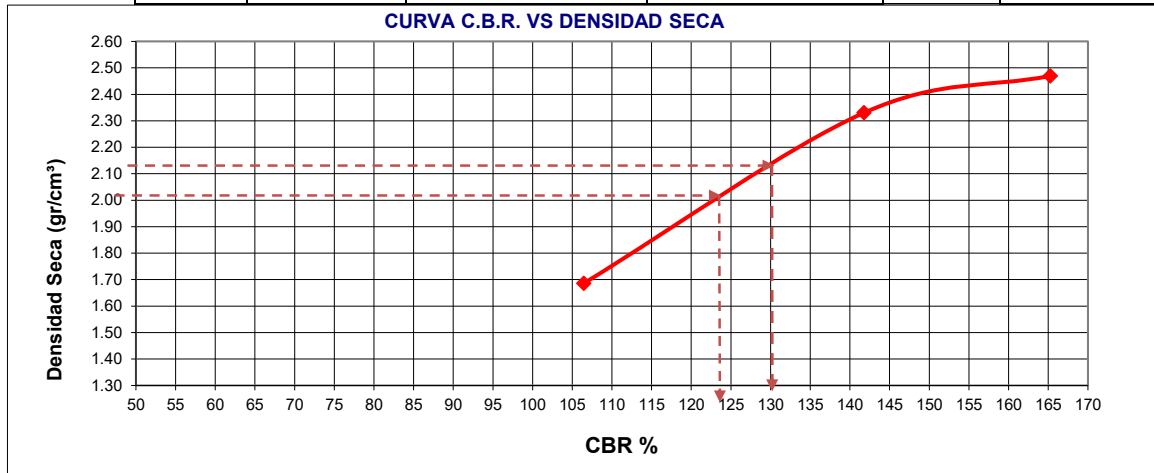
UBICACIÓN : NUEVO KAQUI - YAUTAN

FECHA : ABRIL DEL 2025

TERRENO NATURAL - C-1+ 5%CP+0.32 L/m³ A.S



Molde	Penetración (pulg)	Presión aplicada (lb/pulg²)	Presión Patrón (lb/pulg²)	C.B.R. (%)	Expansión
I	0.1	1652.7	1000	165.27	0.00%
II	0.1	1417.7	1000	141.77	0.00%
III	0.1	1064.7	1000	106.47	0.00%



CBR 0,1" DE PENETRACIÓN A 100% MDS :	129.70%
CBR 0,1" DE PENETRACIÓN A 95% MDS :	123.30%

**MEJORA DEL INDICE DE CBR EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE ADICIONANDO ACEITE
SULFONADO Y CEMENTO PORTLAND EN NUEVO KAKUI-YAUTAN-2023**

UBICACIÓN : NUEVO KAKUI - YAUTAN

FECHA : ABRIL DEL 2025

TERRENO NATURAL - C-2+ 5%CP+0.32 L/m³ A.S

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

a) Ensayo preliminar de Proctor modificado

Máxima Densidad Seca (gr/cm ³)	2.197
Optimo Contenido de Humedad (%)	11.50

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]	12933.60	13107.20	11025.60
2	Peso del molde [gr]	6715.00	7184.00	6723.00
3	Peso de suelo compactado [gr]	(1)-(2)	5923.20	4302.60
4	Volumen de molde [cm ³]	2151.09	2127.92	2151.09
5	Densidad húmeda [gr/cm ³]	(3)/(4)	2.78	2.00

CONTENIDO DE HUMEDAD Y DENSIDAD SECA

Tara N°		1	2	3
6	Peso de la tara, [gr]	44.250	42.360	41.882
7	Peso de la tara + suelo húmedo, [gr]	146.362	148.225	149.630
8	Peso de la tara + suelo seco, [gr]	134.210	134.221	133.121
9	Peso del agua, [gr]	(7)-(8)	14.004	16.509
10	Peso del suelo seco, [gr]	(8)-(6)	89.960	91.239
11	Contenido de humedad, [%]	(9)/(10)x100	13.508	18.094
12	Densidad seca de la muestra, [gr/cm ³]	5/(1+(11)/100)	2.547	1.694

c) Prueba de penetración

13.00 15.00 18.00

Area del anillo = 3 pulg²

Presión (libras/pulg²) = L / 3

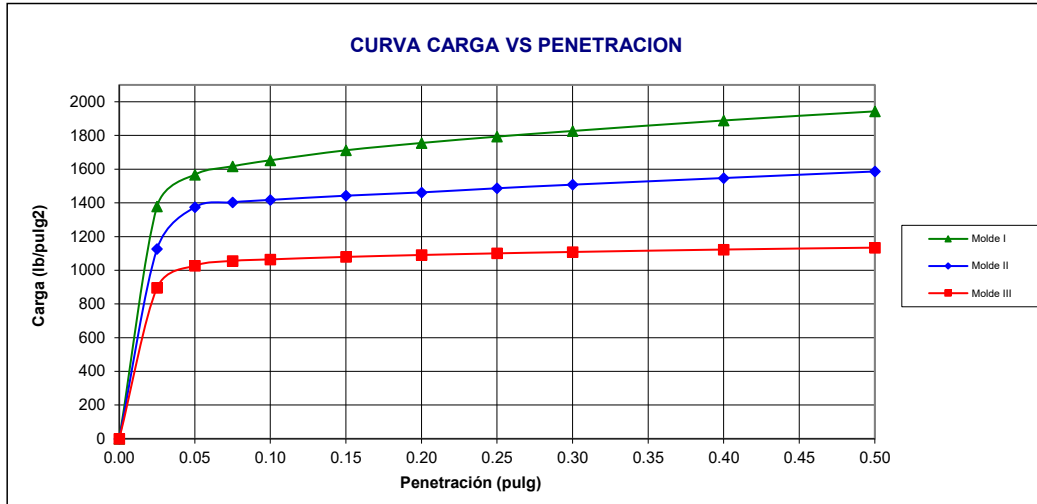
Penetración (pulg)	Presión patrón (lb/pulg ²)	Molde N° I		Molde N° II		Molde N° III	
		LECTURA	Presión	LECTURA	Presión	LECTURA	Presión
0.000		0.0	0	0.0	0	0.0	0
0.025		4135.0	1378	3378.0	1126	2686.0	895
0.050		4702.0	1567	4122.0	1374	3081.0	1027
0.075		4851.0	1617	4210.0	1403	3167.0	1056
0.100	1000	4958.0	1653	4253.0	1418	3194.0	1065
0.150		5136.0	1712	4328.0	1443	3238.0	1079
0.200	1500	5266.0	1755	4386.0	1462	3272.0	1091
0.250		5379.0	1793	4460.0	1487	3301.0	1100
0.300	1900	5480.0	1827	4524.0	1508	3326.0	1109
0.400	2300	5667.0	1889	4642.0	1547	3369.0	1123
0.500	2600	5829.0	1943	4759.0	1586	3403.0	1134

**MEJORA DEL INDICE DE CBR EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE ADICIONANDO ACEITE
SULFONADO Y CEMENTO PORTLAND EN NUEVO KAQUI-YAUTAN-2023**

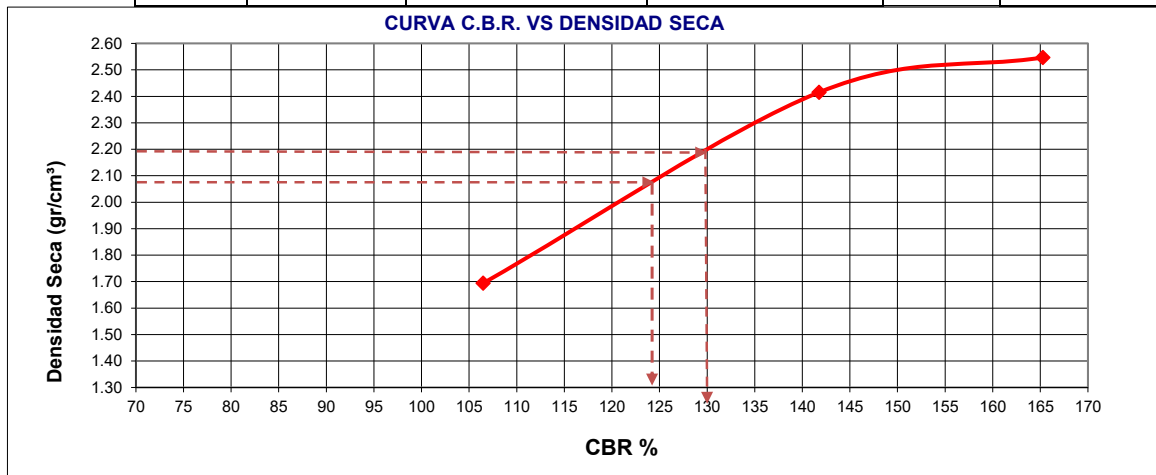
UBICACIÓN : NUEVO KAQUI - YAUTAN

FECHA : ABRIL DEL 2025

TERRENO NATURAL - C-2+ 5%CP+0.32 L/m³ A.S



Molde	Penetración (pulg)	Presión aplicada (lb/pulg²)	Presión Patrón (lb/pulg²)	C.B.R. (%)	Expansión
I	0.1	1652.7	1000	165.27	0.00%
II	0.1	1417.7	1000	141.77	0.00%
III	0.1	1064.7	1000	106.47	0.00%



CBR 0,1" DE PENETRACIÓN A 100% MDS :	129.30%
CBR 0,1" DE PENETRACIÓN A 95% MDS :	124.10%

**MEJORA DEL INDICE DE CBR EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE ADICIONANDO ACEITE
SULFONADO Y CEMENTO PORTLAND EN NUEVO KAKUI-YAUTAN-2023**

UBICACIÓN : NUEVO KAKUI - YAUTAN

FECHA : ABRIL DEL 2025

TERRENO NATURAL - C-3+ 5%CP+0.32 L/m³ A.S

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

a) Ensayo preliminar de Proctor modificado

Máxima Densidad Seca (gr/cm ³)	2.069
Optimo Contenido de Humedad (%)	12.60

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]	12268.25	12578.66	11023.40
2	Peso del molde [gr]	6715.00	7184.00	6723.00
3	Peso de suelo compactado [gr]	(1)-(2)	5553.25	5394.66
4	Volumen de molde [cm ³]		2151.09	2127.92
5	Densidad húmeda [gr/cm ³]	(3)/(4)	2.58	2.54

CONTENIDO DE HUMEDAD Y DENSIDAD SECA

Tara N°		1	2	3
6	Peso de la tara, [gr]	45.621	44.751	43.581
7	Peso de la tara + suelo húmedo, [gr]	135.662	139.710	138.650
8	Peso de la tara + suelo seco, [gr]	125.221	127.280	124.250
9	Peso del agua, [gr]	(7)-(8)	10.441	12.430
10	Peso del suelo seco, [gr]	(8)-(6)	79.600	82.529
11	Contenido de humedad, [%]	(9)/(10)x100	13.117	15.061
12	Densidad seca de la muestra, [gr/cm ³]	5/(1+(11)/100)	2.282	2.203

c) Prueba de penetración

Area del anillo = 3 pulg²

Presión (libras/pulg²) = L / 3

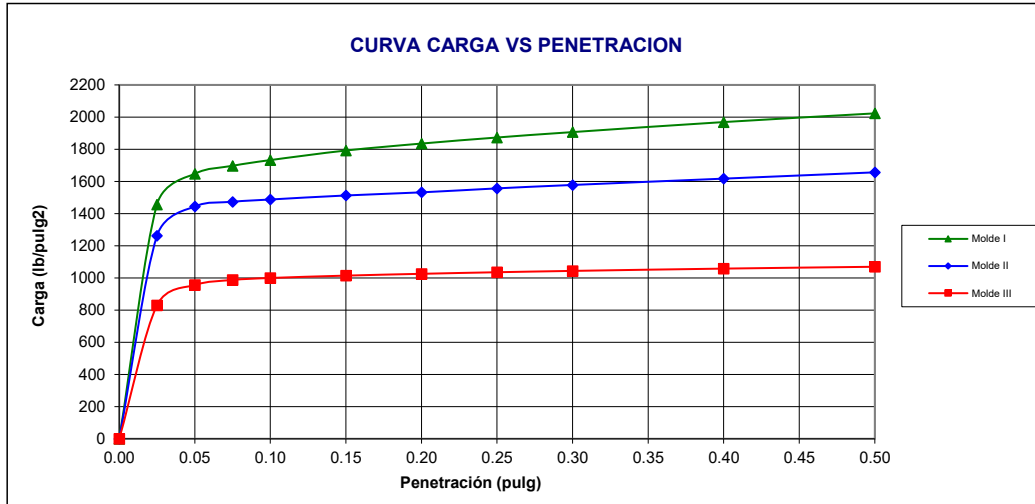
Penetración (pulg)	Presión patrón (lb/pulg ²)	Molde N° I		Molde N° II		Molde N° III	
		LECTURA	Presión	LECTURA	Presión	LECTURA	Presión
0.000		0.0	0	0.0	0	0.0	0
0.025		4371.0	1457	3788.0	1263	2491.0	830
0.050		4942.0	1647	4332.0	1444	2868.0	956
0.075		5091.0	1697	4420.0	1473	2962.0	987
0.100	1000	5198.0	1733	4463.0	1488	2999.0	1000
0.150		5376.0	1792	4538.0	1513	3043.0	1014
0.200	1500	5506.0	1835	4596.0	1532	3077.0	1026
0.250		5619.0	1873	4670.0	1557	3106.0	1035
0.300	1900	5720.0	1907	4734.0	1578	3131.0	1044
0.400	2300	5907.0	1969	4852.0	1617	3174.0	1058
0.500	2600	6069.0	2023	4969.0	1656	3208.0	1069

**MEJORA DEL INDICE DE CBR EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE ADICIONANDO ACEITE
SULFONADO Y CEMENTO PORTLAND EN NUEVO KAQUI-YAUTAN-2023**

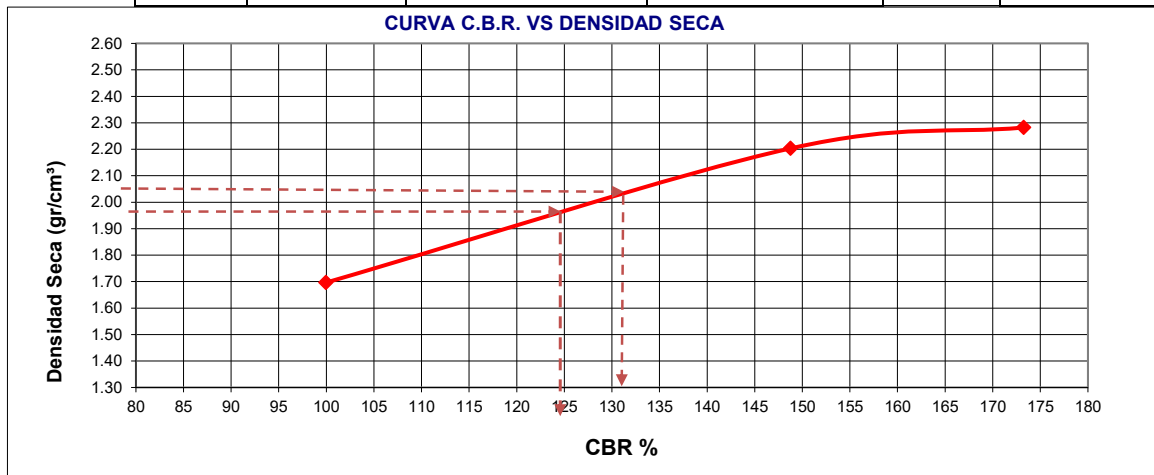
UBICACIÓN : NUEVO KAQUI - YAUTAN

FECHA : ABRIL DEL 2025

TERRENO NATURAL - C-3+ 5%CP+0.32 L/m³ A.S



Molde	Penetración (pulg)	Presión aplicada (lb/pulg²)	Presión Patrón (lb/pulg²)	C.B.R. (%)	Expansión
I	0.1	1732.7	1000	173.27	0.00%
II	0.1	1487.7	1000	148.77	0.00%
III	0.1	999.7	1000	99.97	0.00%



CBR 0,1" DE PENETRACIÓN A 100% MDS :	131.00%
CBR 0,1" DE PENETRACIÓN A 95% MDS :	124.60%

**MEJORA DEL INDICE DE CBR EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE ADICIONANDO ACEITE
SULFONADO Y CEMENTO PORTLAND EN NUEVO KAKUI-YAUTAN-2023**

UBICACIÓN : NUEVO KAKUI - YAUTAN

FECHA : ABRIL DEL 2025

TERRENO NATURAL - C-4+ 5%CP+0.32 L/m3 A.S

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

a) Ensayo preliminar de Proctor modificado

Máxima Densidad Seca (gr/cm3)	2.089
Optimo Contenido de Humedad (%)	12.30

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]	12891.62	13124.58	11208.99	
2	Peso del molde [gr]	6715.00	7184.00	6723.00	
3	Peso de suelo compactado [gr]	(1)-(2)	6176.62	5940.58	4485.99
4	Volumen de molde [cm3]		2151.09	2127.92	2151.09
5	Densidad húmeda [gr/cm3]	(3)/(4)	2.87	2.79	2.09

CONTENIDO DE HUMEDAD Y DENSIDAD SECA

Tara N°		1	2	3	
6	Peso de la tara, [gr]	43.741	44.521	45.285	
7	Peso de la tara + suelo húmedo, [gr]	144.520	145.281	146.471	
8	Peso de la tara + suelo seco, [gr]	132.650	131.620	130.610	
9	Peso del agua, [gr]	(7)-(8)	11.870	13.661	15.861
10	Peso del suelo seco, [gr]	(8)-(6)	88.909	87.099	85.325
11	Contenido de humedad, [%]	(9)/(10)x100	13.351	15.684	18.589
12	Densidad seca de la muestra, [gr/cm3]	5/(1+(11)/100	2.533	2.413	1.759

c) Prueba de penetración

Area del anillo = 3 pulg²

Presión (libras/pulg²) = L / 3

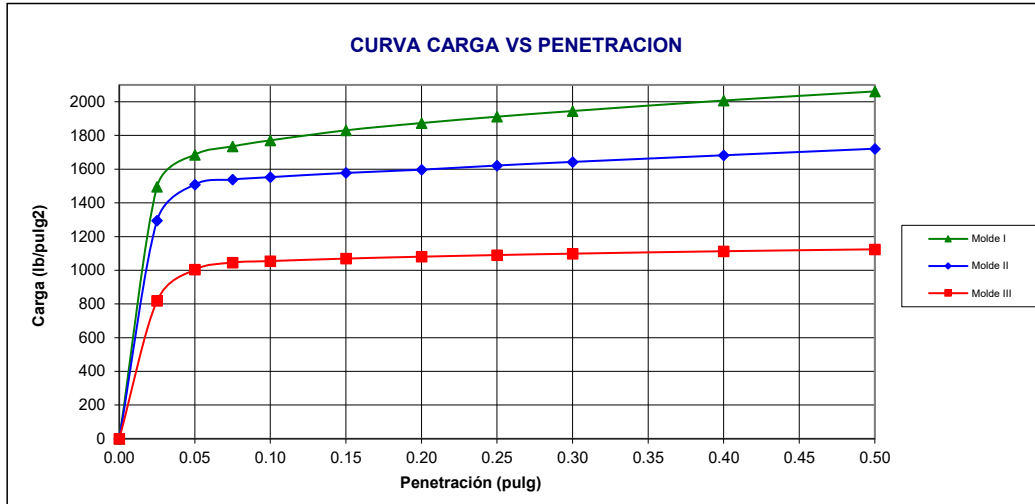
Penetración (pulg)	Presión patrón (lb/pulg ²)	Molde N° I		Molde N° II		Molde N° III	
		LECTURA	Presión	LECTURA	Presión	LECTURA	Presión
0.000		0.0	0	0.0	0	0.0	0
0.025		4486.0	1495	3883.0	1294	2456.0	819
0.050		5057.0	1686	4527.0	1509	3011.0	1004
0.075		5206.0	1735	4615.0	1538	3137.0	1046
0.100	1000	5313.0	1771	4658.0	1553	3164.0	1055
0.150		5491.0	1830	4733.0	1578	3208.0	1069
0.200	1500	5621.0	1874	4791.0	1597	3242.0	1081
0.250		5734.0	1911	4865.0	1622	3271.0	1090
0.300	1900	5835.0	1945	4929.0	1643	3296.0	1099
0.400	2300	6022.0	2007	5047.0	1682	3339.0	1113
0.500	2600	6184.0	2061	5164.0	1721	3373.0	1124

**MEJORA DEL INDICE DE CBR EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE ADICIONANDO ACEITE
SULFONADO Y CEMENTO PORTLAND EN NUEVO KAQUI-YAUTAN-2023**

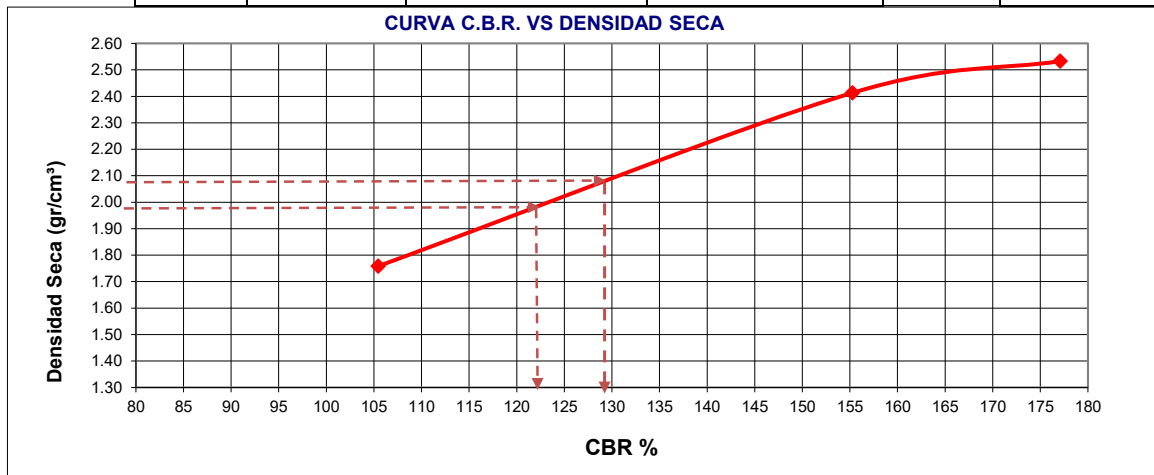
UBICACIÓN : NUEVO KAQUI - YAUTAN

FECHA : ABRIL DEL 2025

TERRENO NATURAL - C-4+ 5%CP+0.32 L/m³ A.S



Molde	Penetración (pulg)	Presión aplicada (lb/pulg²)	Presión Patrón (lb/pulg²)	C.B.R. (%)	Expansión
I	0.1	1771.0	1000	177.10	0.00%
II	0.1	1552.7	1000	155.27	0.00%
III	0.1	1054.7	1000	105.47	0.00%



CBR 0,1" DE PENETRACIÓN A 100% MDS :	127.00%
CBR 0,1" DE PENETRACIÓN A 95% MDS :	122.00%

**MEJORA DEL INDICE DE CBR EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE ADICIONANDO ACEITE
SULFONADO Y CEMENTO PORTLAND EN NUEVO KAKUI-YAUTAN-2023**

UBICACIÓN : NUEVO KAKUI - YAUTAN

FECHA : ABRIL DEL 2025

TERRENO NATURAL - C-5+ 5%CP+0.32 L/m³ A.S

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

a) Ensayo preliminar de Proctor modificado

Máxima Densidad Seca (gr/cm ³)	2.105
Optimo Contenido de Humedad (%)	11.90

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]	12908.77	13158.63	11014.20
2	Peso del molde [gr]	6715.00	7184.00	6723.00
3	Peso de suelo compactado [gr]	(1)-(2)	6193.77	5974.63
4	Volumen de molde [cm ³]		2151.09	2127.92
5	Densidad húmeda [gr/cm ³]	(3)/(4)	2.88	2.81

CONTENIDO DE HUMEDAD Y DENSIDAD SECA

Tara N°		1	2	3
6	Peso de la tara, [gr]	41.521	43.282	44.721
7	Peso de la tara + suelo húmedo, [gr]	143.633	148.241	144.810
8	Peso de la tara + suelo seco, [gr]	131.662	134.460	128.810
9	Peso del agua, [gr]	(7)-(8)	11.971	13.781
10	Peso del suelo seco, [gr]	(8)-(6)	90.141	91.178
11	Contenido de humedad, [%]	(9)/(10)x100	13.280	15.114
12	Densidad seca de la muestra, [gr/cm ³]	5/(1+(11)/100)	2.542	2.439

c) Prueba de penetración

Area del anillo = 3 pulg²

Presión (libras/pulg²) = L / 3

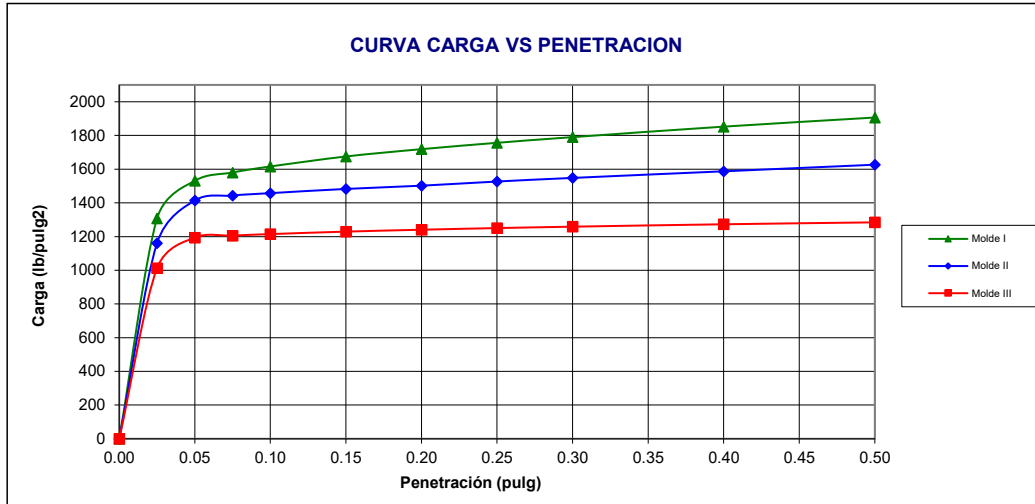
Penetración (pulg)	Presión patrón (lb/pulg ²)	Molde N° I		Molde N° II		Molde N° III	
		LECTURA	Presión	LECTURA	Presión	LECTURA	Presión
0.000		0.0	0	0.0	0	0.0	0
0.025		3921.0	1307	3482.0	1161	3036.0	1012
0.050		4592.0	1531	4242.0	1414	3581.0	1194
0.075		4741.0	1580	4330.0	1443	3617.0	1206
0.100	1000	4848.0	1616	4373.0	1458	3644.0	1215
0.150		5026.0	1675	4448.0	1483	3688.0	1229
0.200	1500	5156.0	1719	4506.0	1502	3722.0	1241
0.250		5269.0	1756	4580.0	1527	3751.0	1250
0.300	1900	5370.0	1790	4644.0	1548	3776.0	1259
0.400	2300	5557.0	1852	4762.0	1587	3819.0	1273
0.500	2600	5719.0	1906	4879.0	1626	3853.0	1284

**MEJORA DEL INDICE DE CBR EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE ADICIONANDO ACEITE
SULFONADO Y CEMENTO PORTLAND EN NUEVO KAQUI-YAUTAN-2023**

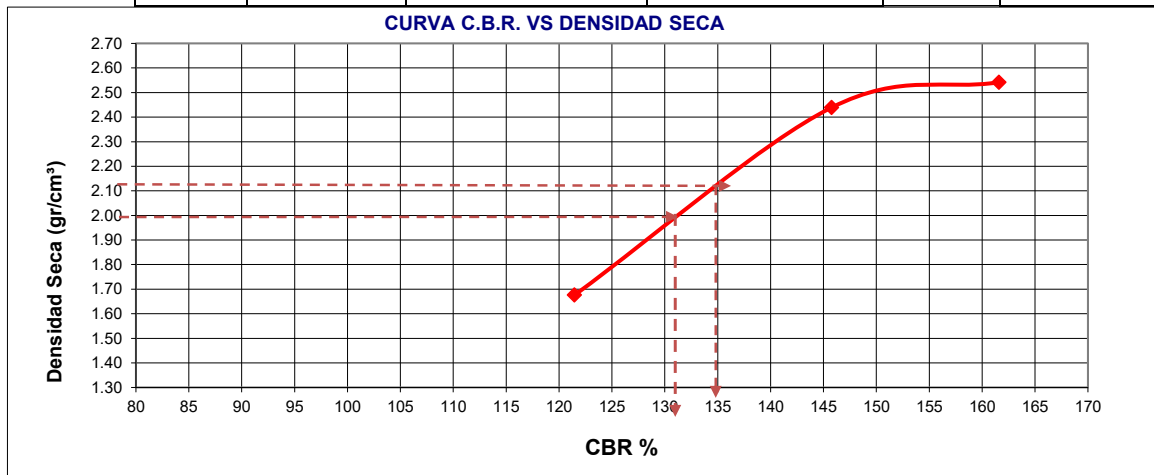
UBICACIÓN : NUEVO KAQUI - YAUTAN

FECHA : ABRIL DEL 2025

TERRENO NATURAL - C-5+ 5%CP+0.32 L/m³ A.S



Molde	Penetración (pulg)	Presión aplicada (lb/pulg²)	Presión Patrón (lb/pulg²)	C.B.R. (%)	Expansión
I	0.1	1616.0	1000	161.60	0.00%
II	0.1	1457.7	1000	145.77	0.00%
III	0.1	1214.7	1000	121.47	0.00%



CBR 0,1" DE PENETRACIÓN A 100% MDS :	134.50%
CBR 0,1" DE PENETRACIÓN A 95% MDS :	130.20%

7.2. Anexo 02. Panel Fotográfico

Fotografía 1

Inicio del tramo de estudio de la vía de acceso al Centro poblado de Nuevo Kaqui.



Fotografía 2

Extracción de muestras mediante calicatas.



Fotografía 3

Extracción de muestras en la calicata C-01.



Fotografía 4

Extracción de muestras en la calicata C-02.



Fotografía 5

Ensayos en laboratorio, reducción de la muestra por el método del cuarteo manual.



Fotografía 6

Ensayo del contenido de humedad Natural



Fotografía 7

Ensayos de los límites de Atterberg.



Fotografía 8

Elección de los tamices normados para ek ensayo de la granulometría.



Fotografía 9

Ensayo de la granulometría de la calicata C-01



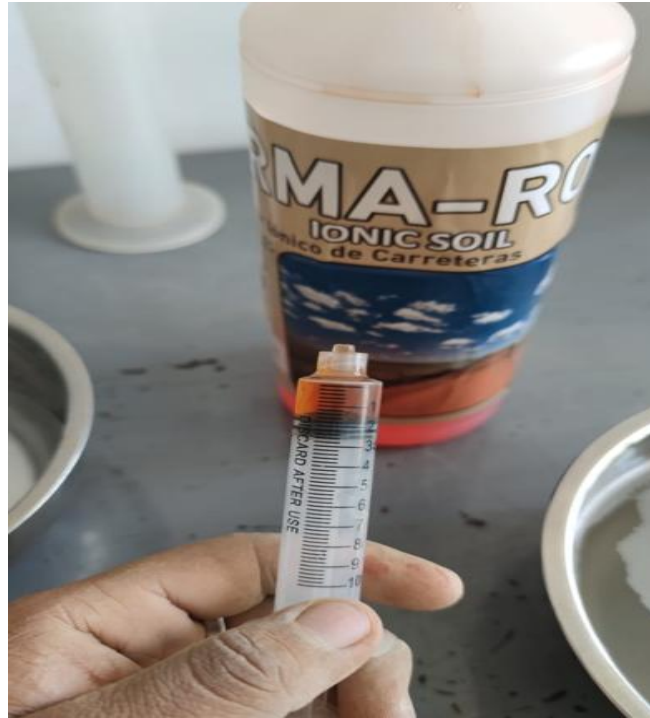
Fotografía 10

Ensayo del Proctor modificado.



Fotografía 11

Dosificación de 0.32L/m³ de Aceite Sulfonado.



Fotografía 12

Dosificación de Cemento Portland tipo I



Fotografía 13

Muestra seleccionada para el ensayo de CBR.



Fotografía 14

Muestra ensayada a 56 golpes de energía de compactación.



Fotografía 15

Inmersión de los moldes por 96 horas.



Fotografía 16

Ensayo de CBR

