

UNIVERSIDAD DE SAN PEDRO
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE ESTUDIOS DE INGENIERÍA CIVIL



**Adición de cal agrícola para mejorar el soporte (cbr) de
la sub-rasante del Jr. Ricardo Palma a Rataquenua -
Huaraz-2023**

Tesis para obtener el título profesional de ingeniería civil

Autor:

Rivera Camones Michel Junior

Asesor:

Castañeda Gamboa Rogelio Fermin

Código ORCID: 0000-0002-6961-7418

Huaraz – Perú

2025

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE GENERAL	i
ÍNDICE DE TABLAS	ii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	vi
PALABRAS CLAVE.....	vii
CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD	viii
TITULO	ix
RESUMEN.....	x
ABSTRACT	xi
I. INTRODUCCION	1
II. METODOLOGIA.....	40
III. RESULTADOS.....	42
IV. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN	106
V. CONCLUSIONES.....	108
VI. RECOMENDACIONES	111
VIII. REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA.....	112
VIII. ANEXO Y APÉNDICES	114

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación del sistema vial del Departamento de Ancash por tipo de Red y Superficie de Rodadura	8
Tabla 2. Clasificación de suelo en base al tamaño de sus partículas..	11
Tabla 3. Categorías de la sub-rasante según su CBR	14
Tabla 4. Profundidad de calicatas para la exploración de suelo	16
Tabla 5. Numero de calicatas para la exploración de suelo.....	18
Tabla 6. Permeabilidad según textura del suelo	23
Tabla 7. Cales hidratadas	25
Tabla 8. Clasificación de suelo según tamaño de partículas.	29
Tabla 9. Clasificación de los suelos según su índice de plasticidad	30
Tabla 10. Clasificación del suelo según AASTHO y SUCS	31
Tabla 11. Categorías de sub -rasante	34
Tabla 12. Resumen de los resultados obtenidos en laboratorio	46
Tabla 13. Resultados granulométricos de la C-01	47
Tabla 14. Resultados granulométricos de la C-02	48
Tabla 15. Resultados de laboratorio de Contenido de Humedad	49
Tabla 16. Resultados de laboratorio límites de consistencia	50
Tabla 17. Resumen Índice de Plasticidad C-01 y C-02	50
Tabla 18. Resumen de clasificación de las calicatas	51
Tabla 19. Resumen de ensayo Proctor Modificado	51

Tabla 20.	Resumen ensayo Soporte CBR	52
Tabla 21.	Resultado Proctor Modificado Muestra Patron	53
Tabla 22.	Resultado Soporte CBR Muestra Patron	53
Tabla 23.	Resumen Proctor Modificado con los porcentajes suelo, cal según Resultados de Laboratorio.....	54
Tabla 24.	Resumen Soporte CBR con los porcentajes suelo, cal según Resultados de Laboratorio... ..	55
Tabla 25.	Análisis de PH con CAL para un suelo de clasificación Grava Arcillosa con Arena (GC) de las muestras patron de cada calicata.....	56
Tabla 26.	Costo estimado para la Estabilización con CAL y Cantidad	57
Tabla 27.	Contenido de Humedad para el Suelo de Clasificación Grava Arcillosa con Arena C-01.....	59
Tabla 28.	Contenido de Humedad para el Suelo de Clasificación Grava Arcillosa con Arena C-02.....	59
Tabla 29.	Ensayo de Límite Plástico y Líquido de la Calicata C-01 y C-02 respecto al suelo patron.....	66
Tabla 30.	Resultado de Límite Plástico y Líquido de la Calicata C-01 y C-02 Muestra Patron....	67
Tabla 31.	Resultado de Análisis Granulométrico de la calicata-1 Muestra Patron.....	73
Tabla 32.	Resultado de Análisis Granulométrico de la calicata-2 Muestra Patron.....	74
Tabla 33.	Porcentaje de Grava, Arena y Finos de la Granulometría de la Calicata C-01 y C-02.....	75
Tabla 34.	Métodos de compactación (Proctor Modificado).....	76
Tabla 35.	Proctor Modificado de la Calicata C-01 Muestra Patrón	78

Tabla 36.	Proctor Modificado de la Calicata C-01 + 5% de Cal.....	79
Tabla 37.	Proctor Modificado de la Calicata C-01 + 8% de Cal.....	80
Tabla 38.	Proctor Modificado de la Calicata C-02 Muestra Patrón.....	81
Tabla 39.	Proctor Modificado de la Calicata C-02 + 5% de Cal	82
Tabla 40.	Proctor Modificado de la Calicata C-02 + 8% de Cal	83
Tabla 41.	Resumen de los Resultados de la Máxima Densidad Seca y Optimo Contenido de Hunedad.....	84
Tabla 42.	Lectura del Dial para el Ensayo de Penetración CBR.....	87
Tabla 43.	<i>Ensayo de la relación soporte california (CBR) C-01 Muestra Patron</i>	89
Tabla 44.	Ensayo de la relación soporte california (CBR) C-01 + el 5% de cal	91
Tabla 45.	Ensayo de la relación soporte california (CBR) C-01 + el 8% de cal.....	93
Tabla 46.	Ensayo de la relación soporte california (CBR) C-02 muestra patron	95
Tabla 47.	Ensayo de la relación soporte california (CBR) C-02 + el 5% de cal	97
Tabla 48.	Ensayo de la relación soporte california (CBR) C-02 + el 8% de cal	99
Tabla 49.	Resultados (CBR) al 100% y 95% de la MDS	101
Tabla 50.	Descripción de la condición del estado del CBR	102
Tabla 51.	Resumen de los Resultados de Ensayos de la C-01 Muestra Patron	103
Tabla 52.	Resumen de los Resultados de Ensayos de la C-02 Muestra Patron	104

Tabla 53.	Perfil Estratigrafioc de la Calicata C-0.....	133
Tabla 54.	Perfil Estratigrafioc de la Calicata C-01	134
Tabla 55.	Calculo del IMDS de la Carretera no Pavimentada del Jr. Ricardo Palma-Rataquenua	135
Tabla 56.	Calculo del IMDS de la Carretera no Pavimentada del Jr. Ricardo Palma-Rataquenua	136

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Trazo de la carretera y ubicación de calicatas.....	43
Figura 2. Determinación del PH en el suelo GC respecto al % de CAL	56
Figura 3. Análisis del Contenido de Humedad de las Muestras.....	60
Figura 4. Análisis de Límite de Consistencia de la C-01 y C-02 Muestra Patrón	66
Figura 5. Pesos mínimos para Realizar el Ensayo de Granulometría	69
Figura 6. Curva Granulométrica de la calicata C-01 Muestra Patrón	73
Figura 7. Curva Granulométrica de la calicata C-02 Muestra Patrón	74
Figura 8. Curva de Compactación de la Muestra Patron C-01.....	78
Figura 9. Curva de Compactación de la C-01+ 5% de Cal	79
Figura 10. Curva de Compactación de la C-01+ 8% de Cal	80
Figura 11. Curva de Compactación de la Muestra Patron C-02	81
Figura 12. Curva de Compactación de la C-02 + 5% de Cal	82
Figura 13. Curva de Compactación de la C-02 + 8% de Cal	83
Figura 14. Variación de la M.D.S con estabilizante químico Cal	84
Figura 15. Penetración CBR de la MDS al 100% y al 95% de la C-01	90
Figura 16. Penetración CBR de la MDS al 100% y al 95% de la C-01 + 5% de CAL	92
Figura 17. Penetración CBR de la MDS al 100% y al 95% de la C-01 + 8% de CAL.....	94
Figura 18. Penetración CBR de la MDS al 100% y al 95% de la C-02	96
Figura 19. Penetración CBR de la MDS al 100% y al 95% de la C-02 + 5% de CAL	98
Figura 20. Penetración CBR de la MDS al 100% y al 95% de la C-02 + 8% de CAL.	100
Figura 21. Variación del CBR Ntural con Respecto al % de Cal	102

PALABRA CLAVES

Tabla 1. *Palabra Clave*

TEMA	“Adición de cal agrícola para mejorar el soporte (cbr)”
ESPECIALIDAD	TRANSPORTE

Fuente: Elaboración Propia

KEYWORDS

Tabla 2.

Keywords

TOPIC	ADDITION OF AGRICULTURAL LIME TO IMPROVE CBR SUPPORT
SPECIALTY	TRANSPORT

Fuente: Elaboración Propia

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

Tabla 3.

Línea de investigación

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN	ESTRUCTURAS
ÁREA	INGENIERÍA CIVIL Y TECNOLOGÍA
SUB-ÁREA	INGENIERÍA CIVIL
DISCIPLINA	INGENIERÍA CIVIL

Fuente: Elaboración Propia

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD

El que suscribe, Vicerrector de Investigación de la Universidad San Pedro:

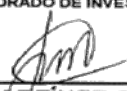
HACE CONSTAR

Que, de la revisión del trabajo titulado "**Adición de cal agrícola para mejorar el soporte (cbr) de la sub-rasante del Jr. Ricardo Palma a Rataquenua - Huaraz-2023**" del (a) estudiante: **RIVERA CAMONES MICHEL JUNIOR**, identificado(a) con Código N° **1417100308**, se ha verificado un porcentaje de similitud del **25%**, el cual se encuentra dentro del parámetro establecido por la Universidad San Pedro mediante resolución de Consejo Universitario N° 5037-2019-USP/CU para la obtención de grados y títulos académicos de pre y posgrado, así como proyectos de investigación anual Docente.

Se expide la presente constancia para los fines pertinentes.

Chimbote, 05 de diciembre de 2025

UNIVERSIDAD SAN PEDRO
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN



Dr. JAVIER MARTÍNEZ CARRIÓN
VICERRECTOR



NOTA: Este documento carece de valor si no tiene adjunta el reporte del Software TURNITIN.

**“Adición de cal agrícola para mejorar el soporte (cbr) de la sub-
rasante del jr. Ricardo Palma a Rataquenua - Huaraz-2023”**

Resumen

El presente estudio tiene como objetivo la verificación en la mejoría que se produce en las características de un suelo: propiedades mecánicas, este suelo forma parte del terreno de fundación sub-rasante de baja resistencia de soporte, a través de un proceso de estabilización química haciendo uso de la cal agrícola, esto es fundamental para la futura construcción de carreteras que garanticen un nivel adecuado de serviciabilidad.

Para llevar a cabo el estudio, se analizó parte de la sub-rasante de la carretera no pavimentada de bajo tránsito del Jr. Ricardo Palma a Rataquenua, de la Provincia de Huaraz, Distrito de Huaraz, Departamento de Áncash. Se realizaron 2 calicatas según manda la norma del MTC, donde se obtendrá las muestras representativas de cada una de ellas, a través de distintos ensayos de laboratorio bajos las NTP Y ASTM, los ensayos se realizarán en el laboratorio de la facultad de ingeniería civil de la Universidad San Pedro. La carretera a analizar fue dividida en dos partes para sus ensayos correspondientes de las características físicas de cada una de ellas, el primer tramo presento un suelo de Grava Arcillosa con Arena de plasticidad alta, tal como el segundo tramo que tuvo la misma clasificación y también de plasticidad alta y un CBR mayor al 15% en ambos casos, considerablemente buenos pero con un índice de plasticidad muy alto lo cual el MTC tiene dos alternativas mejorar el suelo o cambiar el suelo, por la que se optó en mejorar el suelo. Y que mejor usando el estabilizante químico cal, la cual ayuda a bajar la humedad y la plasticidad en las calicatas de ambos tramos, la cual usaremos varios porcentajes a analizar y poder estabilizar el suelo sin ser muy costoso. Y obtener la cantidad optima de cal, realizaremos el ensayo de Proctor Modificado y CBR. Utilizando el método de EADES Y GRIM ensayo establecido por la norma CE.020 estabilización de suelos y taludes. Se pudo comprobar que al usar el estabilizante CAL, en los suelos en estudio, presento un mejor comportamiento que al suelo patrón en donde se incrementó el CBR de la C- 01 en un 36.4 tan solo usando el 5% de cal y en la C-02 aumento su resistencia en un 31.6% con el mismo porcentaje usado en la primera calicata y bajando el Índice de Plasticidad, por la cual podemos concluir que el suelo de la carretera del Jr. Ricardo Palma a Rataquenua tuvo un mayor comportamiento en su resistencia y puede ser empleado como capa de Sub-Rasante mejorada con fines de pavimentación

ABSTRACT

The present investigation aims to verify the improvement of the mechanical properties of the soil in the low-resistance subgrade foundation terrain, through chemical stabilization using lime, this is essential for the future construction of roads that guarantee an adequate level of serviceability. To carry out the study, part of the subgrade of the low-traffic unpaved road Jr. Ricardo Palma -Rataquenua, in the Province of Huaraz, District of Huaraz, Department of Ancash, was analyzed. 2 test pits were made according to the MTC standard, where representative samples of each of them will be obtained through different laboratory tests under the NTP and ASTM, the tests will be carried out in the laboratory of the Faculty of Civil Engineering of the Universidad San Pedro. The road to be analyzed was divided into two parts for the corresponding tests of the physical characteristics of each of them. The first section presented a soil of Clay Gravel with Sand of high plasticity, as well as the second section that had the same classification and also of high plasticity and a CBR greater than 15% in both cases, considerably good but with a very high plasticity index, which is why the MTC has two alternatives to improve the soil or change the soil, for which it was decided to improve the soil. And what better than using the chemical stabilizer lime, which helps to lower the humidity and plasticity in the test pits of both sections, which we will use various percentages to analyze and be able to stabilize the soil without being very expensive. And to obtain the optimal amount of lime, we will carry out the Modified Proctor and CBR test. Using the EADES and GRIM test method established by the CE.020 standard for stabilization of soils and slopes. It was found that when using the CAL stabilizer in the soils under study, it performed better than the standard soil, where the CBR of C-01 increased by 36.4% by using only 5% lime, and in C-02 its resistance increased by 31.6% with the same percentage used in the first test pit and lowering the Plasticity Index, from which we can conclude that the soil on the Jr. Ricardo Palma -Rataquenua highway had a higher performance in its resistance and can be used as an improved subgrade layer for paving purposes

I. INTRODUCCIÓN

El gobierno del Perú a través del Proyecto Especial de Infraestructura de Transporte Nacional, denominado PROVIAS Nacional adscrito al Ministerio de Transporte Y comunicaciones, incorporó a la Red Vial Nacional durante los meses del 2021, infraestructura vial de carreteras pavimentadas en un numero de 239 kilometros, lo que acumula en la totalidad de la Red Vial Nacional unos 22,623 kilometrso de carreteras pavimentadas., lo que representa un 83.7% de toda su extensión de la Red Vial Nacional .(Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 2021)

En el 2018 la región Áncash, ya cuenta con el 40% de sus carreteras pavimentadas y el 60% son carreteras no pavimentadas o también llamadas carretera de herradura, la cual representa una de los principales problemas en el sector transporte y en el diseño de una obra de infraestructura vial, se puede ver en una etapa de la ejecución de una obra de transporte ya sea pavimentadas o no pavimentadas.

A nivel nacional se ha podido observar que las vias o carreteras no pavimentadas con un transito bajo presentaron escasas soluciones a los problemas existentes en ellas, hoy en dia, se cuenta con distintos y variado numero de materiales y productos químicos que permiten la mejora de la estabilidad de las carpetas de rodadura además pueden lograr aumentar la capacidad de soporte de las capas que conforman la estructura de la carretera, por lo que aparece una gran variedad de soluciones que permiten la mejora y ampliación de su durabilidad en las estructuras, por lo que se obtiene mejor eficiencia y confort para los vehículos y por ende a las personas, y también se mejora la transitabilidad peatonal.

La via que corresponde al JR. RICARDO PALMA A RATAQUENUA cuenta con una longitud de 1+900 km aproximadamente, y tiene una carpeta de rodadura no pavimentada su flujo de tránsito para esta via es BAJO y debido a las frecuente presencia de precipitaciones pluviales en la ciudad de Huaraz, un inadecuado trabajo de obras o trabajos de mantenimiento, han provocado que la carpeta de rodadura no tenga una adecuada resistencia, razón por la cual, la carretera presenta baches y huecos,

por lo que resulta una red Vial con un alto grado de deterioro, lo cual proporciona incomodidad de los pobladores y conductores los cuales incrementa el tiempo en su recorrido y el aumento de los costos de los repuestos vehiculares.

La carretera del JR. RICARDO PALMA A RATAQUENUA viene siendo de gran importancia ya que es un lugar turístico y mirador de la ciudad de Huaraz, en el siguiente trabajo de investigación se tiene como objetivo la mejora de este tramo de carretera, aplicando para ello un producto estabilizante de orden químico como es cal agrícola, este material experimental se colocará en la superficie que soportará la estructura del pavimento es decir la sub-rasante de la carretera, mejorando su capacidad de soporte de carga, permitiendo optimizar los espesores y por ende mejorar el nivel de la transitabilidad de esta carretera porque actualmente el método se está aplicando en distintos lugares de nuestro país con resultados favorables a la mejora de las subrasantes de una carretera.

Antecedentes Internacionales

De acuerdo a Gomez M. G., (2018) evaluó en su trabajo de investigación con ensayos de laboratorio cual es la variación de la resistencia que posee el suelo en cuerpo de caolín presentes en una sub rasante con adición de cal, en distintas proporciones que es sometida a cargas monotónicas a tracción y cargas a compresión, se tiene como ensayo base las pruebas de propiedades mecánicas como el Proctor Estándar y estudios del suelo (Límites y granulometría) del suelo y suelo con adición de cal (caolín); antes de las pruebas señaladas, se realizó anticipadamente la caracterización de los materiales calcáreos y del suelo de subrasante, posteriormente se determinó el mejoramiento de la subrasante realizando las comparaciones respectivas, finalmente se logró llegar a concluir que el material experimental usado: cal, proporciona al caolín mejora respecto a las deformaciones máximas y a los esfuerzos que son sometidos. Los resultados de la investigación permiten perfilar a la cal como una adecuada opción si se necesita la estabilización de un suelo (subrasante) de manera rápida

Según Yineth (2022), presenta un estudio que plantea que se elabore un diseño de una estructura para pavimento sobre un suelo arcilloso. Este diseño considera la estabilización del suelo utilizando materiales como la cal y el aglomerante mas común en la construcción: el cemento. La investigación se realizó en la Universidad Francisco de Paula Santander. Los resultados que se tienen de los valores de CBR para la subrasante estabilizada con cal y con cemento en cantidades según las dosificaciones respectivas que se definieron previamente. A través del método racional se determinó las dimensiones de los componente de la estructura del pavimento con el suelo natural (son estabilizar) y con el suelo estabilizado (con cal y cemento), lo que permitió la comparación de ambas estructuras de pavimentos.

Según González (2010) en su tesis denominada“Evaluación de las propiedades mecánicas de suelos de grano fino estabilizados con cal”. Propone como su objetivo general de investigación mejorar las propiedades de los suelos desde una condición mecánica, siendo los suelos 3 tipos de suelos considerados: CL, CH Y ML, que luego se estabilizarían con la adición de producto químico: cal, en la investigación se pretende usar estos suelos estabilizados en la conformación de subrasante, subbases y bases para estructuras de pavimentos de carreteras. Se llega a concluir que de las diferentes suelos y muestras evaluadas se han obtenido mejoras en los resultados en su comportamiento estructural ya que se elevó la resistencia. Al suelo utilizado en la investigación se le incorporó un 6% del producto experimental, la cantidad de cal se determinò por los métodos: EADES y GRIM. Los resultados muestran una mejora del valor de CBR bastante considerable de 2.5% a 64% en la primera muestra, la mas destacada, fue la muestra 2 que obtuvo una mejora del CBR de 27% al 100%, respecto a la ultima muestra 3, presentò antes de la estabilización una condición de suelo limoso arcilloso, luego paso tener una textura correspondiente a suelo arenoso. Pero se octuvó un aumento de 6% al 100% de valore de CBR

Antecedentes Nacionales

Algunos estudios realizados en nuestro país, se puede analizar el proceso de estabilización de una subrasante haciendo uso de un producto residual como es la ceniza de bagazo de caña de azúcar y de cal. La información recolecta mediante la

técnica de análisis documental, utilizó instrumentos tales como fichas de resumen, y se les categorizó según matriz correspondiente. Se plantea como problema recurrente la deficiencia de resistencia o no cumplimiento de los valores mínimos establecidos en las normas de diseño de carreteras de la superficie de asentamiento de la estructura, la sub rasante, es este problema que fuerza a la realización de procesos de estabilización de las sub rasantes (Abanto y Salinas, 2021).

En su investigación Lopez y Zapata (2021) que corresponde a un análisis de estudios precedentes acerca de las estabilizaciones de suelos haciendo uso de la cal en las subrasantes; aplico una metodología básica del tipo descriptivo cuyo diseño corresponde a una investigación aplicada considerando enfoque cuantitativo de las variables es estudio; se llegó a encontrar los valores de sus propiedades mecánicas y propiedades físicas del suelo en estado natural (insitu), luego también se determinó propiedades mecánicas y propiedades físicas del suelo cuando se le adiciona una cantidad de producto químico como es la cal, esto permite tener un conocimiento claro de los efectos que se generan en dicho suelos la presencia de la cal, esta cantidad de cal debe ser la proporción óptima, y se optimizó con un tercer suelo con la dosificación adecuada y que proporcione los resultados elevados del suelo. Se tuvo como conclusión general que se tienen 4 tipos de suelos que no presentaron resultados capaces de soportar la estructura de una carretera, y se les adicionó diversos porcentajes de cal, que permitieron la mejora de las propiedades antes mencionadas. El análisis de las distintas investigaciones que incorporan cal, logran mejorar la resistencia del suelo, dependiendo de las proporciones serán los resultados.

Se tiene un efecto de la adición de cal hidratada con boñiga de res de acuerdo a Almidon (2021) para estabilizar la subrasante en un suelo arcilloso, y para ello se analiza la adición de cal hidratada con cantidad de boñiga de res para mejorar las condiciones mecánicas de la subrasante. Se presenta como hipótesis de estudio: “la adición de un porcentaje de cal hidratada y una cantidad de boñiga de res, mejorará las condiciones mecánicas de una subrasante de un suelo arcilloso”. Este estudio se desarrolló bajo una metodología del tipo aplicada y cuantitativa, con un nivel de

investigación explicativa, la investigación es experimental a nivel cuasi experimental, ya que tiene una muestra de estudio con suelo natural de la subrasante y muestras de suelo con cal hidratada y con boñiga de res en proporciones diferentes. Se obtuvo como resultados mas importantes la mejora del suelo que se clasificaron según el método SUCS como suelo CL (arcilla de baja plasticidad) con presencia de arenas según el método AASHTO el suelo es A-4(O). la investigación concluye que la adición de los productos experimentales estabilizantes, como son las cal hidratada y la boñiga de res, logran en la subrasante de un suelo arcilloso mejorar sus condiciones mecánicas es decir se logra estabilizar el suelo natural.

Antecedentesb Locales

Según estudios Zeneida y Montes (2022) . un suelo con partículas que corresponden a un suelo arcilloso por lo general no tiene un buen comportamiento mecánico para la conformación de una subrasante, es por ello que se debe mejorarla a través de procesos de estabilización del suelo natural, la incorporación de materiales calcáreos como los residuos de conchas de mejillón y la cal viva logran mejorar las condiciones mecánicas de un suelo arcilloso del sector vial Paria-Recrish. Con la estabilización de la vía se consigue mejorar la capacidad de soporte o CBR de la sub rasante que pueda soportar la estructura de la carretera sobre ella. Se utilizó una metodología de investigación del tipo aplicada teniendo un enfoque de estudio cuantitativo, su diseño es experimental a nivel cuasi experimental porque tiene un grupo control o de referencia. Se realizaron los ensayos de laboratorio mediante los cuales se logró determinar como influye la incorporación de estos aditivos naturales. El suelo de la sub rasante natural es del tipo arcilloso, según SUCS del tipo CL. Se obtuvo mejoras en la resistencia del suelo cuando se le incorporó dos proporciones de residuos calcáreos de concha de mejillón y cal viva, lo que permite la mejora de las características mecánicas del suelo estudiado.

Según estudios Tacca (2021) realizó una investigación que lleva por título Estabilización de suelo arcilloso con adición de cal para el mejoramiento de la subrasante, Vía de Evitamiento, Abancay – Apurímac, 2021. cuya investigación fue aplicada y nivel de investigación experimental. Los resultados mostraron que al adicionar las proporciones de 4%, 8% y 12% de la cal mejora la capacidad de soporte

del suelo y por tanto se logra la estabilización del suelo de la subrasante, cuando se le adiciona el 12% de cal se consigue un valor de CBR (al 95%) igual a 28.5% , el suelo cuando se le adiciona el 8% de cal consigue un valor de CBR (al 95%) igual a 24.95% , consigue un valor de CBR (al 95%) igual a 19.2%. todos estos resultados superan al valor de CBR del suelo natural que consigue un valor de CBR (al 95%) de 9.4%.

Por ello se puede inferir que el estudio realizado, logra demostrar la mejora de la capacidad de soporte de la subrasante cuando se adiciona la cal en todas las proporciones (4%, 8% y 12%), por tanto, se puede decir que se logra estabilizar el suelo de la subrasante, Vía de Evitamiento, Abancay – Apurímac, 202, siendo el porcentaje optimo de adición, el 8% de cal.

FUNDAMENTACION CIENTIFICA

CARRETERAS

Según (Merino, 2010) La via o ruta se define como un camino pavimentado de orden público que esta disponible para que se pueda transitar de forma cómoda y segura los usuarios con sus diferentes tipos de vehículos. Generalmente son las carreteras anchas que brindan a los usuarios fluidez en el tránsito. La clasificación de las carreteras o vías de un determinado país, es muy variada por el número de países que no homologan términos y normas.

Autopistas

De primera clase:

Son carreteras que presentan un valor de Índice Medio Diario Anual (IMDA) superior a los 6,000 vehículos /dia, que tienen la totalidad del control en sus accesos, lo cual permite brindar flujos vehiculares continuos. La carpeta de rodadura debe ser necesariamente pavimentada.

De Segunda Clase:

Son carreteras que presentan un valor de Índice Medio Diario Anual (IMDA) superior 4,001 e inferior a los 6,000 vehículos /día, que tienen un parcial control en sus accesos,

que proporcionan flujos vehiculares continuos. La superficie de la rodadura de estas carreteras debe ser pavimentada.

Carreteras:

De primera clase

Son aquellas que poseen Índice Medio Diario Anual (IMDA) superior 4,000 e inferior a los 6,001 vehículos /día,, tiene cruces vehiculares, se recomienda que en áreas urbanas se instalen puentes peatonales para el cruce correspondiente de la via, con seguridad vial, La superficie de la rodadura de estas carreteras debe ser pavimentada.

De segunda clase

Son aquellas que poseen Índice Medio Diario Anual (IMDA) superior 399 e inferior a los 4,001 vehículos /día,, tiene cruces vehiculares, se recomienda que en áreas urbanas se instalen puentes peatonales para el cruce correspondiente, con seguridad vial, este tipo de carretera debe contar con velocidades de operatividad seguras.

De tercera clase

Son aquellas que poseen Índice Medio Diario Anual (IMDA) menor a 400 e vehículos /día, funcionan con soluciones de tránsito ligero y la superficie de la rodadura de estas deben contar con un tratamiento de estabilización que permita la comodidad del tránsito.

Trocha carrozable

Es una via sobre la cual se transita con comodidad y que no llegan a alcanzar todas las características de diseño geometrico de una gran carreteras, y generalmente se considera a aquellas que poseen Índice Medio Diario Anual (IMDA) menor a 200 vehículos /día, la superficie de la rodadura de estas deben conformarse con afirmado o suelo natural.

INFRAESTRUCTURA VIAL DEL DEPARTAMENTO DE ANCASH:

Hasta el año 2016, en el departamento de Ancash, se tenia una red vial registrada de 10,821.90 Km de carreteras, de este total las carreteras o vías que corresponden a la red Vial Nacional son 1,894.60 Km; a la red Vial Departamental corresponden

1,218.60 Km, por ultimo a la Red Vecinal corresponden 7,708.60 Km. Ahora en la actualidad se muestran los siguientes, en la siguiente tabla.

Tabla 1

La clasificación de Sistema Vial Ancash según Tipo y Superficie de rodadura.

RED VIAL	Pavimentado	%	No pavimentado	%	Total, general	%
Nacional	15,086	60.5	9,857	39.5	24,943	17.7
Departamental	2,340	9.7	21,895	90.3	24,235	17.2
Vecinal	1,611	1.8	90,233	98.2	91,844	65.1
total	19,037	13.5	121,985	86.5	141,022	100.0

Fuente:(Laca, 2014)

Carreteras No Pavimentadas

Este tipo de carreteras poseen un estrato granular en la superficie de rodamiento, por lo general tienen un bajo volumen de vehículos que transitan sobre ella, con mínimo de repeticiones vehiculares de 300 mil vehículos para un periodo de 10 años.

Para el diseño de carreteras no pavimentadas, hay que tener en cuenta un factor, el control del polvo ya que en este tipo de carreteras tienden a tener un desprendimiento de agregados finos, son muy variables dependiendo de la zona ya puede ser zona de lluvias intensas o áridas.

El polvo es un riesgo natural que tiene varios tipos de control entre ellas esta: hacer riegos con agua, incluyendo aditivos, productos asfálticos, cemento, productos químicos o cal.

Concepto de Suelo

Los suelos son el resultado de un largo y continuo proceso de meteorización que consiste en la destrucción de la roca madre y su posterior acumulación de estas partículas en zonas diversas a lo largo de extensos periodos de tiempo no años, sino siglos. Estos procesos son diversos y pueden ser físicos, químicos, biológicos, entre otros, lo que permite a la roca madre fraccionarse, y modificar su granulometría, estas se acumulan en capas o estratos en depósitos geológicos denominados canteras. Estas capas se colocan una sobre otras definiendo claramente los tiempos de su colocación y se aprecian cuando se produce un punto de falla o de fractura en la corteza de la tierra (Etecé, 2021).

Al suelo también se le puede definir como el material inorgánico u orgánico que no está cementado y que se compone de granos minerales y materia orgánica en estado de descomposición, pero con manteniendo sus partículas en estado solido, que contiene cantidad de agua y de vacíos entre sus espacios de las partículas. Todo suelo es posible utilizarlo en la construcción como un material adecuado de acuerdo a la función se le dará el tratamiento preliminar: mecánico o físico: y pueda emplearse en proyectos de ingeniería: estructuras, cimientos, conformación de estratos etc.

Suelos Más Comunes

Gravas

Vienen a ser los depósitos geológico de acumulación de partículas sueltas de un diámetro mayor a 2 mm que datan de un periodo de tiempo con un origen producto del fenómeno físico mecánico del acarreo de material efectuado por el desplazamiento de las aguas que redondea su superficie,(canto rodado). Las gravas son un agregado que se encuentran en grandes depósitos y son muy comunes, en estas acumulaciones se encuentran los cantos rodados, luego arenas, también limos y arcillas en un orden decreciente. Las gravas se componen de particular cuyos diametros oscilan entre el intervalo de 2.00 milímetros hasta 7.60 cm (ACADÉMICA, 2017)

La Arena

A los materiales pétreos con granos finos que proceden de la descomposición de las rocas por efectos físicos o por mecánicos (artificial) se les conoce como las Arenas siempre que sus diámetros de partículas se encuentre entre el intervalo desde 0.05mm a 2 mm. (ACADÉMICA, 2017)

El limo

Limo viene a ser un suelo compuesto de partículas finas son suelos de granos finos con poca o ninguna plasticidad, pudiendo ser limo inorgánico como el producido en canteras, o limo orgánico como el que suele encontrarse en los ríos, siendo en este último caso de características plásticas. El diámetro de las partículas de los limos está comprendido entre 0.05 mm y 0.005 mm. (ACADÉMICA, 2017)

La arcilla

Es el suelo que se compone de granos sólidos y poseen un diámetro inferior a 0.05 milímetros, además posee una masa que posee la propiedad de convertirse en plástico cuando se combina con el agua. (ACADÉMICA, 2017)

Los Suelos y su clasificación:

Los suelos son muy variados por su composición de partículas y tipo de origen, etc, y se clasifican en 8 grupos los cuales se designan por los símbolos que van desde el A-1, A-2,...A-7 y A-8; también se clasifican teniendo consideración su composición en suelos de origen orgánico e inorgánico en 7 grupos que van también desde A1, A-2,...A-6 y A-7, las cuales a su vez se sub dividen en sub grupos en numero de 12, por ultimo todos los suelos que tienen un gran cantidad de materia organica se les clasifica en el tipo de suelo A-8 , suelo residual no apto para uso en la construcción, tanto en la elaboración de mezclas como en conformación de terraplenes o rellenos.

SUCS: Sistema Unificado de Clasificación de Suelos

En la Universidad de Harvard, el doctor Casagrande, A. fue el autor de un sistema que inicialmente en sus orígenes se llamo Clasificación de Aeropuertos en un principio para luego y hasta la actualidad se denomina Sistema Unificado de Clasificación de Suelos, este sistema tiene como ventaja ofrecer la inclusión de la plasticidad de cada suelos siendo esta una característica fácil de relacionarla en forma cualitativa con otras,

como la comprensibilidad, la resistencia, permeabilidad, su velocidad de variación de volúmenes, etc.(Academica, 2018)

Tabla 2

Clasificación de suelo según dimensión de las partículas que lo componen

Tipo de suelo	GRAVAS	ARENAS	FINOS
Material	(mm)	(mm)	(mm)
Tamaño de sus partículas	4.75 – 75	Gruesa 2.0 – 4.75	Limo 0.005 – 0.075
		Media 0.425 – 2.0	Arcilla Menor a 0.005
		Fina 0.075 - 0.425	

Fuente: Académica

Pavimento

Se conoce como pavimento a la estructura que se compone de varios estratos o capas que se conforman sobre la subrasante de la vía o trazo, dicha estructura debe ser capaz de resistir las cargas y de transmitir las al terreno de forma que las cargas que generan los vehículos que transitan sobre ella se distribuyan de tal forma que se mejora las condiciones de comodidad y de la seguridad vial por todo el tráfico. Los pavimentos pueden ser rígidos o flexibles dependiendo del material que los conforman y de la forma como transmiten los esfuerzos las capas y como logran deformarse y volver a su estado inicial una vez que la carga ya no afecta, por lo que la relación de las rigideces de las capas es relativa, entre estas capas o estratos podemos mencionar las siguientes:

- **Carpeta de rodadura:** es la capa que tiene como función principal la de estar en contacto con el tráfico vehicular permitiendo su adecuada adherencia, sinuosidad y comodidad.

- Base: esta capa o estrato se encuentra por debajo de la carpeta de rodadura y debe proporcionar el sostenimiento adecuado y la distribución de las cargas generadas por los vehículos, esta capa se debe conformar por un material granular capaz de drenar la humedad o también puede ser tratada con asfalto, cemento o cal o similar para tal fin.
- Subbase: es la capa que tiene como función de soportar y transmitir las cargas provenientes de la base y cumple un papel importante de drenaje además que se encarga de evitar que por capilaridad el agua perjudique a la base y carpeta de rodadura para ello se debe diseñar con una dimensión eficiente.

Tipos de Pavimento

Flexible

Este tipo de pavimento se compone de diversas capas de material granular y, debe contar con una superficie de contacto conocida como capa o carpeta de rodadura que se compone de material bituminoso conformando el Asfalto; principalmente se considera como capa de rodadura asfáltica sobre capas granulares. Se clasifican de acuerdo al tipo de superficie de rodadura que se aplique a continuación:

- Superficie de Asfalto, procedimiento con estratos no estructurados
 - Los tratamientos superficiales: mono capas, bicapa y tricapas.
 - Slurry seal, lechadas con morteros de asfalto.
 - Sellado con arenas.
 - Micro pavimentos
- Superficie asfáltica con capas estructurales
 - Mezcla en frío
 - Mezcla asfáltica tibia
 - Mezcla asfáltica pigmentada
 - Mezcla asfáltica porosa
 - Mezcla asfáltica con asfalto modificado

Es posible realizar una clasificación según la clase de capa: base, subbase y carpeta de rodadura.

También se pueden los pavimentos clasificar en función de su clase:

- Convencionales
- De profundidad parcial:.
- Profundidad Total:.

Pavimento Semirrígido o Segmentados

Está compuesta por estratos asfálticos que tienen espesor de material bituminoso, además de las estructuras que se componen capa asfáltica encima de una base con tratamiento de cal o cemento. Podemos mencionar:

Superficie adoquinada

El empedrado

Los emboquillados

Pavimento Rígido

(COMUNICACIONES, 2015)

Este tipo de pavimento se compone de una subbase de material granular, también puede tener un tratamiento con cal o cemento para mejorar las condiciones de soporte, o por el contrario pueden ser no estabilizadas en algunos casos, como por ejemplo cuando el suelo de fundación o subrasante es compactado y una carpeta de rodadura de concreto de cemento portland. En este caso para este tipo de pavimento se consideran las siguientes 3 categorías:

Pavimento rígido con juntas.

Pavimento rígido con juntas y con acero de refuerzo (mallas o fibras)

Pavimento rígido con acero de refuerzo de forma continua.

SUB RASANTE

es la capa donde se apoya la estructura del pavimento y su característica especial que define su propiedad de los materiales que compone la sub rasante es el módulo de resiliencia.

La sub rasante se pueden conformar por un proceso de relleno o por corte, cuando esta superficie este compactada deberá contar con las respectivas secciones trasnversales y las pendientes establecidas en los diseños geométricos correspondientes.

Para comenzar a efectuar los primeros diseños nos basamos en las propiedades de la sub rasante tales como:

- Granulometría
- Plasticidad
- Clasificación de suelo
- Humedad
- Proctor
- Cbr

Tabla 3

Categorías de Subrasante

Categorías de Sub - Rasante	CBR
S0: Sub - Rasante inadecuada	CBR < 3%
S1: Sub – Rasante insuficiente	CBR ≥ 3% A CBR < 6%
S2: Sub – Rasante regular	CBR ≥6% A CBR < 10%
S3: Sub – Rasante buena	CBR ≥10% A CBR<20%
S4: Sub – Rasante muy buena	CBR ≥20% A CBR<30%
S5: Sub – Rasante excelente	CBR ≥ 30%

Fuente:(COMUNICACIONES, 2015)

Caracterización de la Sub Rasante

Según el (MTC, 2015) teniendo como objetivo la determinación de las propiedades fisicomecánicas del material que componen la sub rasante proponen llevar a cabo

estudios la ejecución de pozos exploratorios o calicatas de 1.5 m de profundidad mínima; el número mínimo de calicatas por kilómetro, estar de acuerdo al cuadro 4.1 que se ubican de forma longitudinal y alternada, a lo largo de toda la faja que corresponde al ancho de la calzada con equidistancias entre ella.

Tabla 4*Profundidad de las calicatas en exploración de los suelos.*

Tipo de Carretera	Profundidad (m)	Número mínimo de Calicatas	Observación
Autopistas: carreteras de IMDA mayor de 6000 veh/día, cada uno con 2 o más carriles	1.50 m respecto al nivel de subrasante del proyecto	- Calzada 2 carriles por sentido: 4 calicatas x km x sentido - Calzada 3 carriles por sentido: 4 calicatas x km x sentido. - Calzada 4 carriles por sentido: 6 calicatas x km x sentido	Las calicatas se ubicarán longitudinalmente y en forma alternada
Carreteras Duales o Multicarril: carreteras de IMDA entre 6000 Y 4001 veh/día, de calzadas separadas, cada una con 2 o más carriles	1.50 m respecto al nivel de subrasante del proyecto	- Calzada 2 carriles por sentido: 4 calicatas x km x sentido. - Calzada 3 carriles por sentido: 4 calicatas x km x sentido. - Calzada 4 carriles por sentido: 6 calicatas x km x sentido.	
Carreteras de Primera Clase: Carreteras con IMDA entre 4000-2001 veh/día, de 1 calzada de 2 carriles.	1.50 m respecto al nivel de subrasante del proyecto	- 4 calicatas x km	
Carreteras de Segunda Clase: Carreteras con un IMDA entre 400-201 veh/día, de 1 calzada de 2 carriles.	1.50 m respecto al nivel de subrasante del proyecto	3 calicatas x km	Las calicatas se ubicarán longitudinalmente y en forma alternada
Carreteras de Tercera Clase: carreteras con un IMDA entre 400-201veh/día, de 1 calzada de 2 carriles	1.50 m respecto al nivel de subrasante del proyecto	2 calicatas x km	
Carreteras de Bajo Volumen de Transito: carreteras con un IMDA $\leq$ 200 veh/día, de 1 calzada.	1.50 m respecto al nivel de subrasante del proyecto	- 1 calicata x km	

Fuente: Manual de Carreteras Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos, sección Suelos y Pavimentos.

Registros de Excavaciones

Según (MTC, Registros de Excavacion , 2015) de las capas halladas por cada calicata se debe de obtener la muestra representativa, la cual debe ser correctamente rotulada y de fácil identificación a través de una tarjeta que contenga la ubicación y denominación de dicha calicata, además debe describirse el número de la misma, la profundidad de extracción, posteriormente se ha de colocar en bolsas de polietileno para su movilización hasta el laboratorio de Mecánica de Suelos, durante la ejecución de labores de campo se debe registrar el espesor de los diferentes estratos del subsuelo , además las características observables de su gradación, debemos reconocer el estado de compactación que presentan cada estrato del subsuelo. Así mismo se debe extraer una muestra representativa de la sub rasante en número según se indica en la tabla 4, para la realización de los ensayos correspondientes al Módulo resiliente o capacidad de soporte (CBR) para poder correlacionar mediante ecuaciones de M_R , los ensayos dependen del tipo de carretera.

Tabla 5*Numero de calicatas para la exploración de suelo.*

Tipo de Carretera	N.º M_R y CBR
Autopistas: carreteras de IMDA mayor de 6000 veh/día, de calzadas separadas, cada uno con dos o más carriles.	-Calzada 2 carriles por sentido: 1 M_R cada 3km por sentido y 1 CBR cada 1 km x sentido. - Calzada tres carriles por sentido: 1 M_R cada 2 km por sentido y CBR cada 1km x sentido. - Calzada cuatro carriles por sentido: 1 M_R cada 1 km y CBR cada 1km x sentido.
Carreteras Duales o Multicarril: carreteras de IMDA entre 6000 y 4001 veh/día, de calzadas separadas, cada uno con dos o más carriles.	- Calzada dos carriles por sentido: 1 M_R cada 3 km por sentido y CBR cada 1km x sentido. - Calzada tres carriles por sentido: 1 M_R cada 2 km por sentido y CBR cada 1 km x sentido. - Calzada cuatro carriles por sentido: 1 M_R cada 1 km por sentido y CBR cada 1 km x sentido.
Carreteras de Primera Clase: Carreteras con un IMDA entre 4000-2001 veh/día, de una calzada de dos carriles.	-1 M_R cada 3 km y 1 CBR cada 1 km
Carreteras de Segunda Clase: carreteras con un IMDA entre 400-201 veh/día, de una calzada de dos carriles.	-Cada 1.5 km se realizará un CBR.
Carreteras de Tercera Clase: carreteras con un IMDA entre 400-201veh/día, de una calzada de dos carriles	-Cada 2 km se realizará un CBR
Carreteras con un $IMDA \leq 200$ veh/día, de una calzada.	-Cada 3 km se realizará un CBR

Fuente: carretera establecido en la RD 037-2008-MTC/14 y el Manual de Ensayo de Materiales.

La sub base

Viene a ser el estrato que se conforma con un material especificado y que tiene un espesor según su diseño, este estrato tiene la función de drenar y controlar la capacidad que posee el agua, dependiendo del diseño en primer lugar, luego del tipo y de las dimensiones o espesores del pavimento en su conjunto. Este estrato puede ser conformado de material granular con un valor de CB superior a 40% en caso contrario deberá ser tratada con cemento, cal o asfalto.

La Base

Su función principal es la distribución y transmisión de los esfuerzos o cargas originadas por el tránsito vehicular desde la carpeta de rodadura hasta las capas inferiores como son la sub base y la sub rasante. La base debe contar con una capacidad de soporte superior al 80% caso contrario deberá ser tratada con cemento, cal o asfalto.

La Estabilización de los Suelos

Este proceso se encarga de controlar la estabilidad del volumen de la masa, también la de elevar el valor de su resistencia así como mejorar el módulo de esfuerzo-deformación del suelo, además debe conferir mejores condiciones de permeabilidad y durabilidad. Al estabilizar un suelo se consigue reducir la susceptibilidad del agua

Es posible también decir que la estabilización de un suelo corresponde al mejoramiento de sus propiedades tanto mecánicas como físicas, mediante la adición de materiales naturales o sintéticos y algunos productos químicos.

Generalmente la estabilización se propone en las subrasantes de condiciones mecánicas deficientes, y comúnmente se les conoce como estabilización suelo-cemento, suelo-cal, suelos-asfalto, etc.

Al estabilizar un suelo, se le está proporcionando a los mismos una resistencia mecánica mayor y sus propiedades se mantienen en el tiempo, y la incorporación de los productos se realiza con técnicas muy variadas.

Entre los distintos métodos de estabilización podemos mencionar:

Mejora por sustitución de material

Estabilización mecánica

Combinación de suelos

Adición de cal

Adición de asfalto

Adición de cemento, etc.

Por tanto, es importante la verificación de los cambios obtenidos mediante los ensayos de laboratorios correspondiente ya que se demuestra con ello la aptitud y mejora en los comportamientos mecánicos en los tramo de vía construida, es decir se ratifica el buen resultado. (MTC, Estabilizacion de Suelos, 2015)

Los criterios geotécnicos para estabilización de los suelos

- Desde un punto de vista de la geotécnica, un material se considera apto para conformar una sub rasante si su valor de CBR es superior a 6%, caso contrario o el suelo presente tambien una humedad excesiva o zonas blandas, se debe realizar un estudio específico para cada caso con un ingeniero responsables y analizar las multiples alternativas de estabilización, escogiendo la mejor y que se ajusta a las condiciones de operatividad, del proceso. Incluso elevar la subrasante de la vía
- Si se presentan estratos de subrasantes conformados por suelos arcillosos o limoso, se debe considerar que la humedad de sus particulas penetraran luego en los estratos granulares de la estructura del pavimento de tal forma que se puede contaminar, por lo que se debe proyectar un estrato que no permita la contaminación con un espesor de 0.10 m como mínimo.
- Se debe considerar siempre la importancia del nivel freático en la zona del trazo de la carretera, debiéndose ubicar la cota de la subrasante por encima de este nivel, al menos una altura de 0.60 m siempre que se trate de una subrasante buena, caso contrario la altura aumentaría.

- En las zonas altas por encima de los 4,000 sobre el nivel del mar, debe evaluarse la afectación que se tendrá en el suelo producto de las bajas temperaturas es decir se produce el congelamiento del suelo si el nivel de la napa freática no supera el nivel de la superficie de la subrasante el suelo podría ser susceptible a congelarse, por lo que se tiene que reemplazar este suelo en todo el espesor que se encuentra comprometido con este fenómeno.

Se debe determinar en primer orden el tipo de suelo, para así poder determinar cuál será el tipo de estabilización que se planteará

Funamentos para Estabilizar un Suelo

La estabilización de un suelo se logra cuando se plantean alguno de los siguientes procedimientos:

- Mezclas de suelos por procesos mecánicos
- Por procesos de drenaje
- Utilización de descargas eléctricas.
- Adición de componente químicos
- Uso de calor y procesos de calcinación

Teniendo en cuenta la variada y extensa cantidad de procesos de estabilización se debe esperar que cada método se pueda usar de acuerdo a los requerimientos del suelo y en un número limitado.

Estabilidad volumétrica

En la actualidad, para lograr la estabilidad volumétrica de un suelo es decir que se presenten cambios bruscos de su volumen, sobre todo en los suelos expansivos o suelos arcillosos se intenta agregar agua de forma temporal y en periodos variados y cortos, es decir se humedece el suelo con ello se consigue incorporar cargas que equilibren la presión expansiva del suelo, también se utiliza las membranas impermeables y se pueden apoyar la estructura a distancias mayores a la superficie de tal forma que no se registre la variabilidad estacionaria en la humedad de la masa.

Resistencia

Esta propiedad es inversamente proporcional al contenido de humedad que posea el suelo en estudio. Con mínimas excepciones.

Es posible lograr obtener diversos valores de resistencia condicionados ellos a la energía y la humedad de compactación, lográndose distintas características de resistencia para un suelo arcilloso o limoso, esto se debe a que un suelo arcilloso compactado con baja humedad (seco) en la curva de compactación tiene un comportamiento elástico y gran resistencia elevada, por el contrario si se compacta con alta humedad a pesar de su peso volumétrico el suelo presentará baja resistencia y su comportamiento será plástico.

La Permeabilidad del Suelo

Los suelos presentan dos problemas esenciales dentro que influyen directamente en la propiedad física de la permeabilidad y son el flujo de agua que fluye a través del suelo y la presión de los poros que se ejerce.

Al realizarse un proceso de compactado con baja cantidad de agua en un suelo arcilloso se consigue una alta permeabilidad porque los grumos la masa no logran disgregarse en su totalidad, de tal forma que la resistencia al esfuerzo de compactación es alta y por ello se permite la formación de gran cantidad de espacios o vacíos intersticiales, por el contrario, cuando el proceso de compactado se realiza con alto contenido de humedad se produce mayores alternativas para deformarse, debido a la eliminación de los vacíos de gran dimensión. A continuación, se presentan los valores de la permeabilidad de diferentes tipos de suelos:

Tabla 6*La permeabilidad en suelos según textura*

Suelo	Textura	Permeabilidad
Arcilloso	Fina.	Desde muy lento Hacia Muy veloz
Limoso	Moderadamente Fina	
	Moderadamente Gruesa	
Arenoso	Gruesa	

Fuente: Ministerio de Transporte y Comunicaciones (MTC)

La compresibilidad

Viene a ser el grado de disminucion del volumen de la masa del suelo cuando se le afecta con una determinada carga, la cual modifica su valor inicial y directamente también la resistencia del suelo.

Esta característica del suelo presenta importantes variaciones debido a los factores intrinsicos del suelo como son la relación de la carga que se aplica respecto a el soporte que presenta el suelo, también intervienen algunos factores como la sensibilidad del suelo y como se elaboran las pruebas y ensayos.

La durabilidad

Viene a ser la capacidad de resistir los efectos del intemperismo, así como la erosión de la superficie producto del tráfico, siendo la característica de la durabilidad en las vías terrestres que ser producto de las relaciones que se tiene al suelo que se sitúa próximo a la superficie de rodadura.

Estos daños se pueden producir tanto en los suelos naturales y los suelos que han sido estabilizados, es así que los problemas afectan también a un suelo estabilizado, por lo que es necesario en la actualidad elaborar estudios de la estabilidad en este tipo de suelos.

Tipos de Estabilización

El propósito de estabilizar suelos, es alterar sus propiedades físicas, incrementar su resistencia y durabilidad con el fin de obtener un material de fundación satisfactorio.

Estabilización con cal

Se utilizan aditivos para establecer la mejora de características de los suelos finos arcillosos y limosos, generalmente se utiliza el cemento, la cal y las cenizas volantes. Con la incorporación de estos productos se logra estabilizar el suelo debido a que se modifica su comportamiento y se permite acelerar su construcción, se logra la mejora de la fuerza y la durabilidad. Los tipos de cal utilizadas para los procedimientos de estabilización de suelos arcillosos o limosos por efectividad la cal hidratada con elevada contenido de calcio, la cal dolomítica monohidratada y cal viva (dolomítica), además se debe considerar la cantidad de incorporación que suele encontrarse entre el intervalo desde 5% hasta 10% .

Estabilización suelo/cal

Para este proceso de estabilización se utilizan diversos materiales que intervienen de forma conjunta, a continuación presentamos a los mas importantes:

El Suelo

La mayoría de los suelos finos: arcillosos y limosos, son susceptibles a estabilizarse con la cal, también los suelos gruesos con presencia de limo o arcillas logran la mejora de sus características mecánicas cuando se le adiciona la cal como estabilizante.

Los resultados mas significativos se consiguen generalmente en las fracciones arcillosas que se traduce en la mejora de la capacidad portante y las propiedades físicas.

La cal:

Es el producto estabilizante que contiene compuestos que se mezclan con los suelos finos, estos provienen de las piedras calizas activadas térmicamente. A continuación, tenemos los siguientes tipos de cal:

La cal VIVA / Q

Es un material que tiene color blanco y se encuentra en estado solido, con un peso específico que vari entre 3.18 hasta 3.40; no tiene estabilidad ya que posee una necesidad de agua muy elevada, debido a ello es capaz de absorber incluso el vapor de agua presente en la atmosfera asi como absorber agua de las sustancias orgánicas cercanas llegando a producir los efectos cáusticos.

La cal HIDRATADA / S

Es un material tambien de color blanquecino que proviene de un proceso de calcinación de material calizo que tiene mas del 5% de arcillas en su composición , razón por la cual no es tan blanco como la cal viva, luego del proceso de calcinación se consigue obtener las caracterisiticas propias de la cal grasa. Las normatividad IRAM 1516 distingue las siguiente clasificación según su presentación:

La totalidad de ellas se componen generalmente por compuestos de hidróxido de Calcio (Ca(OH)_2).

Tabla 7
Cales hidratadas

Tipos	Clase	Presentación
Aérea	Cálcicas	Cal Viva (en terrones)
		Cal hidratada (en polvo)
	Magnésicas	Cal hidratada (en pasta)
Hidráulica		Cal Viva (en terrones)
		Cal Hidratada (en terrones)

Fuente: Elaboración Propia

TIPOS DE TRATAMIENTO CON CAL

Los tipos de procesos para tratar un suelo con incorporación de cal, se da en función del objetivo que se desea lograr, ya sea un secar el suelo, modificar sus propiedades, o simplemente estabilizar (ambos)

El Proceso de SECADO:

La adición de cal en un suelo arcilloso con alto contenido de agua(humedad), ayuda con la disminución de la cantidad de agua en el suelo, esto se debe a la acción conjunta de:

- La contribución del suelo seco
- Agua necesaria para la hidratación
- Proceso de evaporación por reacción exotérmica.

Con esta acción conjunta la contribución del 1% de la cal viva se logra la disminución del contenido de humedad de un suelo en casi un porcentaje de 4% a 5%. Además se debe considerar que el proceso de aireación y del volteo del material o combinación con otro suelo de préstamo, proporciona en promedio una reducción de 2% , llegando por lo tanto a una disminución total del contenido de humedad máxima de 7%

Por otro lado, cuando un suelo tiene la humedad baja de su óptimo contenido de humedad se recomienda el uso de la cal en su estado casi fluido conocido como lechada, esto permite las polvaredas que producen al extender el material además de controlar la humedad de este suelo seco. (Rodríguez, 2005)

El proceso de la Modificación

Se trata de reducir en poco tiempo (horas o minutos) el contenido de humedad que se encuentra retenida en un suelo limoso o arcilloso, esta disminución permite mejorar a su vez la trabajabilidad del material.

La combinación provoca mediante la reacción químico-físico, cambio de sus iones la neutralidad y la floculación.

La modificación en obra permite que se pierda la consistencia pegagosa del material y se torna con un aspecto mas arenoso, lo que permite elevar su trabajabilidad y compactibilidad que como consecuencia permite elevar su capacidad de soporte (CBR) de forma considerable.

Generalmente las modificaciones con cal, incorporan valores de entre 1% hasta el 3% (Rodriguez, 2005)

El proceso de la Estabilización

Consiste en mejorar la resistencia, basado en la función de la cantidad de arcilla y la temperatura ambiente, así aumentando la capacidad portante y la capacidad de soporte (CBR) de los suelos, teniendo como finalidad de su empleo como una capa estable que forma parte de la estructura de un pavimento. Para poder obtener sub rasantes y subbases con espesores reducidos, pero con adecuadas propiedades de resistencia mecánica y permeabilidad.

Generalmente las estabilizaciones con cal, incorporan valores de entre 3% hasta el 8% (Rodriguez, 2005)

Ventajas de la Estabilización con la Cal:

El proceso de estabilización de los suelos arcillosos con la cal (viva o hidratada) que van a conformar estratos, terraplenes, plataformas etc., logra la mejora u obtención de ventajas técnicas y económicas (disminuye espesores) tales como las que a continuación se mencionan: (Rodriguez, 2005)

- Se incrementa la capacidad portante y soporte del suelo (CBR) elevando su tracción y flexión.
- Se disminuye la plasticidad lo que permite aumentar la trabajabilidad, además usando la cal viva el proceso de secado es muy rápido en los suelos, por lo que es más fácil ejecutar la compactación.
- La trabajabilidad varia en sus diferentes fases durante la ejecución de actividades en una obra como son: la etapa del mezclado del material, el proceso de extendido, el proceso de refine, el proceso de compactación, ente otros.

Análisis Previo de los Ensayos

Primero identificaremos las características del suelo tanto física y mecánicas, para definir si el producto para el proceso de estabilización con cal agrícola permite dar solución a este problema específico.

Ensayos de Identificación de Suelos

Entre ellos tenemos ensayos de identificación de suelos, ensayos de comportamiento del suelo:

Identificación de los Suelos a Estabilizar

Condiciones Granulométricas

- Esta condición nos proporciona la distribución de las partículas del suelo según tamaño permitiendo separar las partículas de agregado grueso del agregado fino, con el objeto de conocer cuál es material predominante en el suelo: es decir grava, arena, limo o arcilla. De acuerdo a los tamaños de las partículas en la tabla 11 se definen los términos siguientes (comunicaciones, 2015)

Tabla 8*Clasificación de suelo según tamaño de partículas.*

Tipo de material		Tamaño de partículas
MATERIAL GRUESO	GRAVA	75 mm – 4.75 mm
	ARENA	Arena gruesa: 4.75 mm – 2.00 mm
		Arena media: 2.00 mm – 0.425 mm
		Arena fina: 0.425 mm – 0.075 mm
MATERIAL FINO	LIMO	0,075 mm – 0.005 mm
	ARCILLA	Menor a 0.005 mm

Fuente: Manuel de las carreteras. Suelos y pavimentos.

El Contenido de la Humedad en el Suelo

Es la cantidad de agua natural o artificial (adicionada) que se contiene el suelo y se expresa en porcentaje de agua relacionada con la masa o en algunas veces con el peso de la totalidad de las partículas del suelo en estado sólido.

El Límite Líquido

En un suelo fino arcillosos o limoso el límite líquido viene a representar la frontera o límite desde donde si se aumenta el agua contenida en el suelo, este se convertirá en un líquido, por el contrario, si se disminuye desde esta frontera o límite el suelo presenta un estado plástico. (Guillén)

El Límite Plástico

Este ensayo al suelo fino arcillosos o limoso tiene como objeto la búsqueda del contenido de agua o humedad de una porción de suelo cuando este se encuentra en su estado plástico óptimo, considerándose la humedad mas baja a partir del cual se forman cilindros de suelo húmedo con 3.0 mm de diámetro, y se entiende que este límite plástico si es superado por mayor cantidad de agua entonces el suelo obtendrá un estado sólido, mientras que si la cantidad de agua está por debajo de esta frontera señalada, el suelo obtendrá un estado semisólido. (Guillén)

Tabla 9

Clasificación de los suelos según: Índice de plasticidad

Índice de plasticidad	plasticidad	características
IP > 20	Alta	Suelos muy arcillosos
IP < 20 y IP > 7	Media	Suelos arcillosos
IPO < 7	Baja	Suelos pocos arcilloso
IP = 0	No <u>plastico (np)</u>	Suelos exentos de arcilla

Fuente: (comunicaciones, 2015)

Clasificación de los Suelos

Según los acápites anteriores se podrá estimar que la respuesta de las características de un suelo es variada con la incorporación de productos estabilizantes, a continuación, presentamos una serie de tipos de suelos correlacionados entre los sistemas mas comunes en la ingeniería mundial SUCS y AASHTO (comunicaciones, 2015)

Tabla 10*Clasificación del suelo según AASTHO y SUCS*

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

Fuente: Ministerio de Transporte y Comunicaciones

Ensayos de Comportamiento

CBR: (California Bearer Ratio), es un valor establecido y clasificado tanto por El Sistema Unificado para clasificación de suelos (SUCS) como el Asociación Americana (AASTHO) para las carreteras, El manual de carreteras establece la elaboración del perfil estatigráfico, en cada uno de las zonas con características homogéneas de composición, desde el cual se tiene que determinar un programa o plan de ejecución de ensayos para determinar el valor de CBR del suelo, que en referencia al suelo será al 95% de su máxima densidad seca (MDS) además con valor de penetración de la carga a 2,54 mm.

Determinación del CBR para la Subrasante

- Para las zonas que tienen 6 valores o superior cantidad de pruebas de CBR por cada uno de los suelos representativos o con características similares, se debe considerar el valor del CBR para sub rasante como el promedio ponderado de cada uno de los valores hallados en cada sector de características similares.
- Para las zonas que tienen menos de 6 valores o inferior cantidad de pruebas de CBR por cada uno de los suelos representativos o con características similares, se podrá determinar los valores para el CBR del diseño para una subrasante considerando los criterios que a continuación se señalan:
 - Para valores iguales se debe escoger el valor promedio de estos.
 - Para los valores diferentes se debe asumir escoger los valores críticos realizando la subdivisión de todos ellos, previa separación en agrupamientos con valores iguales o casi iguales con su respectivo promedio; llegando a tomar el valor de longitud promedio no mayor a los 100 m.
- Definido el valor de diseño para el BCR, en cada uno de los sectores o sector, que presenten estas características similares, se debe clasificar según su categoría de diseño perteneciente al respectivo sector o subtramo según lo siguiente:

Tabla 11

Categorías de sub-rasante

Categorías de Subrasante	CBR
S_0 : Subrasante inadecuada	CBR <3%
S_1 : Subrasante Insuficiente	De CBR $\geq 3\%$ A CBR < 6%
S_2 : Subrasante Regular	De CBR $\geq 6\%$ A CBR <10%
S_3 : Subrasante Buena	De CBR $\geq 10\%$ A CBR < 20%
S_4 : Subrasante Muy Buena	De CBR $\geq 20\%$ A CBR <30%
S_5 : Subrasante Excelente	CBR $\geq 30\%$

Fuente: Manual de carreteras sección suelos y pavimentos 2014

Ensayo de Proctor Estándar y Proctor Modificado

Estos ensayos a los suelos para fines de pavimentación son los que más se utilizan para el estudio de los procesos de compactación de un determinado suelo con presencia de finos en la conformación de plataformas o estratos, terraplenes, entre otros trabajos con tierra o suelo. Estos dos ensayos están normados por la ASTM y UNE que rigen de forma imprescindible para la caracterización de las puestas en obra de un determinado suelo.

El primer ensayo: Proctor - Estándar se encarga de determinar cuál es la densidad seca máxima que posee un suelo además de la cantidad de agua en el es decir su optima humedad que necesita para lograr esta densidad máxima.

La segunda prueba o ensayo de Proctor - modificado es parecida a la primera, empero se modifica su capacidad que posee el molde y la energía de compactación, se toman un número mayor de contenido de humedad y de densidad para elaborar un trazo de curva del Proctor en donde se tienen diversos grados de contenido de humedad. Cabe señalar que en este ensayo la energía d compactación es mayor que el Proctor estándar.

Proceso para determinar el óptimo porcentaje de cal

A partir determinación que un suelo se encuentra apto para recibir un proceso de estabilización con la cal, luego se debe proceder a determinar cual es la combinación del suelo-cal en distintas dosificaciones que permitan lograr la mejora de las propiedades mecánicas y físicas de este suelo.

La manera mas adecuada para la determinación de la optimo porcentaje de cal como producto estabilizante es aquella que se logra con los ensayos de comportamiento, con los ensayos de capacidad de soporte CBR y ensayos de Proctor-modificado. Los porcentajes para mezclas de suelo-cal mas a utilizar en estos ensayos iniciales es desde un rango que va desde 2%, 4%, 6% y 8%, con estas combinaciones iniciales se llega a comprobar cual es el efecto del proceso de estabilización en el suelo. (CE.020 Suelos y Taludes DS N° 017-2012, 2016)

Uso la optimo porcentaje de cal

Para las sub rasantes: es posible lograr una determinada resistencia con propiedades mecánicas adecuadas de un suelo limoso o arcilloso que tiene una textura fina mezclado con un producto químico como es la cal, se debe usar desde un rango de 3% hasta el 6% de producto estabilizador en el suelo seco. (Manual estabilizacion de suelo tratado con cal, (2006), pag /7.)

Para la base: en este caso se utiliza para la construcción de nuevos caminos y reconstrucción, deteriorados que generalmente requieren una adición de 2% y 4% con respecto al peso del suelo seco. (Manual estabilizacion de suelo tratado con cal, (2006), pag /7.)

Estabilización de sub-rasante con cal

Se debe saber que antes de realizar el mezclado del estabilizante químico cal con el suelo, se deben seguir algunos procedimientos previos lo cual lo identificaremos como etapas.

1º etapa Preparación del estrato para subrasante: se debe escarificar a una profundidad y ancho adecuado, para luego realizar la pulverización parcial en todo el contorno, se debe de realizar trabajos de remoción de materiales que no pertenecen al suelo además aquellas particulas que tienen un tamaño por encima de las 3 pulgadas.

2º etapa proceso de adición del estabilizante quimico cal: la aplicación de la cal es calculada previamente mediante ensayos de laboratorio donde nos dan un porcentaje adecuado, puede ser aplicado en dos formas; en polvo (vía seca) la cual no se podrá extender en condiciones de viento por generar polvo, o de lechada (vía húmeda) la cual es calculada previamente.

3º etapa Aplicación de agua y Mezcla in situ: para la mezcla de la Cal dentro del suelo volvemos a escarificar el Suelo con la Cal y posteriormente procedemos a la adición optima del agua para iniciar la reacción, una vez realizado dicho procedimiento volvemos a mezclar para obtener un producto homogéneo.

4º etapa Periodo de Fraguado: para que la reacción química cambie las propiedades del material debemos esperar a que tenga un buen fraguado. El tiempo de fraguado

dependerá del tipo de suelo, el periodo de este proceso es de 1 a 7 días para poder mejorar el suelo.

Si tan solo es para secado no se da el proceso de fraguado.

5º etapa compactación: Para una buena compactación, se deberá iniciar inmediatamente después del mezclado final de suelo y cal. Y así poder llegar a las solicitudes de densidad que nos proporciona la especificación técnica reglamentadas en la norma, como mínimo llegar al 95% de la MDS, obtenida en el ensayo de Proctor modificado así mismo se debe basar las densidades tomando como referencia las curvas de compactación que forma para las muestras evaluadas, las cuales han de ser representativas del suelo-cal del total de la sub rasante.

6º etapa de curado final: después de la compactación y de la prueba de densidad in-situ, antes de colocar la subbase, debemos observar que la subrasante haya endurecido lo suficiente, hasta ver que los vehículos puedan transitar sin dejar marca en la superficie del suelo tratado, durante ese periodo debemos mantener el suelo tratado con cal en una condición húmeda con un rociado leve para ayudar al incremento de la resistencia

Problema

En nuestro país se tienen 165,692.4 km de carretera en total, entre carreteras no pavimentadas y pavimentadas, en lo cual un 84.76% corresponde a carreteras no pavimentadas.

Actualmente se tiene a disposición materiales y productos de poder mejorar carreteras no pavimentadas y dar una opción para mejorar con tratamiento en la superficie de rodadura y darle un mayor soporte a sus capas que conforman la rodadura y tener una mejor transitabilidad vehicular y peatonal.

La carretera no pavimentada del Jr. Ricardo Palma a Rataquenua tiene una longitud de 1+900 km aproximadamente, tiene una baja transitabilidad y en tiempo de lluvias viene siendo más afectado con la presencia de huecos, baches que dificultan el tránsito,

y por ende hace que su resistencia de la superficie de rodadura disminuya, creando así una vía con elevado deterioro lo cual genera un alto grado de incomodidad en la población y así se hace difícil transitar tanto peatonal y vehicular.

Este proyecto de investigación tiene como objetivo mejorar las condiciones de este tramo a través del uso de un producto químico para estabilización del suelo aplicando cal al suelo de la sub - rasante de la carretera no pavimentada del Jr. Ricardo Palma a Rataquenua, se pretende mejorar el nivel de la transitabilidad vehicular, se tienen actualmente estabilizaciones con este producto en muchas de las vías de nuestro país obteniendo resultados óptimos a bajo costo.

Justificación

Relevancia Social

El motivo fundamental para la ejecución de este proyecto es mejorar las propiedades mecánicas del suelo, Por otra parte, se dará una mejor transitabilidad de vehículos y así mismo facilitara el desplazamiento de los pobladores o turistas que van de visita, actualmente las personas se transportan en autos , motos, camionetas , lo cual ocasiona incomodidad debido al mal estado que se encuentra dicho tramo por eso este tipo de investigación favorecerá al tipo de suelo a tratar ya que se dará un mejoramiento o un mejor soporte se toda la trocha para vehículos de carga pesada y dejar un antecedente si en algún momento desean realizar una mejora con fines de pavimentación.

En esta investigación se planteo utilizar la CAL la cual fue aplicada en una serie de combinaciones al suelo, la carretera del jr. Ricardo Palma a Rataquenua es un lugar turístico que en el proceso de la ejecución de este proyecto beneficiara a toda la población del sector y también a los turistas.

Aporte Científico

En el departamento de Ancash cuenta con diversos tipos de suelos algunos con una subrasante inestabilidad en cualquier proyecto de construcción y que además encontramos variedades de recursos como la cal, la cual tiene propiedades que a ser sometidas a cambios en su composición nos otorga una combinación con el suelo y ayuda a mejorar la subrasante, coincidiendo con nuestro objetivo principal de estudio.

Esta investigación ayudara a contribuir a la comunidad y colocar a disposición de los estudiantes, brindándoles información sobre las nuevas formas de estabilización en suelos con recursos naturales y también reducir el impacto ambiental, por otro lado, también podría ser un aporte a una futura pavimentación.

Formulación del Problema

De acuerdo a lo mencionado anteriormente, la formulación de la pregunta se describe de la siguiente manera: ¿Cómo influye el CBR con la adición del 5% y 8% de cal en una subrasante?

Conceptuación y operacionalización de variables

Variable Independiente	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores
Adición de la cal	La incorporación de la cal en un suelo da la opción de mejora o incremento del potencial hidrogeno de empero los cambios pueden ser mínimos o se aprecian en periodo de largo tiempo, luego de varias aplicaciones. Los porcentajes de cal y el tipo de suelo influye en las magnitud de los cambios en el suelo. (suelo, 2012)	Se debe determinar la variación de las propiedades mecánicas y físicas en un suelo de la zona de estudio y se considerado la incorporación de una cantidad optima de cal agrícola en los porcentajes de 5% y de 8% en relación al peso del suelo	1. La dosis de cal 2. El tipo de suelo	El contenido de la humedad del suelo natural Los límites de Atterbertg o de consistencia Granulometría del suelo Ensayo de Proctor (modif) California Bearing Ratio (CBR) del suelo

Hipótesis

Mediante la incorporación de cal agrícola, se lograría mejorar la relación de soporte (cbr) de la sub-rasante de la carretera del Jr. Ricardo palma a rataquenua – huaraz-2023.

Objetivos

Objetivo general

Evaluar la Adición de cal agrícola para mejorar el soporte (cbr) de la sub-rasante del Jr. Ricardo Palma a Rataquenua – Huaraz-2023.

Objetivos específicos

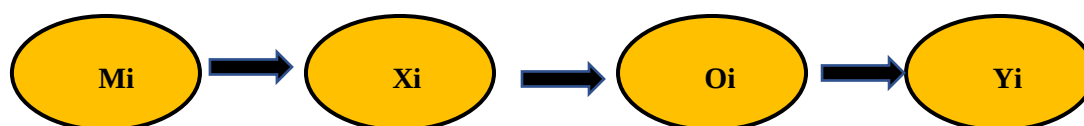
- Analizar las características físicas y mecánicas del suelo de la carretera del jr. Ricardo palma a Rataquenua.
- Determinar el valor de CBR de la sub-rasante de la carretera del jr. Ricardo Palma a Rataquenua.
- Determinar el (cbr) con adición del 5% y 8% de cal agrícola y compararlo con la muestra patron.

II. METODOLOGÍA

Tipo y diseño de investigación

El estudio realizado se enmarca dentro del tipo de investigación cuantitativo, de acuerdo a (Landeau- 2007), este tipo de investigación debe buscar verificar o comprobar de una manera deductiva las proposiciones causales las que han sido elaboradas previamente en un sitio diferente al de la zona de estudio, es así posible entonces la construcción de hipótesis que relacionan las variables para que al final podamos comprobar su veracidad o falsedad, es decir sus efectos.

La metodología del estudio tiene un diseño que emplea la experimentación de la adición de un material nuevo en el suelo, por lo que corresponde a un diseño experimental, de acuerdo a (Arias, 2012), un diseño experimental viene a ser un proceso en el cual se somete a un objeto de estudio o especímenes ya sea de forma individual o en grupos, a ciertas condiciones dadas por el autor, en nuestro caso se le adiciona un porcentaje de cal, lo que se considera variable de estudio independiente, para posteriormente realizar la observación de las consecuencias que esta adición tiene en la variable dependiente que este caso es el proceso de estabilización del suelo en estudio.



Siendo:

Mi: Carretera no pavimentada del jr. Ricardo Palma-Rataquenua

Xi: Mejoramiento del California Bearing ratio en subrasante

Oi: incorporación de material experimental: cal

Yi: Mejoras de la condición del suelo de sub rasante: Estabilización

Población y Muestra

Población

La carretera de bajo tránsito del Jr. Ricardo Palma a Rataquenúa, comprende una longitud de 2 km, en la provincia de Huaraz.

Muestra:

La muestra que se tomó en consideración para este proyecto es 1900 metros lineales lo cual hay en la carretera del Jr. Ricardo Palma- Rataquenúa.

c. Técnicas e instrumentos de investigación.

Técnicas:

Dentro las técnicas usadas en estos estudios destacamos que se realizó un análisis de la información documental de tesis, y libros consultados, así como también la normatividad vigente en el país como es el Manual de Diseño geométrico de Carreteras del MTC. Las normas ASTM para ensayos y pruebas, algunos artículos científicos entre otros que nos permitieron desarrollar la presente investigación.

Instrumentos de investigación:

Manual para muestreo de suelos.

Proceso y análisis de la información

Se realizó primero la información de campo para después se le otorgó la confiabilidad a dicha evaluación, después de haber verificado se procedió a analizar los datos de experimentación los cuales son (estudio de mecánica de suelos) que han sido puestos de manera descriptivo y aplicativos de Microsoft Excel.

Seguidamente a los resultados obtenidos se procede a proporcionar la cantidad necesaria del aditivo cal agrícola, para poder mejorar las propiedades físicas y mecánicas del suelo en la carretera del Jr. Ricardo Palma- Rataquenúa consiguiendo la mejora de la relación y deducir el óptimo porcentaje de adición para la estabilización en suelos similares que mejoren las obras de transporte.

III. RESULTADOS.

Según los resultados que se obtuvieron en ensayos de laboratorio, las muestras que se obtuvo al hacer las calicatas de la carretera del Jr. Ricardo Plma a Rataquenua en los tramos, km 0+950 y km 1+995, donde se proporcionará también la adición de cal del 5% y 8%, es posible dar respuesta a la hipótesis de investigación planteada. Para realizar las calicatas se realizó un conteo vehicular donde se halló el cálculo del IMDA, lo cual nos permitió conocer el número de vehículos que transitan por la carretera, de acuerdo Manual de diseño geométrico de Carreteras del MTC que nos da a conocer que la carretera era una trocha carrozable de bajo tránsito y también determinar la cantidad de calicata a realizar. En la figura 1 muestra la ubicación exacta de las calicatas donde se realizó los ensayos correspondientes.



Figura 1. Trazo de la carretera y ubicación de calicatas

Ubicación política:

Lugar : CIUDAD DE HUARAZ

Distrito : HUARAZ

Provincia : HUARAZ

Departamento : ANCASH

Coordenadas : C-1 (Este 223936.48 m – Norte 8945062.10 m)

C-2 (Este 223862.67 m – Norte 8944866.01 m)

Para llevar a cabo el siguiente trabajo de investigación , se realizaron varias secuencias, lo primero fue ubicar los puntos donde se realizara las calicatas para posteriormente extraer el material y llevarlas a ensayar, una vez identificado los puntos, necesitamos conocer la cantidad de exploración que vamos a realizar a la sub-rasante de la carretera en estudio , para ello realizamos un conteo vehicular donde ya mencionado nos dio a conocer el tipo de carreta y cuantas calicatas se va a realizar según indicado en el (Manual de Carreteras Suelos , Geología , Geotecnia y Pavimentos : Sección Suelos y Pavimentos).

El segundo paso, fue obtener las muestras representativas del terreno y analizar las características físicas-mecánicas, para lo cual el tramo en estudio fue dividido en dos partes lo cual nos dio a deducir por los estudios ya realizados.

Se realizaron 2 excavaciones, siguiendo los criterios de investigación las cuales son un área de 1 m² y una profundidad de 1.50 m. las cuales están ubicadas a cada 1000 metros en forma alterada en toda la carretera, posterior a ello dichas muestras fueron trasladadas al laboratorio de la universidad de San Pedro en la ciudad de Chimbote, para su debido estudio donde se proporcionó los estratos , ya que en este caso solo se contó con un solo estrato, humedad, olor, plasticidad, entre otros.

Las muestras mandadas fueron sometidos a los siguientes ensayos.

Características físicas:

- Granulometria MTC E107
- Contenido de Humedad MTC E108
- Limite Liquido MTC E110
- Limite Plástico MTC E 111
- Índice de Plasticidad ASTM D-438

Características mecánicas:

- Proctor Modificado MTC E115
- CBR MTC E132

Tercer paso, después de analizar la clasificación del suelo de sub rasante por los métodos SUCS Y AASTHO, bajo los ensayos de granulometría, límites de Atterberg y humedad, luego se realizó ensayos respectivos para la determinación del potencial hifrogeno del suelo natural y del suelo con adición de cal, para permitir con ello la determinación del porcentaje optimo de cal que se debe incorporar al suelo de la subsarante. Obtenido esta cantidad de producto estabilizante que se ha de agregar al suelo de la sub-rasante se realizó a la mezcla correspondiente y paso seguido se realizó ensayo de Proctor modificado para determinar su porcentaje máximo para su condición densidad seca y la cantidad de agua en la muestra (contenido de humedad optimo). Y así proceder con las pruebas al ensayo de CBR a las mezclas de suelo y cal, del 5% y 8%, las propiedades del suelo deben ser necesariamente mejoradas, de esta manera determinamos que las cualidades de la tierra han aumentado favorablemente a la adición de cal para poder cumplir con los detalles que nos manda el MTC para que la tierra en estudio sea considerada para uso de sub-rasante.

RESULTADOS SEGÚN OBJETIVOS

RESULTADO DEL OBJETIVO GENERAL

“Adición de cal agrícola para mejorar el soporte (cbr) de la sub-rasante del Jr. Ricardo Palma a rataquenua - huaraz-2023”.

una vez obtenidos los resultados de la adición del estabilizante químico cal podemos ver que se logró incrementar porcentualmente en la capacidad de soporte (CBR).

De cada uno de las muestras mandadas a analizar de la carreteo cumpliendo así con los parámetros mínimos que debe tener el sub-rasante, para poder ser usado con el fin de estructura del pavimento. En la siguiente tabla pasamos a mostrar los valores de mejora del CBR del suelo – CAL, con respecto al CBR del suelo patron.

Tabla 12

Resumen de los resultados obtenidos en laboratorio

MEZCLA (DESCRIPCION)	I.P	% DE CONTENIDO	RESULTADOS DE COMPACTACION		EXPANSIÓN (%)	RELACION DE SOPORTE (CBR)
			M.D.S	O.C.H		
Grava Arcillosa, Arena+cal	16.41	0%	1.736	14.30%	S.E	6.2%
		5%	1.735	10.20%	S.E	6.5%
		8%	1.742	14.40%	S.E	6.5%
Grava Arcillosa, Arena+cal	16.41	0%	1.730	13.60%	S.E	5.2%
		5%	1.684	12.00%	S.E	6.5%
		8%	1.720	13.70%	S.E	7.2%

Fuente: Elaboración Propia.

Resultados según objetivos específicos

Según las pruebas y ensayos que se realizaron para las muestras tomadas en campo, podemos demostrar las propiedades (físicas y mecánicas) del suelo natural y luego suelo + cal, donde obtendremos las muestras a utilizar, para la carretera jr. Ricardo Palma-Rataquenua la cual dividimos en dos tramos que cuenta con 1000m, donde realizamos una calicata a una profundidad de 1.50 m.

RESPUESTA AL OBJETIVO ESPECIFICO: Analizar las propiedades mecánicas y físicas del suelo de la carretera del jr. Ricardo Palma-Rataquenua.

A. GRANULOMETRIA POR TAMIZAJE

El ensayo de granulometría tiene como fin la determinación de los porcentajes retenidos por tamaños de partículas que posee el suelo y así determinar su clasificación.

Tabla 13

Resultados granulométricos de la C-01

ANALISIS GRANULOMETRICO C-01					
TAMICES		MASA RETENIDA (g)	RETENIDO PARCIAL (%)	RETENIDO ACUMULADO (%)	PASANTE ACUMULADO (%)
ASTM E11	ABERTURA (mm)				
2 1/2"	76.2	0	0	0	100
2"	50.8	0	0	0	100
1 1/2"	37.5	0	0	0	100
1"	22.5	0	0	0	100
3/4"	19	60.2	6.3	6.3	93.7
1/2"	12.5	40.2	4.2	10.6	89.4
3/8"	9.5	56.2	5.9	16.5	83.5
1/4"	6.3	62.5	6.6	23.1	76.9
Nº 4	4.75	35.2	3.7	26.8	73.2
Nº 10	2	24	2.5	29.3	70.7
Nº 20	0.85	37.1	3.9	33.2	66.8
Nº 30	0.6	21.3	2.2	35.4	64.6
Nº 40	0.425	34	3.6	39	61
Nº 60	0.25	47.5	5	44	56
Nº 100	0.15	35.8	3.8	47.8	52.2
Nº 200	0.075	33.9	3.6	51.4	48.6
Menor que Nº 200		462.1	48.6	100	0

Fuente: Elaboración propia

En los resultados de la calicata C-01 observamos un promedio del 48.6% que pasa por la malla N.º 200, la cual nos consta que es un material limoso-arenoso, con presencia de arcilla, con estos datos podemos graficar la curva granulométrica para determinar el porcentaje de grava, arena y limo-finos. las cuales son: GRAVA 26.8%, ARENA 24.6%, FINOS 48.6%.

Tabla 14

Resultados granulométricos de la C-02

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO C-02					
TAMICES		MASA RETENIDA (g)	RETENIDO PARCIAL (%)	RETENIDO ACUMULADO (%)	PASANTE ACUMULADO (%)
ASTM E11	ABERTURA (mm)				
2 1/2"	76.20	0.0	0.0	0.0	100.0
2"	50.80	0.0	0.0	0.0	100.0
1 1/2"	37.50	0.0	0.0	0.0	100.0
1"	22.50	0.0	0.0	0.0	100.0
3/4"	19.00	50.3	5.7	5.7	94.3
1/2"	12.50	43.2	4.9	10.5	89.5
3/8"	9.50	45.2	5.1	15.6	84.4
1/4"	6.30	56.6	6.4	21.9	78.1
N.º 4	4.75	42.5	4.8	26.7	73.3
N.º 10	2.00	23.7	2.7	29.4	70.6
N.º 20	0.850	34.9	3.9	33.3	66.7
N.º 30	0.600	19.7	2.2	35.5	64.5
N.º 40	0.425	31.1	3.5	39.0	61.0
N.º 60	0.250	40.5	4.6	43.6	56.4
N.º 100	0.150	43.6	4.9	48.5	51.5
N.º 200	0.075	31.0	3.5	51.9	48.1
Menor que N.º 200		427.7	48.1	100.0	0.0

Fuente: Elaboración propia

En los resultados de la calicata C-02 observamos un promedio del 48.1% que pasa por la malla N.º 200, la cual nos consta que es un material limoso-arenoso, con presencia de arcilla, con estos datos podemos graficar la curva granulométrica para determinar el porcentaje de grava, arena y limo-finos. las cuales son: GRAVA 26.7%, ARENA 25.2%, FINOS 48.1%.

B. CONTENIDO DE HUMEDAD

Se realizó este ensayo para la determinación de la cantidad de agua presente en el suelo de la sub-rasante, con este resultado se logra determinar si menor o mayor su óptimo porcentaje para la compactación del suelo evaluado

Tabla 15*Resultados de laboratorio de contenido de humedad*

ENSAYO N.º	C-01 (km 0+950)		C-02 (km 1+990)	
	M-1	M-2	M-1	M-2
recipiente	31	32	34	35
peso de tara + MH	453.20	783.10	635.50	500.00
peso de tara + MS	443.40	764.20	615.30	483.20
peso de tara	167.70	209.60	209.30	168.80
peso del agua	9.80	18.90	20.20	16.80
MS	275.70	554.60	406.00	314.40
contenido de humedad (%)	3.55	3.41	4.98	5.34
Humedad Promedio (%)	3.48		5.16	

Fuente: Elaboración Propia

De los resultados obtenidos de las muestras podemos deducir que el porcentaje de contenido de humedad es de **4.32%**.

C. LIMITES DE CONSISTENCIA

Según el estudio realizado a las muestras se obtuvo que ambas presentan una misma plasticidad de un IP 15.84% dando a conocer que es un suelo arcilloso, a través del material seco y seguido de la copa casa grande se puso deducir también el tipo de suelo, con la cual podremos analizar la mejor decisión sobre el estabilizante a usar. En el siguiente cuadro mostramos el resumen de los ensayos de limite plástico y líquido, también el índice de plasticidad

Tabla 16*Resultados de laboratorio límites de consistencia*

CALICATA C-1 Y C-2						
Descripción	LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO		
Nº De Ensayo	1	2	3	1	2	3
Peso suelo húmedo + recipiente	37.5	42.2	52.5	23.5	24.1	23.7
Peso suelo seco + recipiente	33.5	37.9	44.9	22.9	23.5	23.2
Peso de la tara	18.6	22.3	18.7	18.4	18.6	18.3
Peso del agua	4	4.3	7.6	0.6	0.6	0.5
Peso del suelo seco	14.9	15.6	26.2	4.5	4.9	4.9
Contenido de humedad	26.85	27.56	29.01	13.33	12.24	10.2
Número de golpes	34	25	15	11.92		

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 17*Resumen índice de plasticidad C-01 y C-02*

LÍMITE LÍQUIDO	LÍMITE PLÁSTICO	ÍNDICE DE PLÁSTICIDAD
27.8	11.9	15.8

Fuente: Elaboración Propia

De la tabla 20 podemos demostrar que en las dos calicatas el porcentaje de plasticidad es elevado dando sentido al estudio de la tierra de investigación.

D. CLASIFICACION DEL SUELO

Para la clasificación del suelo nos basamos en los ensayos hechos en el laboratorio, y así podemos determinar el suelo en el sistema AAHSTO Y SUCS.

- Clasificación según AASHTO, toma en consideración los porcentajes de la granulometría que pasa por los tamices N.º 10, N.º 40 Y N.º 200, donde su principal importancia es conocer el índice de grupo que se encuentra en función de Limite líquido y también del correspondiente índice plástico basado también la cantidad d suelo que pasa por el tamiz N.º 200.

- Clasificación según SUCS, es la separación de partículas del suelo mediante la malla N.º 4 Y N.º 200, y sus cualidades plásticas y la clasificación del suelo se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 18

Resumen de Clasificación de las Calicatas

CALICATA	MUESTRA	PROGRES.	CLASIFICACIÓN AAHSTO	CLASIFICACIÓN SUCS
C-01	M-1	0+950	A-6	GC (GRAVA ARCILLOSA CON ARENA)
C-02	M-1	1+990	A-6	GC (GRAVA ARCILLOSA CON ARENA)

Fuente; Propia

E. PROCTOR MODIFICADO

Donde se determina el óptimo contenido de humedad y la máxima densidad seca, los cuales son puntos clave para hallar la curva de compactación del suelo. en la siguiente tabla mostramos los resultados de las calicatas C-1 Y C-2, a través de la muestra patron.

Tabla 19

Resumen del ensayo Proctor Modificado

CALICATA	MUESTRA	M.D.S	O.C.H
C-01	M-1	1.736	14.3
C-02	M-1	1.730	13.6

Fuente; Propia

F. CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)

Resultado del ensayo de CBR, después de los 4 días de sumergido bajo el agua o 96 horas con una carga de 4.5 kg, para poder determinar el valor de C.B.R. a un 95% y a un 100% de su densidad seca máxima y con la penetración de la aguja al 0.1 pulgadas, mostramos los valores resultantes de este ensayo que corresponden al suelo patron:

Tabla 20

Resumen del ensayo Soporte CBR

CALICATA	MUESTRA PATRON	EXPANSIÓN	CBR 100%	CBR 95%
C-01	M-1	S.E	19.7	14.9
C-02	M-1	S.E	18.4	13.6

Fuente; Propia

Respuesta al Objetivo Especifico: Determinar el valor de CBR de la sub-rasante de la carretera del jr. Ricardo Palma a Rataquenua. Ya que viene siendo afectado por las intensas lluvias, que han formado baches y deslizamientos.

A continuación, vamos a conocer las propiedades mecánicas y físicas del suelo natural (patron)específicamente su capacidad de soporte (CBR) realizados a cada una de las calicatas C-01 Y C-02, con el fin de conseguir que este objetivo de estudio se cumpla, para ello se desarrolló el ensayo de Proctor Modificado y posteriormente se determinó la Relación de Soporte (CBR) a la muestra del suelo natural o suelo patrón de cada uno de ellas.

a) Ensayo de PROCTOR MODIFICADO

Este ensayo de Proctor Modificado realizado a las 2 muestras o calicatas: C-1 Y C-2, para determinar la MDS y OCH a la muestra patrón, nos dieron los siguientes resultados.

Tabla 21

Resultados Proctor Modificado Muestra Patron

CALACATA	MDS	OCH	CLASIFICACIÓN S.U.C.S
C-01	1.736	14.3	GC
C-02	1.73	13.6	GC

Fuente; Propia

b) RELACION DE SOPORTE (CBR)

Mostramos el resumen de los valores hallados a realizar el ensayo de CBR de la muestra patrón de cada calicata a ser sometida a la penetración del soporte CBR. Dichos valores se muestran en la tabla 18 de resumen.

Tabla 22

Resultados Soporte CBR Muestra Patron

CALICATA	MUESTRA PATRON	EXPANSIÓN	CBR 100%	CBR 95%
C-01	M-1	S.E	19.7	14.9
C-02	M-1	S.E	18.4	13.6

Fuente; Propia

Respuesta al Objetivo Especifico: Con los porcentajes del 5% y 8% buscaremos mejorar el CBR, para una buena sub rasante.

Posteriormente concluido las pruebas a las muestras de las calicatas C1 y C2 del suelo natural hemos conocido los valores de las propiedades mecánicas y físicas, ahora corresponde presentar los resultados de los estudios que se ejecutaron al suelo con el

estabilizante químico cal, con las diferentes proporciones aplicadas a cada calicata C-01 y C-02, en este caso ambas calicatas presentan los mismos estratos y características. Con la intención de obtener el objetivo general en este caso se procedió a realizar los mismos ensayos que las muestras de suelo natural, siguiendo paso a paso los procedimientos de mezcla indicado en la normativa.

- **PROCTOR MODIFICADO**

el ensayo Proctor modificado que se realizó a las calicatas C-01 Y C-02 con la adición del estabilizante químico CAL, obtuvimos los siguientes resultados que mostraremos en la siguiente tabla.

Tabla 23

Resumen Proctor Modificado con los porcentajes suelo, cal según Resultados de Laboratorio

CALICATA	CLASIFICACION SUCS	% DE CAL	M.D.S	O.C.H
C-01	GC	M. PATRON	1.736	14.3
		5%	1.735	10.2
		8%	1.742	0.3
C-02	GC	M. PATRON	1.73	13.6
		5%	1.684	12
		8%	1.72	13.7

Fuente; Propia

- **CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)**

Después de realizar el ensayo de Proctor modificado, con el óptimo contenido de humedad pasamos a realizar la mezcla suelo-cal para el ensayo de CBR a continuación se muestra los valores obtenidos en la siguiente tabla:

Tabla 24

Resumen Soporte CBR con los porcentajes suelo, cal según Resultados de Laboratorio

CALICATA	CLASIFICACION SUCS	% DE CAL	EXPANSIÓN	CBR AL 100% DE LA M.D.S
C-01	GC	M. PATRON	S.E	19.7
		5%	S.E	36.4
		8%	S.E	43.4
C-02	GC	M. PATRON	S.E	18.4
		5%	S.E	31.6
		8%	S.E	46.7

Fuente; Propia

RESPUESTA PUNTUAL DE LA MEJORA

Al establecer que el uso del estabilizante químico cal contribuye a la mejora del suelo de la sub-rasante, resulto ser una opción conveniente que ayudo a la conducta de soporte estructural que tiene la carretera del Jr. Ricardo Palma- Rataquenua, según se muestra en las tablas 26 y 27.

DETERMINACIÓN DEL PORCENTAJE DE CAL PARA LA SUBRASANTE EN BASE AL PH.

Dadas las teorías establecidas en las normas técnicas peruanas, el método por la cual se opto fue el de EADES-GRIM (ASTM D-6276), Nos dice que la relación de la mezcla de suelo + cal y agua se aproxime a un valor relativo de 12.4

Lo cual vamos aplicar a la muestra, GC ya que es la que predomina, los resultados se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 25

Análisis de PH con CAL para un suelo de clasificación Grava Arcillosa con Arena (GC) de las muestras patron de cada calicata.

MUESTRA	TIPO DE SUELO	PESO DEL SUELO (gr)	PESO DE CAL (gr)	CANTIDAD DE AGUA (ml)	% DE CAL	PH
1	GC	25	0.25	100	1%	6.95
2	GC	25	0.50	100	2%	7.56
3	GC	25	0.75	100	3%	9.12
4	GC	25	1.00	100	4%	10.23
5	GC	25	1.25	100	5%	12.35
6	GC	25	1.50	100	6%	12.45
7	GC	25	1.75	100	7%	12.51
8	GC	25	2.00	100	8%	12.58

Fuente; Propia

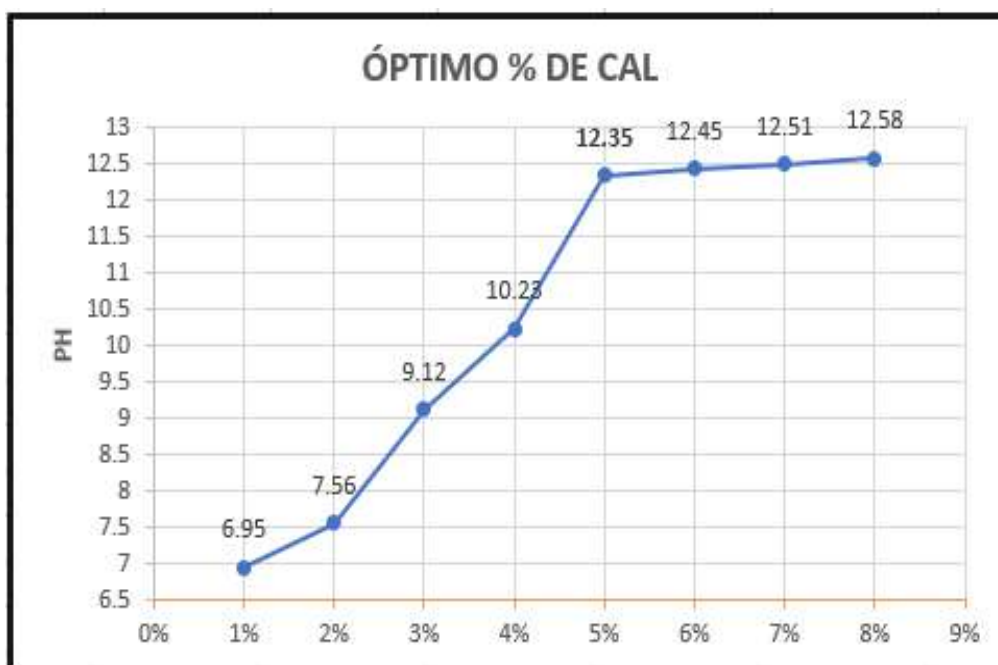


Figura 2. Determinación del PH en el suelo GC respecto al % de

CAL

Podemos determinar que para el proceso de estabilización de este tipo de suelo se requiero 5% de cal, mostradas en el cuadro 29 y la figura 2.

1. PRECIO Y CANTIDAD REQUERIDA DE CAL POR ÁREA DE SUELO

Para calcular el porcentaje de cal usamos la siguiente fórmula.

$$\text{Tasa} = \text{densidad del suelo compactado} * \% \text{ de cal} * \text{profundidad de la estabilización}$$

Tabla 26

Costo estimado para la Estabilización con CAL y Cantidad

CANTIDAD Y PRECIO DE CAL POR M2 PARA ESTABILIZAR EL SUELO								
MATERIAL	UNIDAD DE MEDIDA	CLASIFICACIÓN DEL SUELO	MDS (KG/CM3)	ESPESOR DE CAPA A ESTABILIZAR (M)	% ÓPTIMO DE CAL	TOTAL	PRECIO UNITARIO DE LA CAL	PRECIO M2
CAL	KG7M2	GC	1073	0.15	0.05	8.05	S/. 3.00	S/. 24.15

Fuente; Propia

RESULTADOS DESCRIPTIVOS DE LOS ENSAYOS

CONSECUCIÓN DE LOS ENSAYOS DEL SUELO PATRON

CARACTERISTICAS MECANICAS y FISICAS, MEZCLA SUELO-CAL.

CONTENIDO DE HUMEDAD (PROCEDIMIENTO Y CALCULO)

Para empezar con el ensayo de contenido de humedad, se procedió con lo siguiente, una vez llegado la muestra al laboratorio se tiende la muestra para ver el TM. Y así poder determinar la cantidad necesaria de muestra para poder llevar al horno.

Bajo la Norma Técnica Peruana NTP 339.127 o la ASTM D2216, se aproximó a llevar 500g de material al horno donde se determinará la cantidad de agua que tiene la muestra, cálculos para hallar la humedad.

- DETERMINAMOS LA MASA DEL AGUA (M_w)

Donde: M_{cms} = Masa de depósito + suelo húmedo (gr)

$$M_w = (M_{cms} - M_{cds})$$

M_{cds} = Masa de depósito + suelo seco (gr)

- DETERMINAMOS PESO DEL SUELO SECO (M_s)

$$M_s = (M_{cds} - M_c)$$

Donde: M_{cds} = Masa de depósito + suelo seco (gr).

M_c = Masa de depósito (gr).

- CALCULO DEL CONTENIDO DE HUMEDAD

$$\%W = (M_w / M_s) \times 100$$

Donde: W = contenido de agua en %

TABLA ESTADISTICOS

Tabla 27

Contenido de Humedad para el Suelo de Clasificación Grava Arcillosa con Arena C-01

Muestra		1	2
Nº Recipiente		163	156
Peso del suelo húmedo + recipiente	(g)	453.2	783.1
Peso del suelo seco + recipiente	(g)	443.4	764.2
Peso del agua	(g)	9.8	18.9
Peso del recipiente	(g)	155.7	150.3
Peso del suelo seco	(g)	287.7	613.9
Contenido de Humedad	(%)	3.4	3.1
Humedad Promedio	(%)	3.2	

Fuente; Propia

Tabla 28

Contenido de Humedad para el Suelo de Clasificación Grava Arcillosa con Arena C-02

Muestra		1	2
Nº Recipiente		152	156
Peso del suelo húmedo + recipiente	(g)	635.5	500
Peso del suelo seco + recipiente	(g)	613.3	483.2
Peso del agua	(g)	22.2	16.8
Peso del recipiente	(g)	159.2	150.3
Peso del suelo seco	(g)	454.1	332.9
Contenido de Humedad	(%)	4.9	5.0
Humedad Promedio	(%)	5.0	

Fuente; Propia

ANALISIS DEL RESULTADO DE LA HUMEDAD

La humedad promedio de la C-01 de clasificación GC, es de 3.2%. En cambio, la humedad promedio de la C-02 de clasificación GC, es de 5.0%. Lo cual nos lleva a concluir que la muestra de la calicata C-01 presenta una mayor humedad a comparación de la calicata C-02, como se lustra en la siguiente figura.



Figura 3. Análisis del Contenido de Humedad de las Muestras

LÍMITES DE CONSISTENCIA

PROCEDIMIENTO Y CALCULOS

CONCEPTO DE LA NORMA:

OBJETIVO: La NORMA ASTM D4318 o la NTP 339.129 es la determinación de contenido de agua expresado en un valor de porcentaje que tiene el suelo, que ha sido seco en horno, al momento que se encuentra dentro del límite plástico y estado semi sólido.

IMPORTANCIA: Este ensayo se emplea para la caracterización de un suelo fino en su propiedad física, estas se modifican a lo largo del tiempo.

APLICACIÓN: Los resultados de este ensayo se utilizan para el entendimiento y predicción del comportamiento de un suelo fino ante diferentes condiciones de humedad y cargas.

MATERIALES Y EQUIPOS:

- Aparato de Casagrande
- Placa de vidrio esmerilado o placa de plástico
- Pipeta con agua destilada
- Recipiente de porcelana
- Horno de 110°C ($\pm 10^\circ\text{C}$)
- Bandeja pequeña redonda de acero inoxidable
- Balanza de precisión 0.01
- Paleta
- Acanalador

PROCEDIMIENTO DEL ENSAYO LÍMITES DE CONSISTENCIA:

- Recepción de la muestra, que fue entregada por la persona solicitante y coordinación de los ensayos que se van a realizar.
- Se toman fotos de la muestra antes de iniciar los ensayos. Estas fotos sirven como registro inicial del estado de la muestra y ayudan a documentar cualquier característica visual relevante.
- Acondicionar la muestra según la norma.
- Límites de Atterberg: Estos ensayos miden la plasticidad del suelo, es decir, su capacidad para deformarse sin romperse.
- Límite líquido (LL): El contenido de humedad a partir del cual el suelo deja de comportarse como un sólido y empieza a fluir como un líquido.
- Límite plástico (LP): El contenido de humedad a partir del cual el suelo deja de ser moldeable y se comporta como un sólido rígido.
- Fracción seca y tamizado:
- Obtención de la fracción seca: Se toma una porción de la muestra ya seca y se pasa por un tamiz N°40. Esto permite separar las partículas finas de las gruesas.
- Cantidad mínima: Se requiere un mínimo de 250 gramos de la fracción seca que ha pasado por el tamiz N°40 para realizar el ensayo.



Muestra seca en el tamiz N°40

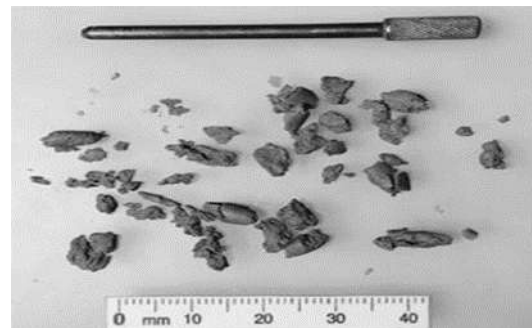


Muestra pasante el tamiz N°40

- Una vez obtenido la muestra para el ensayo procedemos a realizar como primer punto el límite plástico, por lo cual usaremos los siguientes equipos:
- Placa de vidrio esmerilado o placa de plástico
- Pipeta con agua destilada
- Recipiente de porcelana
- Horno de 110°C ($\pm 10^\circ\text{C}$)
- Bandeja pequeña redonda de acero inoxidable
- Balanza de precisión 0.01
- Paleta
- Para preparar la muestra, se tomaron 20 gramos del material que pasó la malla N° 40. Este material se colocó en un recipiente de porcelana y se le agregó agua gradualmente hasta obtener una mezcla con una consistencia similar a la plastilina. Posteriormente, la mezcla se presionó y se enrolló de forma alternada en una rosca de tierra plástica de 3.2 mm de diámetro. Este proceso se continuó hasta que el contenido de agua de la mezcla se redujo al punto en que la rosca se desmoronó y ya no pudo ser enrollada.



Rollos de 3.2 mm



Rollos desmoronados

- Los rollos obtenidos se colocaron en un recipiente pequeño y se pesaron. Posteriormente, se introdujeron en el horno para su secado.

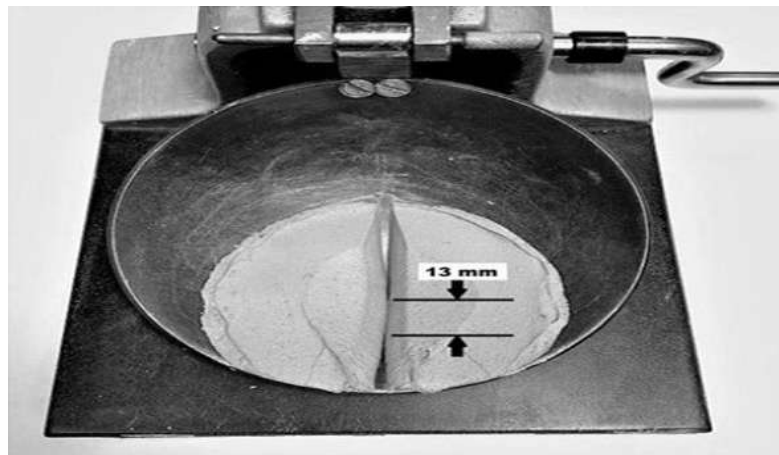
- Para el límite líquido necesitaremos los siguientes equipos:
- Balanza de precisión 0.01
- Copa casa grande
- Pipeta con agua destilada
- Recipiente de porcelana 03
- Paleta
- Horno 110°C ($\pm 10^{\circ}\text{C}$)
- Bandeja pequeña de acero inoxidable
- Acanalador



- Para determinar el límite plástico de la muestra, se prepararán tres muestras distintas con diferentes contenidos de humedad. Para ello, se pesarán 50 gramos de la muestra en cada una de las bandejas de porcelana. Posteriormente, se añadirá agua a cada bandeja hasta alcanzar el límite plástico de la muestra, utilizando como referencia el contenido de humedad deseado para cada muestra.
- Para la primera muestra de 50 gramos, se añadirá una cantidad específica de agua, registrando cuidadosamente el volumen añadido.
- Después de aumentar el nivel de agua, coloque la muestra en la copa casa grande. A continuación, realice una serie de golpes para cerrar la copa en los siguientes números.

- 15-16 golpes (húmedo)
- 24-25-26 golpes (semiseco)
- 34-35 golpes (más seco)

Una vez realizado los golpes deben cerrar hasta cumplir 13mm de cerrado



- Repita el mismo proceso con las dos muestras restantes, utilizando los mismos números de golpes mencionados anteriormente. Una vez que las tres muestras estén listas, retire cada una con una paleta de plástico y colóquela en una bandeja de acero inoxidable para pesarla. Finalmente, coloque la muestra en el horno.

Después de 12 horas, la muestra se retiró, se enfrió y se pesó antes de continuar con el procesamiento.

TABLAS ESTADÍSTICAS Y DIAGRAMA DE FLUIDEZ:

Tabla 29

Ensayo de Límite Plástico y Líquido de la Calicata C-01 y C-02 respecto al suelo patron

Descripción		LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO	
Nº Recipiente		132	136	138	131	133
Peso suelo húmedo + recipiente	(g)	52.5	42.2	37.5	23.5	24.1
Peso suelo seco + recipiente	(g)	44.9	37.9	33.5	22.9	23.5
Peso del agua	(g)	7.6	4.3	4	0.6	0.6
Peso del recipiente	(g)	15.11	14.82	14.92	8.69	8.89
Peso del suelo seco	(g)	26.2	23.08	18.58	4.5	4.9
Contenido de humedad	(%)	29.01	27.56	26.85	13.33	12.24
Número de golpes		15	25	35	11.93	

Fuente; Propia

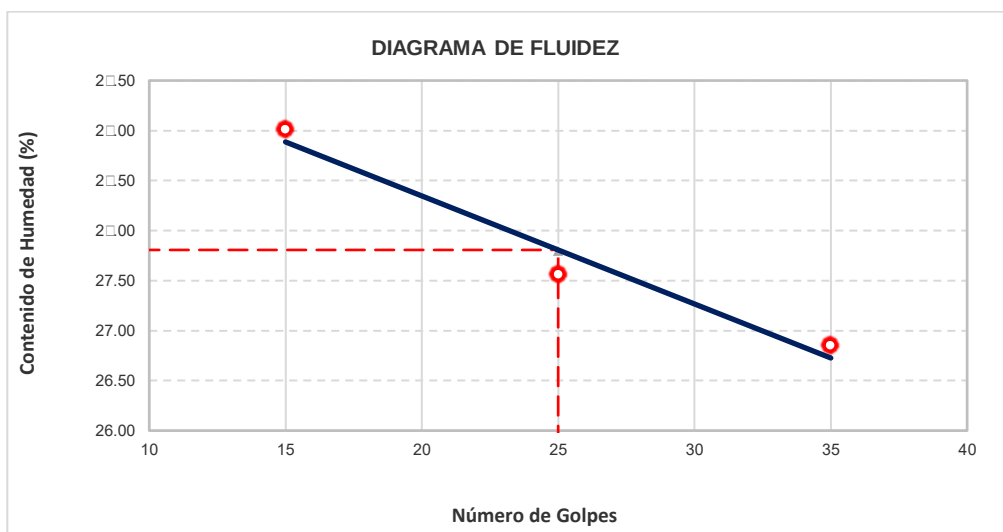


Figura 4. Análisis del Contenido de Humedad de la C-01 y C-02 Muestra Patron

Tabla 30

Resultado de Límite Plástico y Líquido de la Calicata C-01 y C-02 Muestra Patron

LÍMITES DE CONSISTENCIA			
ASTM D4318			
Límite Líquido	(%)	:	27.77
Límite Plástico	(%)	:	11.93
Índice de Plasticidad	(%)	:	15.84
Método de ensayo		:	Método "A" - Multipunto

Fuente; Propia

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

PROCEDIMIENTO Y CALCULOS

ALCANCE:

Este procedimiento se utiliza para la separación por rangos de tamaños de las partículas que componen un suelo, es cuantitativa el valor de la masa de cada grupo. La información conseguida a detalle permite combinarlos para hallar la distribución general conocida como gradación. Los valores de los rangos de agrupamientos se da con tamaños aberturas cuadradas (malla metálica) con máxima abertura de 75.0 milímetros hasta 75.0 micrómetros

CONCEPTO DE LA NORMA:

- **OBJETIVO:** La NORMA ASTM D 6913-4 o la NTP 339.126 es el proceso de separación de las partículas de un suelo de acuerdo a sus dimensiones de la manera por el cual podamos saber las cantidades en peso de cada tamaño.
- **IMPORTANCIA:** Este ensayo es esencial para poder determinar la clasificación del suelo SUCS (ASTM D2487) Y AASHTO (ASTM D3282).
- **APLICACIÓN:** su uso permite la evaluación del comportamiento que tendrá el suelo antes esfuerzos, aplicando por tanto en diseños de

cimentaciones, estructuras de pavimentación. Conformación de rerraplenes. Etc.

- **HERRAMIENTAS A USAR:** hule, guantes, pala, balanza de precisión 1gr y 0.1 gr, agua destilada, recipientes de acero inoxidable, horno de $110^{\circ}\text{C} \pm 10^{\circ}\text{C}$, juego de tamices desde la 3" a la malla N°200 y un tamiz ciego.



PROCEDIMIENTO DEL ENSAYO EN LABORATORIO:

- Se toma las fotos respectivas antes de comenzar con el ensayo.
- Acondicionar la muestra según la norma.
- Para determinar el tamaño máximo de la muestra, la extenderemos sobre una superficie de hule. Posteriormente, procederemos con el cuarteo de la muestra utilizando una pala, guantes y un cucharón de metal.



- Para realizar el ensayo, se toman dos muestras representativas del material luego de realizar el cuarteo. La cantidad mínima de muestra necesaria se determina según el tamaño máximo de las partículas. La siguiente tabla muestra los pesos mínimos requeridos para cada tamaño máximo:

Figura 5. Pesos mínimos para Realizar el Ensayo de Granulometría

Maximum Particle Size of Material (99 % or more passes)		Minimum Dry Mass of Specimen, g or kg ^A	
Alternative Sieve Designation	Maximum Particle Size, mm	Method A Results Reported to Nearest 1 %	Method B Results Reported to Nearest 0.1 %
No. 40	0.425	50 g	75 g
No. 10	2.00	50 g	100 g
No. 4	4.75	75 g	200 g ^B
3/8 in.	9.5	165 g ^C	D
3/4 in.	19.0	1.3 kg ^C	D
1 in.	25.4	3 kg ^C	D
1-1/2 in.	38.1	10 kg ^C	D
2 in.	50.8	25 kg ^C	D
3 in.	76.2	70 kg ^E	D

- Para optimizar la separación de la fracción gruesa y la fracción fina, utilizaremos el tamiz ¾ o el N°4. La elección del tamiz se basará en el cuadro de referencia, ya que este tamaño es el más representativo para todas las muestras recibidas en el laboratorio.
- Una vez separado las dos fracciones, para el proceso de lavado, se requiere un mínimo de 1,300 kg de la fracción fina (pasante de la malla ¾) y 400 g de la fracción fina (pasante la malla N°4).

Muestra separada, fracción fina y gruesa



- Para un óptimo proceso de lavado, se recomienda remojar ambas fracciones (fina y gruesa) en agua durante al menos 5 minutos. Este paso

facilita la separación de la tierra de la piedra y suaviza la muestra, mejorando la eficiencia del lavado.

Posteriormente, se procede a lavar cada fracción de manera independiente:

- Fracción fina: Se lava utilizando una malla N° 200 y un colador, con el objetivo de separar los finos y limos.
- Fracción gruesa: Se lava utilizando una malla $\frac{3}{4}$ o N°4, reteniendo únicamente el material que queda atrapado en la malla.

Este proceso de lavado permite obtener una muestra limpia y separada en sus componentes principales, facilitando el análisis posterior.

Muestra remojada con agua para facilitar el lavado



- Las muestras lavadas se deben secar completamente en un horno a una temperatura adecuada durante un mínimo de 24 horas. Este proceso asegura que la humedad residual se elimine por completo, permitiendo un análisis preciso y evitando la contaminación de la muestra.



- Después de 24 horas en el horno, las muestras se retiran y se dejan enfriar durante 5 minutos. Una vez frías, se pesan y se procede a realizar la granulometría por tamizado, utilizando las mallas correspondientes para cada fracción. Este proceso permite determinar como se distribuyen los diversos tamaños en forma secuencial las partículas de un suelo.

	Alternativa Tamiz Designación	Estándar Tamiz Designación
Parte gruesa	3 pulg.	75 mm
	2 pulg.	50 mm
	1-1/2 pulg.	37,5 mm
	1 pulg.	25 mm
	3/4 pulg.	19,0 mm
Parte fina	3/8 pulg.	9,5 mm
	N° 4	4,75 mm
	N° 10	2,00 mm
	N° 20	850 µm
	N° 40	425 µm
	N° 60	250 µm
	N° 100 N°	150 µm
	140 N°	106 µm
	200	75 µm

- Una vez finalizada la granulometría y registrado el peso de cada fracción en el formato correspondiente, se procede al análisis de los datos obtenidos para determinar la clasificación del suelo de la muestra.

- Calculó del material retenido expresado en % de cada uno de los

$$\% Mr = \frac{\text{peso del material retenido en cada tamiz}}{\text{peso total del material}} \times 100$$

tamices.

- Calculó de porcentaje del material retenido acumulado (% PMR)

$$\% \text{ PMR} = \text{Suma de porcentajes mayores o iguales}$$

- Calculó del porcentaje pasante en cada uno de los tamices

$$\% \text{ Pasante} = 100 - \% \text{ PMR}$$

- Una vez terminada la granulometría, se grafica la curva granulométrica se consideró los porcentajes de cada material y la abertura de cada tamiz.

TABLAS ESTADISTICAS Y DIAGRAMAS DE LA GRANULOMETRÍA

Tabla 31

Resultado de Análisis Granulométrico de la calicata-1 Muestra Patron

TAMICES ASTM E11	ABERTURA (mm)	FRACCIÓN GRUESA (%)	FRACCIÓN FINA (%)	PARCIAL RETENIDO (%)	ACUMULADO O RETENIDO (%)	ACUMULADO QUE PASA (%)
3"	75.00			0.0	0.0	100.0
2"	50.00			0.0	0.0	100.0
1 1/2"	37.50			0.0	0.0	100.0
1"	25.00			0.0	0.0	100.0
3/4"	19.00	60.2		0.6	0.6	99.4
3/8"	9.50		96.4	10.1	10.7	89.3
N° 4	4.75		62.5	6.5	17.2	82.8
N° 10	2.00		64.2	6.7	23.9	76.1
N° 20	0.85		69.3	7.3	31.2	68.8
N° 40	0.43		34.0	3.6	34.7	65.3
N° 60	0.25		47.5	5.0	39.7	60.3
N° 100	0.15		37.8	4.0	43.7	56.3
N° 140	0.11		35.2	3.7	47.4	52.6
N° 200	0.08		33.9	3.5	50.9	49.1
Menor que N° 200			469.2	49.1	100.0	0.0

Fuente: Elaboración Propia

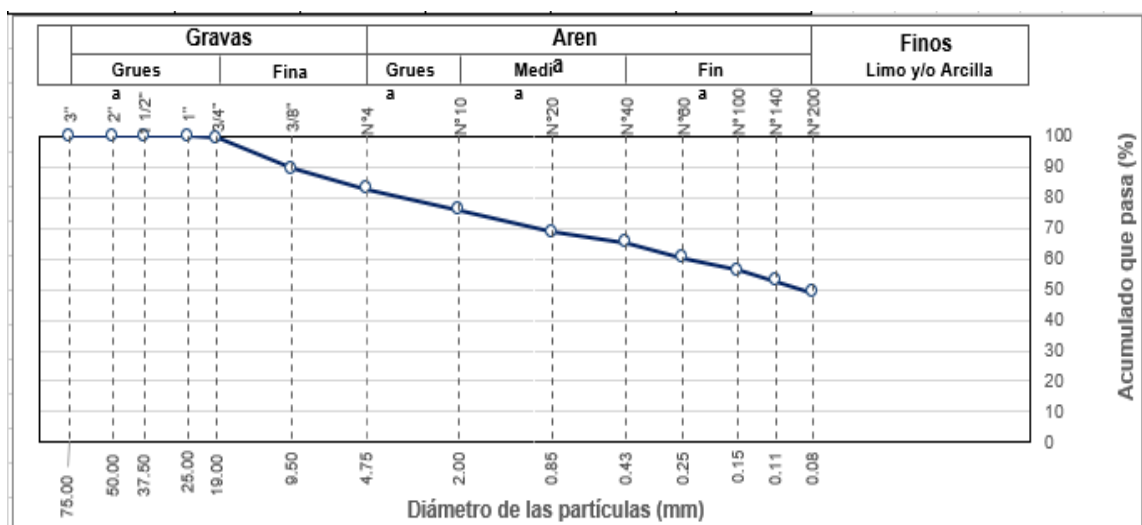


Figura 6. Curva Granulométrica de la calicata C-01 Muestra Patron

Tabla 32

Resultado de Análisis Granulométrico de la calicata-2 Muestra Patron

TAMICES		FRACCIÓN GRUESA	FRACCIÓN FINA	PARCIAL RETENIDO	ACUMULAD O RETENIDO	ACUMULADO QUE PASA
ASTM E11	ABERTURA (mm)					
3"	75.00			0.0	0.0	100.0
2"	50.00			0.0	0.0	100.0
1 1/2"	37.50			0.0	0.0	100.0
1"	25.00			0.0	0.0	100.0
3/4"	19.00	50.3		0.5	0.5	99.5
3/8"	9.50		93.5	10.5	11.0	89.0
N° 4	4.75		76.1	8.5	19.5	80.5
N° 10	2.00		63.1	7.1	26.5	73.5
N° 20	0.85		35.0	3.9	30.4	69.6
N° 40	0.43		31.1	3.5	33.9	66.1
N° 60	0.25		40.5	4.5	38.4	61.6
N° 100	0.15		43.6	4.9	43.3	56.7
N° 140	0.11		42.5	4.8	48.1	51.9
N° 200	0.08		31.0	3.5	51.5	48.5
Menor que N° 200			433.6	48.5	100.0	0.0

Fuente: Elaboración Propia

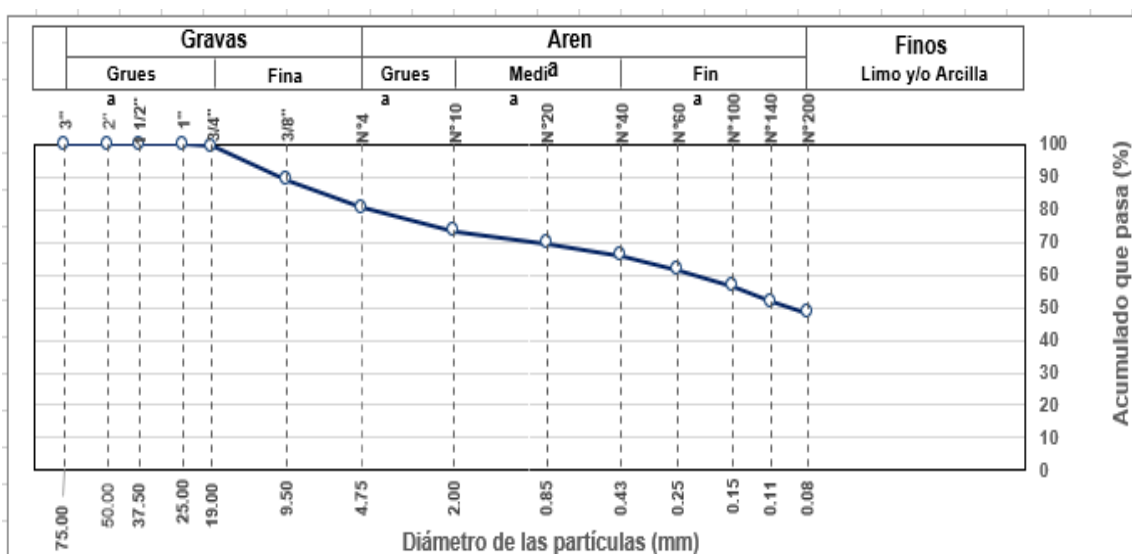


Figura 7. Curva Granulométrica de la calicata C-01 Muestra Patron

Tabla 33.

Porcentaje de Grava, Arena y Finos de la Granulometría de la Calicata C-01 y C-02

CARACTERIZACIÓN DEL SUELO					
MATERIAL	GRAVA (%)	ARENA (%)	FINOS (%)	CLASIFICACIÓN SUCS	CLASIFICACIÓN AASHTO
C-01	17.3	33.6	49.1	GC	A-6
C-02	19.5	32.0	48.5	GC	A-6

Fuente: Propia

PROCTOR MODIFICADO

PROCEDIMIENTO Y CALCULOS

Bajo la norma ASTM D1557 O LA NTP 339.141, eligen los métodos de compactación utilizados para analizar la relación entre el agua de moldeo y el peso unitario seco de los suelos, compactado en un suelo de 4 o 6 pulgadas. Con un pisón de 10,00 lbf. (44,48-N) que cae de una altura de 18,00 pulg. Se llega a producir cargas de compactación que tienen un valor que supera las 56,000.00 pie-lbf³ (2700 KN-m/m³). Este método de prueba se aplica solamente en el caso de suelos que posean menor del 30% de partículas retenidas en la malla 3/4" de esta manera si hallara el método o según la granulometría.

Llegada la muestra se tiene que ver el TM de las partículas de grava para poder realizar una granulometría y sacar el método de compactación, utilizando las mallas 3/4, 3/8 y N°4 hacemos una pequeña granulometría para determinar el método con los pesos retenidos en cada tamiz, para definir si es método (A, B o C).

Tabla 34

Métodos de compactación (Proctor Modificado)

MÉTODO	MOLDE	PISÓN Y FUERZA DE COMPACTACIÓ	MATERIAL	CAPAS	GOLPES POR CAPA	USO Y DEFINICIÓN
A	4"	10 LB 56000 pie-lbf ³ (2700 KN-m/m ³).	pasante el tamiz N°4	5	25	Puede usarse si se retiene el 25% o menos en masa del material en el tamiz N° 4 (4.75mm)sin embargo, si se retiene del 5% al 25% en masa del material en el tamiz N° 4, se puede usar el método A.
B	4"	10 LB 56000 pie-lbf ³ (2700 KN-m/m ³).	pasante el tamiz 3/8	5	25	Puede usarse si se retiene el 25% o menos en masa del material en el tamiz 3/8 (9.5 mm)sin embargo, si se retiene del 5% al 25% en masa del material en el tamiz 3/8, se puede usar el método B.
C	6"	10 LB 56000 pie-lbf ³ (2700 KN-m/m ³).	pasante el tamiz 3/4	5	56	Puede usarse si se retiene el 30% o menos en masa del material en el tamiz 3/4 (19, 0 mm)

Fuente: Elaboración Propia

En este caso para nuestro ensayo de Proctor de las calicatas C-01 y C-02 bajo la determinación de la granulometría obtuvimos que sería método B, ya que el porcentaje era menos del 25%.

Ya seleccionado el método, pasamos todo el material por el tamiz 3/8, unos 15 kilos para los 4 puntos que se realizara, añadiendo cierta cantidad de agua por punto que constara de 3.5kl, que nos determinaran diferentes humedades y densidades para poder hallar la curva de compactación, así mismo se continuara con las mezclas de cal.

Poner en una bandeja el material requerido, para mezclar con agua y pasar a compactar con el martillo una vez terminado, retiramos el anillo superior y así poder enrasar con una regla metálica, pesamos la muestra húmeda con el molde y pasamos a retirar una muestra representativa para llevar al horno a una temperatura de (110 C° +- 10 C°) y determinar la humedad

Finalmente, ya pasado las 24 hr que se necesita para secar las humedades de cada punto de Proctor, pesamos en una balanza de precisión 0.1 y con esos datos pasamos a gabinete para calcular la MDS (MAXIMA DENSIDAD SECA) y OCH (OBTIMO

CONTENIDO DE HUMEDAD), datos que serán de muy utilidad para el ensayo de CBR, cálculos del Proctor.

- Cálculo de la Densidad Húmeda

$$\rho_m = K \times (M_t - M_{md}) / V$$

Dónde:

ρ_m = densidad húmeda del subespécimen compactado (punto de compactación)

M_t = masa del suelo húmedo en moho

V = volumen del recipiente de compactación

K = constante para conversión

- Cálculo de la Densidad Seca

$$\rho_d = \frac{\rho_m}{1 + \frac{W}{100}}$$

Dónde:

ρ_d = densidad seca (según pto. compactación)

W = cantidad de agua (según pto. Compactación cerca a 0.10%)

- Cálculo de la humedad

$$\% W = \frac{(P. del suelo humedo + tara) - (P. del suelo seco + tara)}{(P. del suelo seco + tara) - (tara)} \times 100$$

TABLAS ESTADÍSTICAS Y DIAGRAMAS

Tabla 35

Proctor Modificado de la Calicata C-01 muestra patrón

Método de ensayo	:	B	Peso del molde	:	1979.00 g				
Método de Preparación utilizado	:	Húmedo	Volumen del molde	:	1062.00 cm ³				
Tamiz separador	:	3/8"		Pc	:	6.30 %			
Gravedad Específica	:	2.69		Pf	:	93.70 %			
Número de ensayo			1	2	3	4			
1	Peso suelo húmedo + molde	(g)	3802.0	3891.0	4069.0	3987.0			
2	Peso suelo húmedo	(g/cm ³)	1823.0	1912.0	2090.0	2008.0			
3	Densidad suelo húmedo	(g/cm ³)	1.7	1.8	2.0	1.9			
CONTENIDO DE HUMEDAD									
4	Peso suelo húmedo + recipiente	(g)	771.5	662.5	476.5	503.5			
5	Peso suelo seco + recipiente	(g)	724.5	611.7	434.7	448.2			
6	Peso del agua	(g)	47.0	50.8	41.8	55.3			
7	Peso suelo seco	(g)	594.4	465.8	304.7	333.2			
RESULTADOS PARA LA GRÁFICA									
8	Contenido de humedad	(%)	7.90	10.90	13.70	16.60			
9	Densidad del suelo seco	(g/cm ³)	1.59	1.62	1.73	1.62			
RESULTADOS									
Máxima densidad seca (M.D.S.) = 1.74 g/cm³ = 17.02 kN/m³ Óptimo contenido de humedad (O.C.H.) = 14.30 %									

Fuente: Propia.

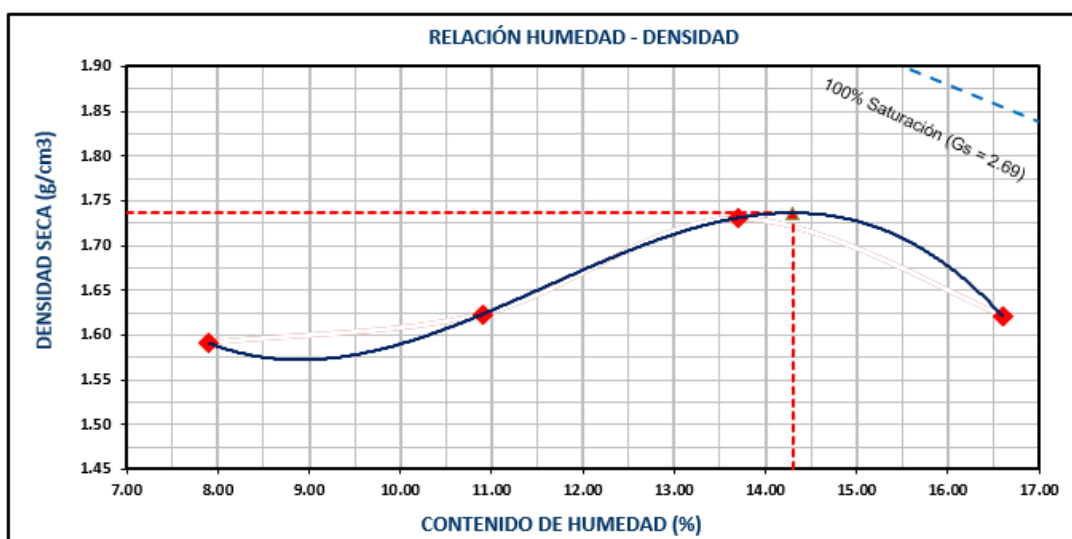


Figura 8. Curva de Compactación de la Muestra Patrón C-01

Tabla 36

Proctor Modificado de la Calicata C-01 + 5% de Cal

Método de ensayo	: B	Peso del molde	: 1979.00 g		
Método de Preparación utilizado	: Húmedo	Volumen del molde	: 1062.00 cm ³		
Tamiz separador	: 3/8"	Pc	: 6.30 %		
Gravedad Específica	: 2.69	Pf	: 93.70 %		
Número de ensayo		1	2	3	4
1	Peso suelo húmedo + molde (g)	3710.0	3775.0	3849.0	3805.0
2	Peso suelo húmedo (g/cm ³)	1731.0	1796.0	1870.0	1826.0
3	Densidad suelo húmedo (g/cm ³)	1.7	1.8	1.9	1.8
CONTENIDO DE HUMEDAD					
4	Peso suelo húmedo + recipiente (g)	930.0	855.0	835.0	745.0
5	Peso suelo seco + recipiente (g)	891.4	804.0	773.8	669.1
6	Peso del agua (g)	38.6	51.0	61.2	75.9
7	Peso suelo seco (g)	742.4	689.0	643.8	597.4
RESULTADOS PARA LA GRÁFICA					
8	Contenido de humedad (%)	5.20	7.40	9.50	12.70
9	Densidad del suelo seco (g/cm ³)	1.66	1.69	1.73	1.64
RESULTADOS					
Máxima densidad seca (M.D.S.) = 1.74 g/cm ³ = 17.01 kN/m ³			Óptimo contenido de humedad (O.C.H.) = 10.20 %		

Fuente: Propia

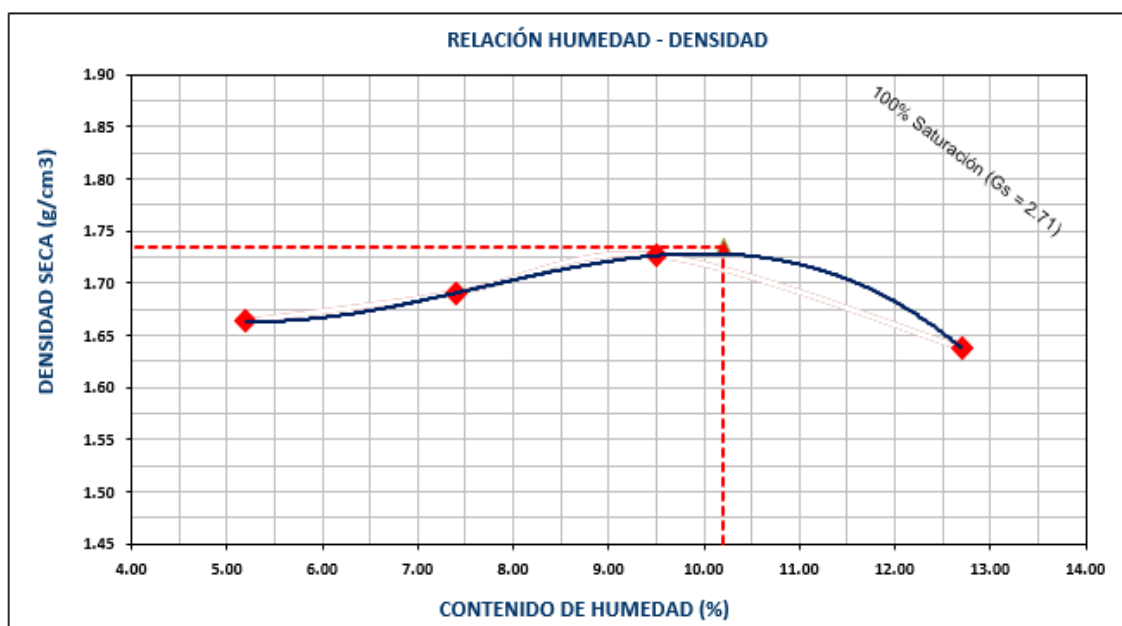


Figura 9. Curva de Compactación de la C-01+ 5% de Cal

Tabla 47

Proctor Modificado de la Calicata C-01 + 8% de Cal

Método de ensayo	:	B	Peso del molde	:	1979.00 g	
Método de Preparación utilizado	:	Húmedo	Volumen del molde	:	1062.00 cm ³	
Tamiz separador	:	3/8"	Pc	:	6.30 %	
Gravedad Específica	:	2.69	Pf	:	93.70 %	
Número de ensayo			1	2	3	4
1	Peso suelo húmedo + molde	(g)	3920.0	3900.0	4075.0	3975.0
2	Peso suelo húmedo	(g/cm ³)	1941.0	1921.0	2096.0	1996.0
3	Densidad suelo húmedo	(g/cm ³)	1.8	1.8	2.0	1.9
CONTENIDO DE HUMEDAD						
4	Peso suelo húmedo + recipiente	(g)	700.2	670.4	474.7	500.4
5	Peso suelo seco + recipiente	(g)	656.7	612.9	435.2	439.1
6	Peso del agua	(g)	43.5	57.5	39.5	61.3
7	Peso suelo seco	(g)	536.9	523.2	286.2	367.3
RESULTADOS PARA LA GRÁFICA						
8	Contenido de humedad	(%)	8.10	11.00	13.80	16.70
9	Densidad del suelo seco	(g/cm ³)	1.69	1.63	1.73	1.61
RESULTADOS						
Máxima densidad seca (M.D.S.)			Óptimo contenido de humedad (O.C.H.)			
= 1.74 g/cm³ = 17.08 kN/m³			= 14.40 %			

Fuente: Elaboración Propia

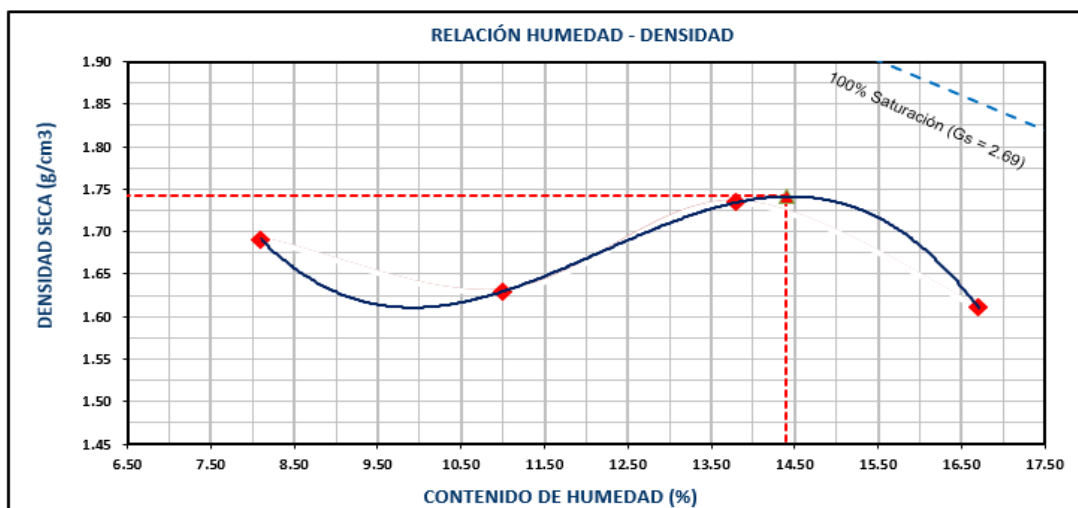


Figura 10. Curva de Compactación de la C-01+ 8% de Ca

Tabla 38

Proctor Modificado de la Calicata C-02 Muestra Patron

Método de ensayo	:	B	Peso del molde	:	1979	g
Método de Preparación utilizado	:	Húmedo	Volumen del molde	:	1062.00	cm ³
Tamiz separador	:	3/8"	Pc	:	5.70	%
Gravedad Específica	:	2.69	Pf	:	94.30	%
Número de ensayo			1	2	3	4
1	Peso suelo húmedo + molde	(g)	3777.0	3933.0	4059.0	4032.0
2	Peso suelo húmedo	(g/cm ³)	1798.0	1954.0	2080.0	2053.0
3	Densidad suelo húmedo	(g/cm ³)	1.7	1.8	2.0	1.9
CONTENIDO DE HUMEDAD						
4	Peso suelo húmedo + recipiente	(g)	653.0	661.0	528.0	558.5
5	Peso suelo seco + recipiente	(g)	612.0	610.5	474.4	500.0
6	Peso del agua	(g)	41.0	50.5	53.6	58.5
7	Peso suelo seco	(g)	539.1	476.3	402.7	370.0
RESULTADOS PARA LA GRÁFICA						
8	Contenido de humedad	(%)	7.60	10.60	13.30	15.80
9	Densidad del suelo seco	(g/cm ³)	1.57	1.66	1.73	1.67
RESULTADOS						
Máxima densidad seca (M.D.S.) = 1.73 g/cm ³ = 16.97 kN/m ³			Óptimo contenido de humedad (O.C.H.) = 13.60 %			

Fuente: Elaboración Propia

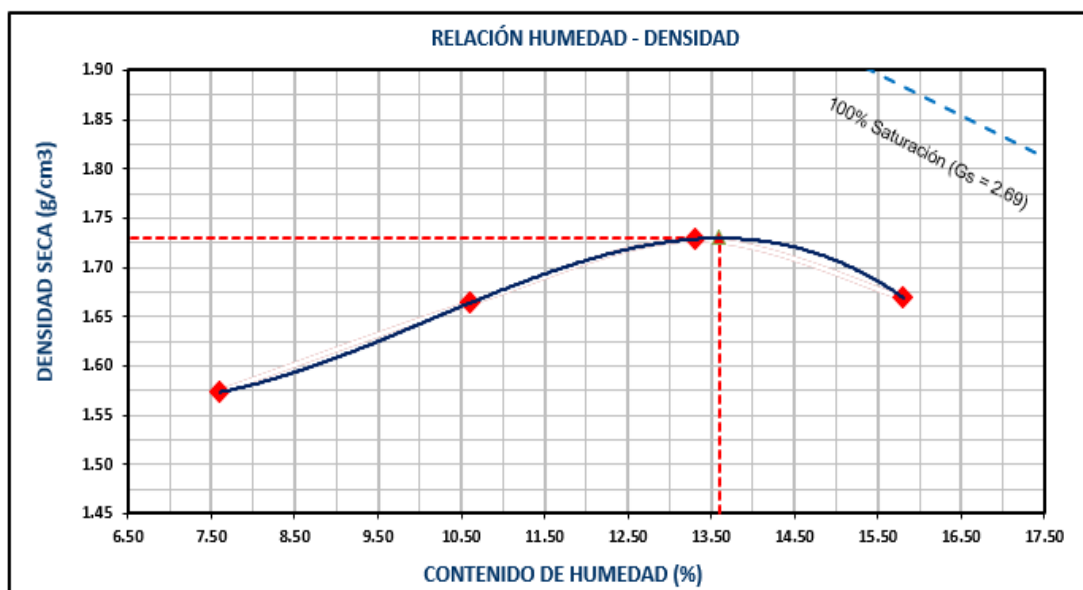


Figura 11. Curva de Compactación de la Muestra Patron C-02

Tabla 39

Proctor Modificado de la Calicata C-02 + 5% de Cal

Método de ensayo	:	B	Peso del molde	:	1979.00 g		
Método de Preparación utilizado	:	Húmedo	Volumen del molde	:	1062.00 cm ³		
Tamiz separador	:	3/8"	Pc	:	5.70 %		
Gravedad Específica	:	2.69	Pf	:	94.30 %		
Número de ensayo			1	2	3	4	
1	Peso suelo húmedo + molde	(g)	3645.0	3729.0	3750.0	3695.0	
2	Peso suelo húmedo	(g/cm ³)	1670.0	1754.0	1775.0	1720.0	
3	Densidad suelo húmedo	(g/cm ³)	1.8	1.9	1.9	1.8	
CONTENIDO DE HUMEDAD							
4	Peso suelo húmedo + recipiente	(g)	580.0	670.0	540.0	670.0	
5	Peso suelo seco + recipiente	(g)	539.7	615.6	489.8	603.2	
6	Peso del agua	(g)	40.3	54.4	50.2	66.8	
7	Peso suelo seco	(g)	424.6	485.6	374.8	457.3	
RESULTADOS PARA LA GRÁFICA							
8	Contenido de humedad	(%)	9.50	11.20	13.40	14.60	
9	Densidad del suelo seco	(g/cm ³)	1.62	1.67	1.66	1.59	
RESULTADOS							
Máxima densidad seca (M.D.S.)			= 1.68 g/cm ³ = 16.51 kN/m ³	Óptimo contenido de humedad (O.C.H.)			= 12.00 %

Fuente: Elaboración Propia

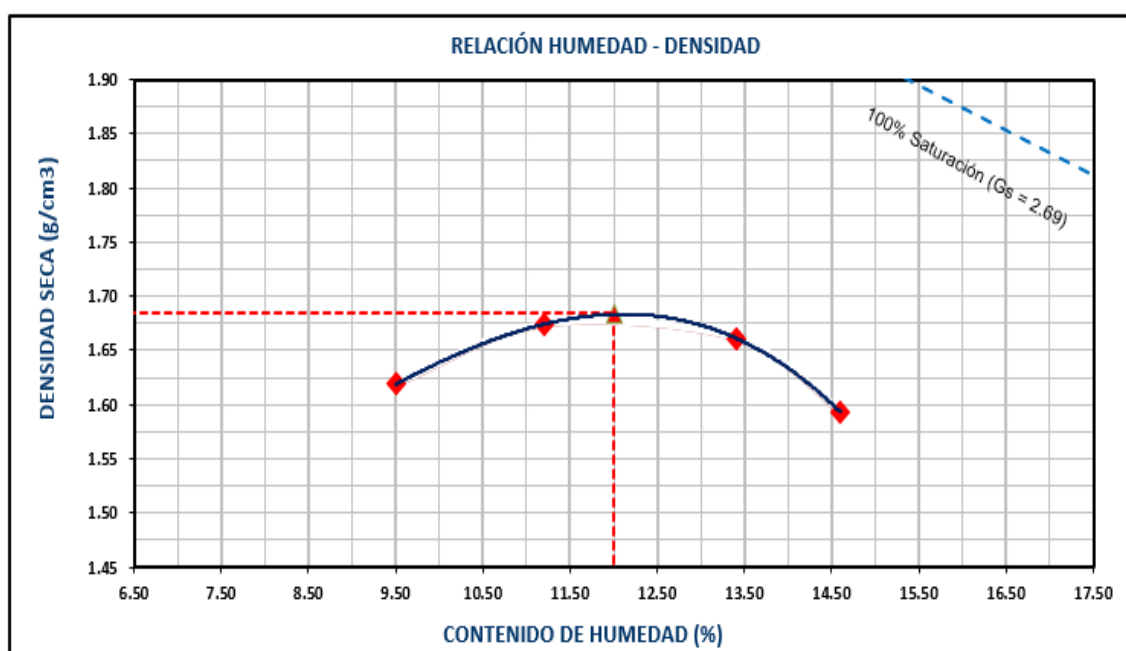


Figura 12. Curva de Compactación de la C-02+ 5% de Cal

Tabla 40

Proctor Modificado de la Calicata C-02 + 8% de Cal

Método de ensayo	:	B	Peso del molde	:	1979.00 g	
Método de Preparación utilizado	:	Húmedo	Volumen del molde	:	1062.00 cm ³	
Tamiz separador	:	3/8"	Pc	:	5.70 %	
Gravedad Especifica	:	2.69	Pf	:	94.30 %	
Número de ensayo			1	2	3	4
1	Peso suelo húmedo + molde	(g)	3895.0	4025.0	4070.0	3995.0
2	Peso suelo húmedo	(g/cm ³)	1916.0	2046.0	2091.0	2016.0
3	Densidad suelo húmedo	(g/cm ³)	1.8	1.9	2.0	1.9
CONTENIDO DE HUMEDAD						
4	Peso suelo húmedo + recipiente	(g)	672.1	479.4	659.6	703.7
5	Peso suelo seco + recipiente	(g)	626.4	443.0	587.3	612.1
6	Peso del agua	(g)	45.7	36.4	72.3	91.6
7	Peso suelo seco	(g)	496.3	294.0	475.8	492.3
RESULTADOS PARA LA GRÁFICA						
8	Contenido de humedad	(%)	9.20	12.40	15.20	18.60
9	Densidad del suelo seco	(g/cm ³)	1.65	1.71	1.71	1.60
RESULTADOS						
Máxima densidad seca (M.D.S.)	=	1.72 g/cm ³	=	16.87 kN/m ³	Óptimo contenido de humedad (O.C.H.)	= 13.70 %

Fuente: Elaboración Propia

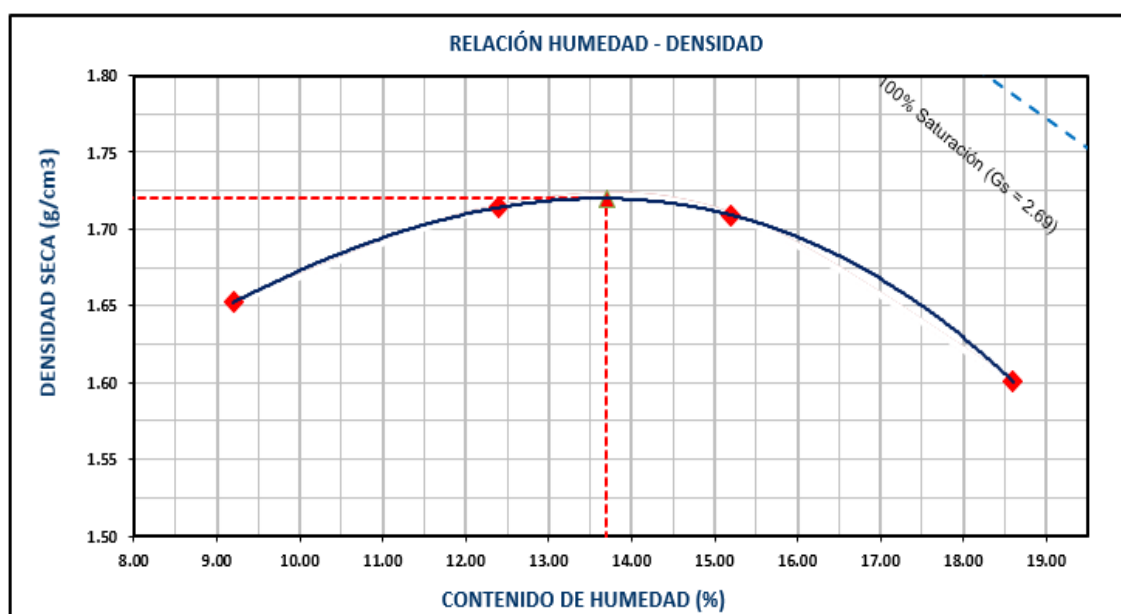


Figura 13. Curva de Compactación de la C-02+ 8% de Cal

ANALISIS DE LA PRUEBA

En el siguiente cuadro mostramos los resultados respecto a la Máxima Densidad Seca (MDS) del Proctor modificado.

Tabla 41

Resumen de los Resultados de la Máxima Densidad Seca

PROCTOR MODIFICADO MÉTODO B	% DE CAL	MÁXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm ³)
C-01 (GRAVA ARCILLOSA CON ARENA) GC	PATRÓN	1.736 = 17.02 kN/m ³
	+ 5% de cal	1.735 = 17.01 kN/m ³
	+ 8% de cal	1.742 = 17.08 kN/m ³
C-02 (GRAVA ARCILLOSA CON ARENA) GC	PATRÓN	1.730 = 16.97 kN/m ³
	+ 5% de cal	1.684 = 16.51 kN/m ³
	+ 8% de cal	1.720 = 16.87 kN/m ³

Fuente: Elaboración Propia

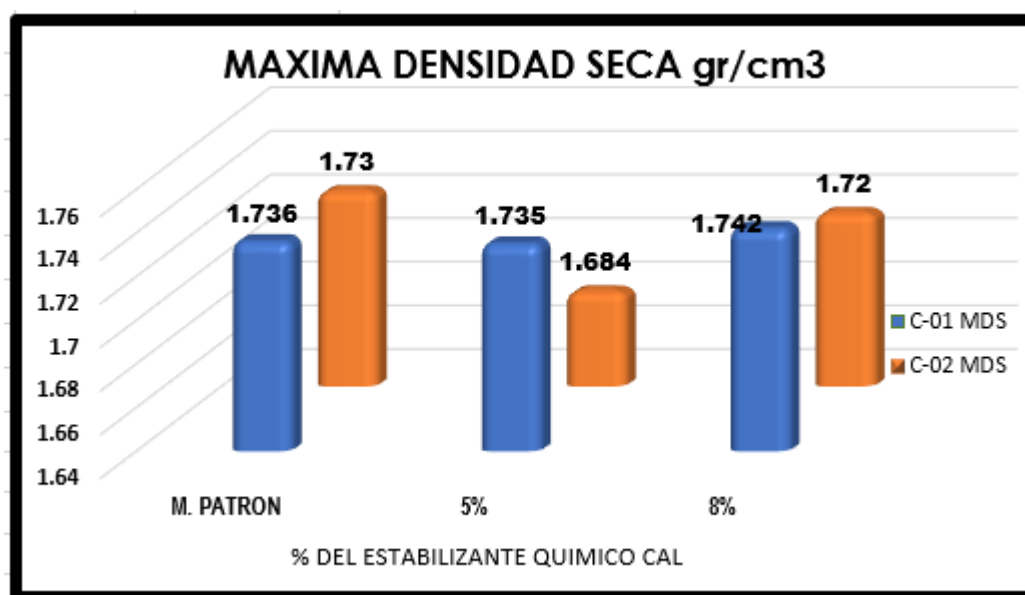


Figura 14. Variación de la M.D.S Respecto al estabilizante Químico Cal.

RELACIÓN DE SOPORTE CALIFORNIA (CBR)

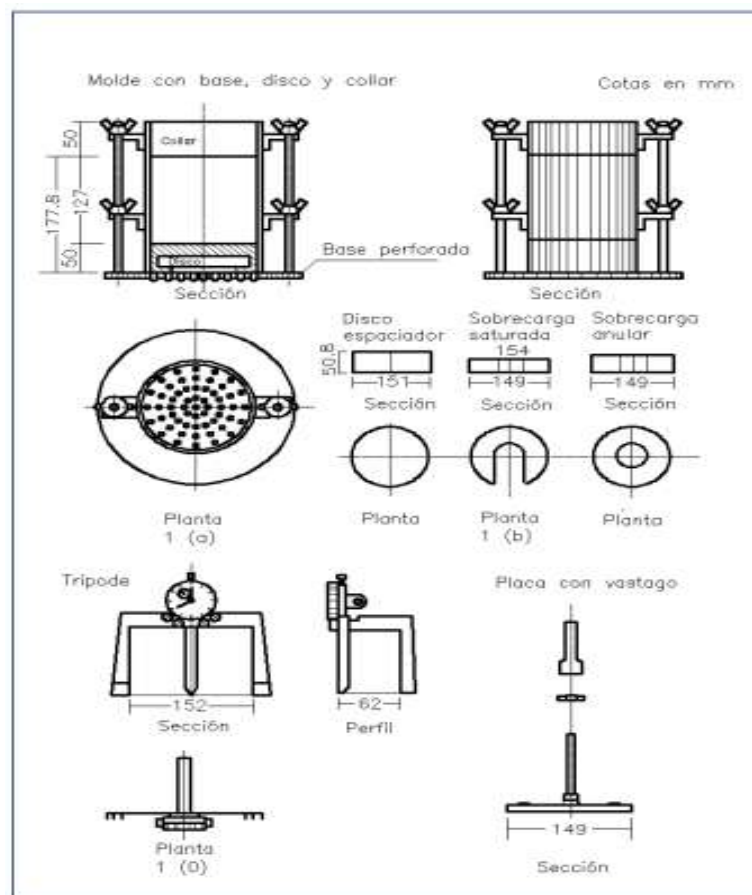
PROCEDIMIENTO Y CALCULOS

Basándonos en la NTP 339.145 o la ASTM D1883, se realizó el ensayo de CBR a la muestra patron y a los porcentajes (%) con CAL, se realiza a suelos preparados en laboratorio contando con una humedad y densidad, con la finalidad medir la carga del suelo y evaluar la resistencia potencial de la subrasante, subbase con fines de pavimentación.

EQUIPOS Y MATERIALES:

- **Máquina de carga:** será equipada con una cabezal o base móvil, similar a los ensayos de compresión. Que se desplace a una velocidad uniforme (no pulsante) de 0.05 ± 0.01 pulgadas para empujar el pistón de penetración dentro de la muestra.
- **Molde:** cilíndrico metálico rígido con un diámetro interior de $(152,4 \pm 0.66 \text{ mm})$ y una altura de $(177.8 \pm 0.46 \text{ mm})$, provisto de un collarín de metal de mismo diámetro y de altura (51 mm) y una placa.
- **Disco espaciador:** de forma circular de 150.8 mm de diámetro y altura de 50.0 mm la cual será colocado como una base de fondo en el molde.
- **Pisón:** será el mismo que usamos en el ensayo Proctor Modif..
- **Placa:** de material metálico con perforaciones de 149.2 mm de diámetro y que las aberturas o perforaciones no excedan los 1.6 mm , provisto de vástago central el cual nos permite la regulación de la altura total.
- **El trípode:** metálico que con sus patas pueden sujetarse en el límite del molde y permite que al centro de dial se coloque correctamente, de esta forma se consigue que coincida la placa ranurada y el vástago.
- **Pesas:** con masas de $4.54 \text{ kilogramos } (+ - 0.02 \text{ Kg})$ y de masas de $2.27 \text{ kilogramos } (+ - 0.02 \text{ Kg})$. Las dos pesas consideradas para este tipo de ensayo son de material metálico.

- **Diales:** indicadores de cuadrante generalmente mecánicos capaces de leer hasta 0.001pulgadas (0.025 mm) con un rango de 0.200 pulgadas
- **Tanque o tina:** recipiente donde podrán caber los 3 moldes de CBR.
- **Horno:** controlado termostáticamente a una temperatura de $(110 \pm 5^\circ\text{C})$
- **Balanzas:** de legibilidad de 0.1 y de 1 g.
- **Tamices:** de acuerdo al método de Proctor.
- **Herramientas para mezclar:** diversas como recipientes, guantes, espátula, cucharón.



PROCEDIMIENTO: una vez terminado el ensayo de Proctor MODif. ya teniendo el la cantidad optima de agua, pasamos a mezclar la muestra las cuales son una de 56 golpes, de 25 golpes y de 12 golpes con la misma humedad, teniendo la cantidad necesaria de muestra pasamos a mezclar con el porcentaje de agua que nos da el ensayo de Proctor, dividimos en 5 capas para luego poner en el molde y cada capa será

sometido a 56 golpes. una vez terminada retiramos el collarín superior para poder enrasar, y quede al mismo nivel del molde, retiramos el disco de expansión para poder pesar y poner las pesas abiertas, cerradas y la ranura con el vástago, la cual nos ayudara a la lectura de deformación.

ya con el peso, procedemos a dejar el molde en el tanque o tina lleno de agua por 4 días o 96 horas, sin antes poner el trípode con el dial y hacer la lectura de deformación o expansión, cada 24 horas por los días de remojo, así mismo realizar el mismo procedimiento para los moldes de 25 y 12 golpes.

pasado las 96 horas de remojo de la muestra se procede a sacar y secar superficialmente, y ser pesado, ya terminado ese proceso pasamos a llevar el molde con la pesa abierta y cerrada y posicionarla en la máquina de CBR, que constará con un dial para leer la penetración y un cronómetro la cual usaremos para el tiempo y una pequeña tabla donde nos indicará en qué momento hacer la lectura de la carga uniaxial.

Tabla 42
Lectura del Dial para el Ensayo de Penetración CBR

PENETRACIÓN		TIEMPO
PULGADAS	mm	
0	0	0
0.025	0.64	30 s
0.050	1.30	1 min
0.750	1.90	1.5 min
0.100	2.50	2 min
0.125	3.18	2.5 min
0.150	3.80	3 min
0.175	4.45	3.5 min
0.200	5.10	4 min
0.250	6.35	4.5 min
0.300	7.60	5 min
0.350	8.89	5.5 min
0.400	10.00	6 min
0.450	11.43	6.5 min
0.500	13.00	7 min

Fuente: propia

las lecturas sombradas de celeste nos indica si estamos haciendo bien las demás lecturas. concluido el ensayo pasamos a retirar el molde y sacar una fracción de humedad, del centro del molde, el mismo procedimiento para cada uno de los demás moldes ya sea muestra patron o añadiendo cal.

CALCULOS:

- Densidad húmeda

$$p_d = \frac{\text{peso de la muestra humeda}}{\text{volumen del molde}} \times 100$$

- Cálculo de la humedad

$$\% W = \frac{(P. \text{del suelo humedo} + tara) - (P. \text{del suelo seco} + tara)}{(P. \text{del suelo seco} + tara) - (tara)} \times 100$$

- Calculo de la Densidad Seca

$$p_d = \frac{p_m}{1 + \frac{W}{100}}$$

- Expansión

$$\% \text{ Expansión} = \frac{\text{lectura inial} - \text{lectura final}}{H \text{ del molde}} \times 100$$

- Calculo del CBR

$$CBR_x = ((SOP * CSOP) / (SS))$$

TABLAS ESTADISTICAS Y DIAGRAMAS

Tabla 43

Ensayo de la relación soporte california (CBR) C-01 Muestra Patron

Máxima densidad seca (M.D.S.) : 2.17 g/cm³										Óptimo contenido de humedad (O.C.H.) : 14.30 %													
COMPACTACIÓN CBR																							
Molde			1						2						3								
Número de capas			5						5						5								
Golpes por capa			55						25						10								
Condición de la muestra			No			Saturado			No			Saturado			No			Saturado					
			Saturado						Saturado						Saturado								
Peso húmedo + Molde (g)			8030			8254			7800			8056			7422			7697					
Peso Molde (g)			4100.0			4100.0			4100.0			4100.0			3950.0			3950.0					
Peso Húmedo (g)			3930.0			4154.2			3700.0			3955.5			3472.0			3746.6					
Volumen del Molde (cm3)			2082.0			2082.0			2059.0			2059.0			2041.0			2041.0					
Densidad Húmeda (g/cm3)			1.89			2.00			1.80			1.92			1.70			1.84					
CONTENIDO DE HUMEDAD																							
Número de recipiente			153			37			162			39			147			44					
Peso húmedo + recipiente (g)			743.0			2596.3			722.6			2463.5			741.9			2756.2					
Peso Seco + recipiente (g)			696.6			2382.9			666.9			2257.3			694.8			2520.6					
Peso muestra seca (g)			533.8			2345.0			647.4			2217.0			541.6			2480.4					
CONTENIDO HUMEDAD (%)			8.7			9.1			8.6			9.3			8.7			9.5					
DENSIDAD SECA (g/cm3)			1.74			1.83			1.65			1.76			1.56			1.68					
ENSAYO DE EXPANSIÓN																							
Fecha		Hora		Tiempo (Hr)		LECTU EXPANSIÓN N° 1					LECTU EXPANSIÓN N°					LECTU EXPANSIÓN N°							
						RA		(mm)		(%)		RA		(mm)		(%)		RA		(mm)		(%)	
11/10/2024		3:40 p. m.		00:00 hrs		0.000		0.000		0.00		0.000		0.000		0.00		0.000		0.000		0.00	
12/10/2024		3:40 p. m.		24:00 hrs		0.000		0.000		0.00		0.000		0.000		0.00		0.000		0.000		0.00	
13/10/2024		3:40 p. m.		48:00 hrs		0.000		0.000		0.00		0.000		0.000		0.00		0.000		0.000		0.00	
14/10/2024		3:40 p. m.		72:00 hrs		0.000		0.000		0.00		0.000		0.000		0.00		0.000		0.000		0.00	
15/10/2024		3:40 p. m.		96:00 hrs		0.000		0.000		0.00		0.000		0.000		0.00		0.000		0.000		0.00	
ENSAYO DE PENETRACIÓN CBR																							
PENETRACIÓN			CARGA ESTÁNDAR		MOLDE N°1						MOLDE N°2						MOLDE N°3						
					CARGA		CORRECCIÓN		CARGA		CORRECCIÓN		CARGA		CORRECCIÓN		CARGA		CORRECCIÓN				
(pulg)		(mm)		(kg/cm2)		(kg)		kg/cm2		CBR (%)		(kg)		kg/cm2		CBR (%)		(kg)		kg/cm2		CBR (%)	
0.000		0.000				0.0		0.00				0.0		0.00				0.0		0.00			
0.025		0.630				78.9		4.02				57.7		2.94				49.2		2.51			
0.050		1.270				95.9		4.88				78.9		4.02				57.7		2.94			
0.075		1.900				176.6		8.99				104.4		5.32				74.7		3.80			
0.100		2.540		70.307		274.3		13.97		19.9		176.6		8.99		12.8		104.4		5.32		7.6	
0.150		3.810				346.6		17.65				240.4		12.24				142.6		7.26			
0.200		5.080		105.46		406.1		20.68		19.6		274.4		13.98		13.3		155.4		7.91		7.5	
0.300		7.620				452.8		23.06				325.4		16.57				206.4		10.51			
0.400		10.16				516.6		26.31				363.6		18.52				214.9		10.94			
0.500		12.70				580.3		29.55				410.3		20.90				253.1		12.89			

Fuente: Elaboración Propia

GRÁFICO CARGA VS PENETRACIÓN

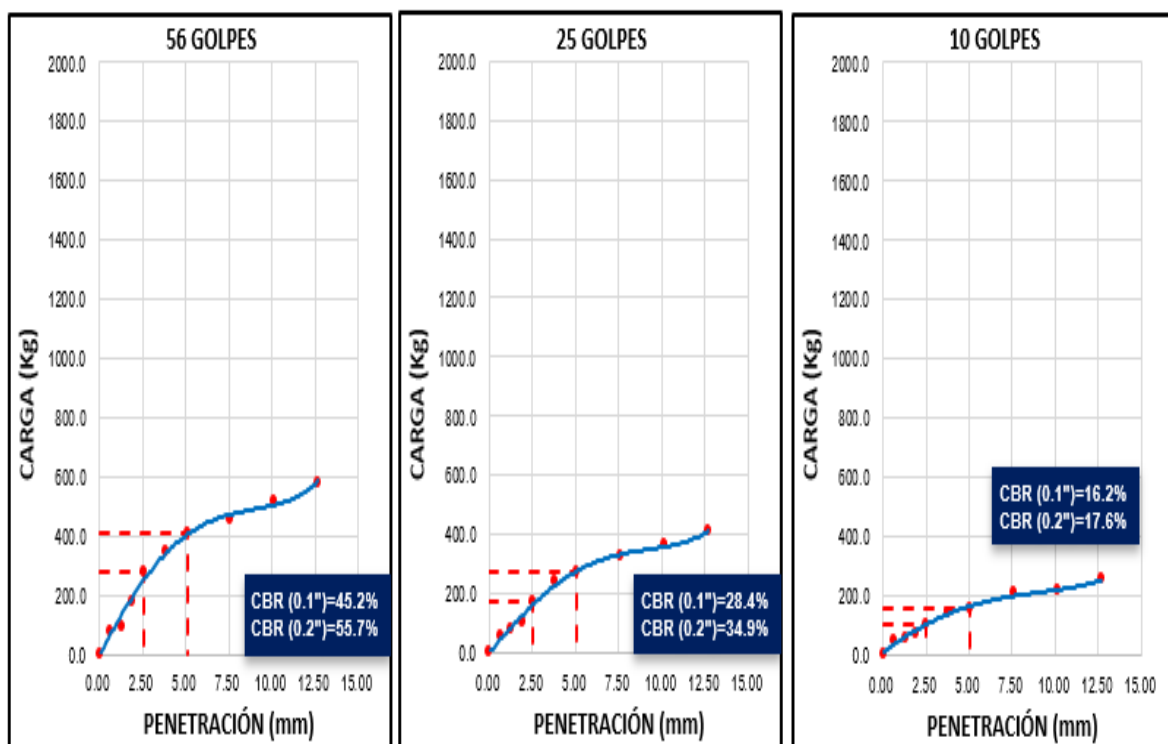
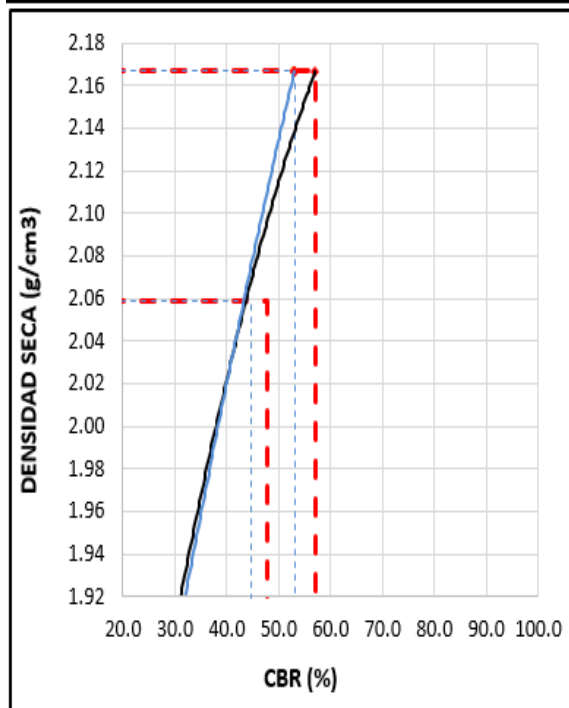


GRÁFICO DE PENETRACIÓN DE CBR



DATOS DEL PROCTOR

Máxima Densidad Seca (M.D.S.)	:	2.17	g/cm³
Humedad Óptima	:	14.30	%
95% Máxima Densidad Seca (M.D.S.)	:	2.06	g/cm³

RESULTADOS DE LA GRÁFICA

C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (0.1'')	:	57.1	%
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (0.1'')	:	47.7	%
C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (0.2'')	:	53.1	%
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (0.2'')	:	44.6	%

RESULTADOS C.B.R.

VALOR DE C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (0.1'')	=	57.1%
VALOR DE C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (0.1'')	=	47.7%

Figura 15. Penetración CBR de la MDS al 100% y al 95% de la C-01

Tabla 44

Ensayo de la relación soporte california (CBR) C-01 + el 5% de cal

Máxima densidad seca (M.D.S.)		: 1.74 g/cm³		Óptimo contenido de humedad (O.C.H.)		: 10.20 %					
COMPACTACIÓN CBR											
Molde		1		2		3					
Número de capas		5		5		5					
Golpes por capa		56		25		12					
Condición de la muestra		No Saturado	Saturado	No Saturado	Saturado	No Saturado	Saturado				
Peso húmedo + Molde (g)		8734	8972	8450	8717	7980	8246				
Peso Molde (g)		4776.0	4776.0	4472.0	4472.0	4555.0	4555.0				
Peso Húmedo (g)		3958.0	4195.7	3978.0	4245.2	3425.0	3690.8				
Volumen del Molde (cm3)		2107.9	2107.9	2107.9	2107.9	2107.9	2107.9				
Densidad Húmeda (g/cm3)		1.88	1.99	1.89	2.01	1.62	1.75				
CONTENIDO DE HUMEDAD											
Número de recipiente		37	153	39	162	44	147				
Peso húmedo + recipiente (g)		730.0	2365.2	670.0	2827.0	655.0	2569.5				
Peso Seco + recipiente (g)		677.5	2181.5	621.2	2585.8	608.4	2363.9				
Peso muestra seca (g)		639.6	2018.7	580.9	2566.2	568.2	2210.7				
CONTENIDO HUMEDAD (%)		8.2	9.1	8.4	9.4	8.2	9.3				
DENSIDAD SECA (g/cm3)		1.74	1.82	1.74	1.84	1.50	1.60				
ENSAYO DE EXPANSIÓN											
Fecha	Hora	Tiempo (Hr)	LECTUR A	EXPANSIÓN N° 1 (mm) (%)	LECTUR A	EXPANSIÓN N° 2 (mm) (%)	LECTUR A	EXPANSIÓN N° 3 (mm) (%)			
11/10/2024	3:40 p. m.	00:00 hrs	0.000	0.000 0.00	0.000	0.000 0.00	0.000	0.000 0.00			
12/10/2024	3:40 p. m.	24:00 hrs	0.000	0.000 0.00	0.000	0.000 0.00	0.000	0.000 0.00			
13/10/2024	3:40 p. m.	48:00 hrs	0.000	0.000 0.00	0.000	0.000 0.00	0.000	0.000 0.00			
14/10/2024	3:40 p. m.	72:00 hrs	0.000	0.000 0.00	0.000	0.000 0.00	0.000	0.000 0.00			
15/10/2024	3:40 p. m.	96:00 hrs	0.000	0.000 0.00	0.000	0.000 0.00	0.000	0.000 0.00			
ENSAYO DE PENETRACIÓN CBR											
PENETRACIÓN		CARGA ESTÁNDAR	MOLDE N°1			MOLDE N°2		MOLDE N°3			
(pulg)	(mm)	(kg/cm2)	CARGA (kg)	CORRECCIÓN (kg/cm2)	CBR (%)	CARGA (kg)	CORRECCIÓN (kg/cm2)	CBR (%)	CARGA (kg)	CORRECCIÓN (kg/cm2)	CBR (%)
0.000	0.000		0.0	0.00		0.0	0.00		0.0	0.00	
0.025	0.630		172.4	8.78		121.4	6.18		91.7	4.67	
0.050	1.270		240.4	12.24		189.4	9.65		112.9	5.75	
0.075	1.900		346.6	17.65		231.9	11.81		146.9	7.48	
0.100	2.540	70.307	431.6	21.98	31.3	274.3	13.97	19.9	189.4	9.65	13.7
0.150	3.810		665.3	33.88		359.4	18.30		240.4	12.24	
0.200	5.080	105.46	707.8	36.05	34.2	401.8	20.46	19.4	282.9	14.41	13.7
0.300	7.620		792.8	40.38		448.6	22.85		325.4	16.57	
0.400	10.16		835.3	42.54		495.3	25.23		367.9	18.74	
0.500	12.70		877.7	44.70		537.8	27.39		410.3	20.90	

Fuente: Elaboración Propia

GRÁFICO CARGA VS PENETRACIÓN

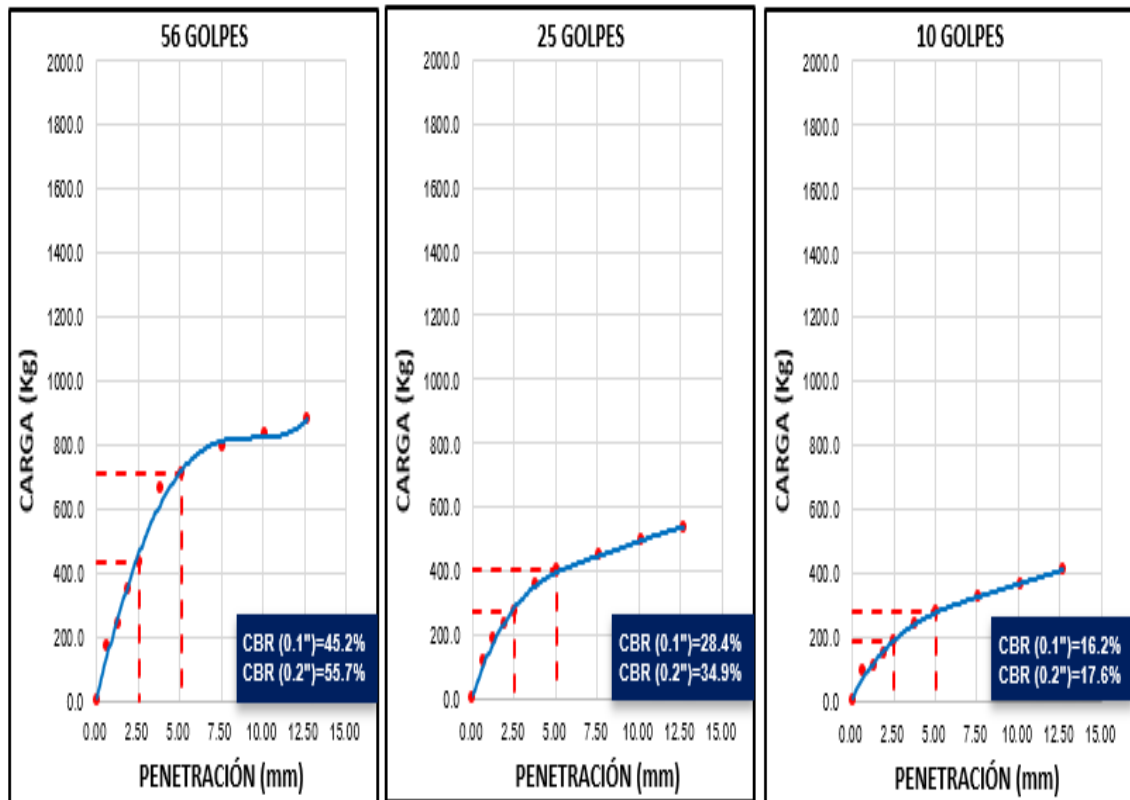
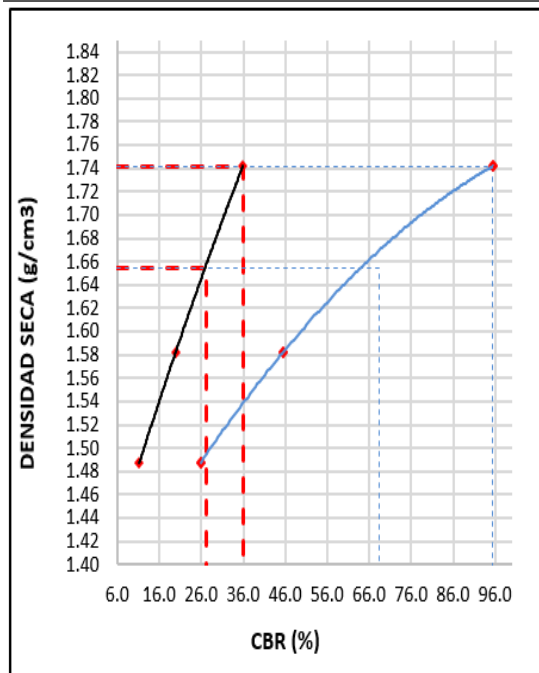


GRÁFICO DE PENETRACIÓN DE CBR



DATOS DEL PROCTOR	
Máxima Densidad Seca (M.D.S.)	: 1.74 g/cm³
Humedad Óptima	: 14.40 %
95% Máxima Densidad Seca (M.D.S.)	: 1.65 g/cm³

RESULTADOS DE LA GRÁFICA	
C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (0.1'')	: 35.9 %
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (0.1'')	: 27.2 %
C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (0.2'')	: 95.5 %
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (0.2'')	: 68.2 %

RESULTADOS C.B.R.	
VALOR DE C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (0.1'')	= 35.9%
VALOR DE C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (0.1'')	= 27.2%

Figura 16. Penetración CBR de la MDS al 100% y al 95% de la C-01 + 5% de CAL

Tabla 45

Ensayo de la relación soporte california (CBR) C-01 + el 8% de cal

Máxima densidad seca (M.D.S.)		: 1.74 g/cm³		Óptimo contenido de humedad (O.C.H.)		: 14.40 %					
COMPACTACIÓN CBR											
Molde	1		2		3						
Número de capas	5		5		5						
Golpes por capa	56		25		12						
Condición de la muestra	No Saturado	Saturado	No Saturado	Saturado	No Saturado	Saturado					
Peso húmedo + Molde (g)	9119	9360	7920	8178	8571	8858					
Peso Molde (g)	4865.0	4865.0	4130.0	4130.0	4800.0	4800.0					
Peso Húmedo (g)	4254.0	4495.0	3790.0	4047.5	3770.8	4057.7					
Volumen del Molde (cm3)	2175.5	2175.5	2086.8	2086.8	2216.0	2216.0					
Densidad Húmeda (g/cm3)	1.96	2.07	1.82	1.94	1.70	1.83					
CONTENIDO DE HUMEDAD											
Número de recipiente	49	51	50	61	54	52					
Peso húmedo + recipiente (g)	284.4	2563.2	373.9	2635.4	482.1	2396.5					
Peso Seco + recipiente (g)	254.0	2231.0	331.6	2297.6	430.4	2088.1					
Peso muestra seca (g)	207.0	2185.7	285.9	2208.2	358.9	2015.9					
CONTENIDO HUMEDAD (%)	14.7	15.2	14.8	15.3	14.4	15.3					
DENSIDAD SECA (g/cm3)	1.70	1.79	1.58	1.68	1.49	1.59					
ENSAYO DE EXPANSIÓN											
Fecha	Hora	Tiempo (Hr)	LECTUR A	EXPANSIÓN N° 1 (mm) (%)	LECTUR A	EXPANSIÓN N° 2 (mm) (%)	LECTUR A	EXPANSIÓN N° 3 (mm) (%)			
11/10/2024	3:40 p. m.	00:00 hrs	0.000	0.000 0.00	0.000	0.000 0.00	0.000	0.000 0.00			
12/10/2024	3:40 p. m.	24:00 hrs	0.000	0.000 0.00	0.000	0.000 0.00	0.000	0.000 0.00			
13/10/2024	3:40 p. m.	48:00 hrs	0.000	0.000 0.00	0.000	0.000 0.00	0.000	0.000 0.00			
14/10/2024	3:40 p. m.	72:00 hrs	0.000	0.000 0.00	0.000	0.000 0.00	0.000	0.000 0.00			
15/10/2024	3:40 p. m.	96:00 hrs	0.000	0.000 0.00	0.000	0.000 0.00	0.000	0.000 0.00			
ENSAYO DE PENETRACIÓN CBR											
PENETRACIÓN		CARGA ESTÁNDAR	MOLDE N°1			MOLDE N°2			MOLDE N°3		
(pulg)	(mm)	(kg/cm2)	CARGA (kg)	CORRECCIÓN [kg/cm2]	CBR (%)	CARGA (kg)	CORRECCIÓN (kg/cm2)	CBR (%)	CARGA (kg)	CORRECCIÓN (kg/cm2)	CBR (%)
0.000	0.000		0.0	0.00		0.0	0.00		0.0	0.00	
0.025	0.630		40.7	2.07		40.7	2.07		40.7	2.07	
0.050	1.270		53.4	2.72		61.9	3.15		53.4	2.72	
0.075	1.900		214.9	10.94		193.6	9.86		104.4	5.32	
0.100	2.540	70.307	444.3	22.63	32.2	274.3	13.97	19.9	155.3	7.91	11.2
0.150	3.810		877.7	44.70		516.6	26.31		316.9	16.14	
0.200	5.080	105.46	1736.1	88.42	83.8	941.5	47.95	45.5	533.6	27.18	25.8
0.300	7.620		2059.0	104.86		1124.2	57.25		601.6	30.64	
0.400	10.16		2390.4	121.74		1192.2	60.72		673.8	34.32	
0.500	12.70		2556.2	130.19		1328.2	67.64		771.5	39.29	

Fuente: Elaboración Propia

GRÁFICO CARGA VS PENETRACIÓN

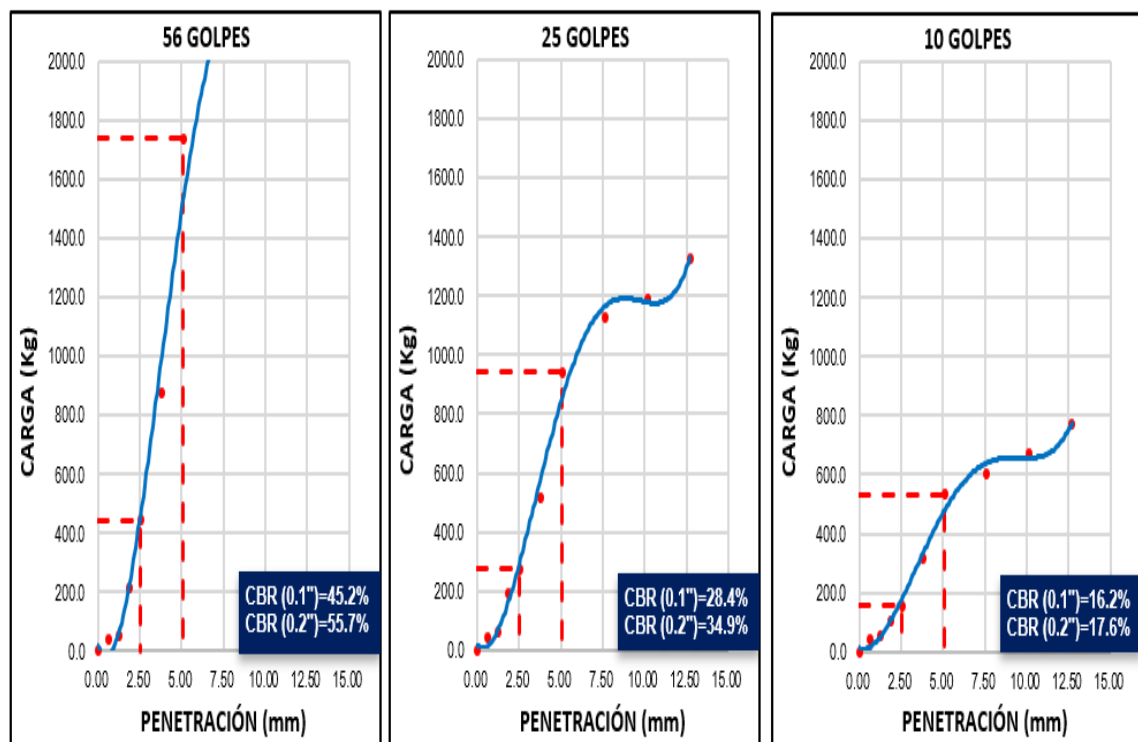


GRÁFICO DE PENETRACIÓN DE CBR

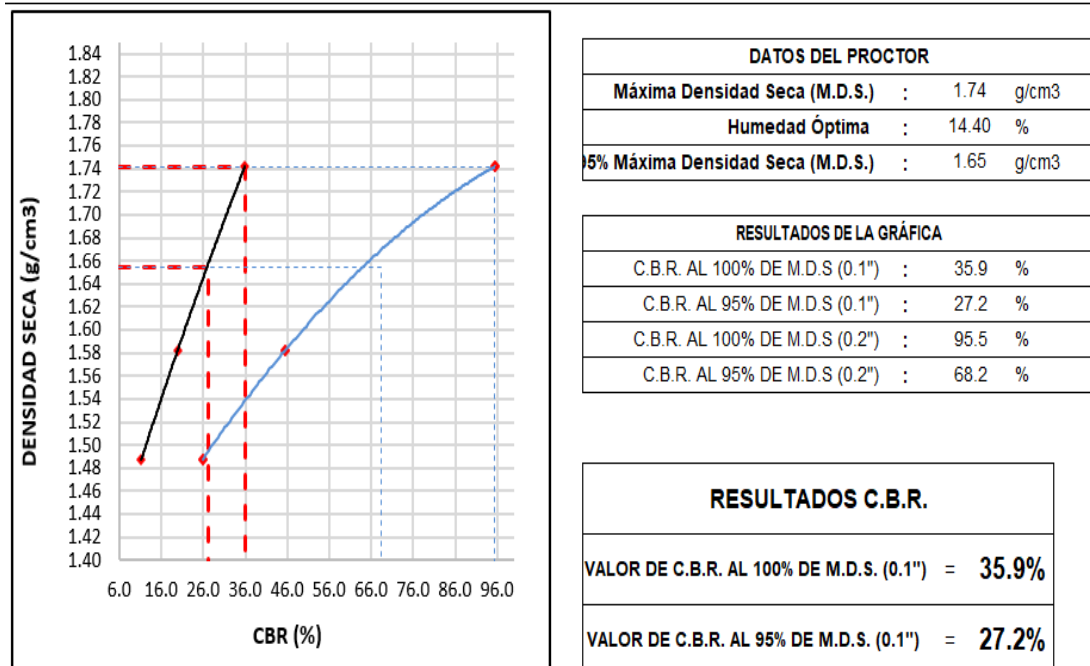


Figura 17. Penetración CBR de la MDS al 100% y al 95% de la C-01 + 8% de CAL

Tabla 46

Ensayo de la relación soporte california (CBR) C-02 muestra patron

Máxima densidad seca (M.D.S.) : 1.73 g/cm³							Óptimo contenido de humedad (O.C.H.) : 13.60 %						
COMPACTACIÓN CBR													
Molde	1				2				3				
Número de capas	5				5				5				
Golpes por capa	56				25				12				
Condición de la muestra	No Saturado		Saturado		No Saturado		Saturado		No Saturado		Saturado		
Peso húmedo + Molde (g)	8685		8877		7905		8165		7870		8151		
Peso Molde (g)	4503.0		4503.0		3972.5		3972.5		3967.5		3967.5		
Peso Húmedo (g)	4182.0		4373.9		3932.0		4192.7		3902.0		4183.2		
Volumen del Molde (cm3)	2133.2		2133.2		2086.1		2086.1		2216.0		2216.0		
Densidad Húmeda (g/cm3)	1.96		2.05		1.88		2.01		1.76		1.89		
CONTENIDO DE HUMEDAD													
Número de recipiente	147		52		150		56		149		63		
Peso húmedo + recipiente (g)	638.0		2465.3		624.0		2486.5		741.5		2498.5		
Peso Seco + recipiente (g)	581.1		2169.6		568.4		2197.0		675.7		2208.7		
Peso muestra seca (g)	427.9		2097.4		424.5		2082.5		530.7		2099.9		
CONTENIDO HUMEDAD (%)	13.3		14.1		13.1		13.9		12.4		13.8		
DENSIDAD SECA (g/cm3)	1.73		1.80		1.67		1.76		1.57		1.66		
ENSAYO DE EXPANSIÓN													
Fecha	Hora	Tiempo (Hr)	LECTU RA	EXPANSIÓN N° 1 (mm) (%)		LECTU RA	EXPANSIÓN N° (mm) (%)		LECTU RA	EXPANSIÓN N° (mm) (%)			
11/10/2024	3:40 p. m.	00:00 hrs	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00		
12/10/2024	3:40 p. m.	24:00 hrs	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00		
13/10/2024	3:40 p. m.	48:00 hrs	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00		
14/10/2024	3:40 p. m.	72:00 hrs	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00		
15/10/2024	3:40 p. m.	96:00 hrs	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00		
ENSAYO DE PENETRACIÓN CBR													
PENETRACIÓN		CARGA ESTÁNDAR	MOLDE N°1			MOLDE N°2			MOLDE N°3				
			CARGA	CORRECCIÓN		CARGA	CORRECCIÓN		CARGA	CORRECCIÓN			
(pulg)	(mm)	(kg/cm2)	(kg)	kg/cm2	CBR (%)	(kg)	kg/cm2	CBR (%)	(kg)	kg/cm2	CBR (%)		
0.000	0.000		0.0	0.00		0.0	0.00		0.0	0.00			
0.025	0.630		78.9	4.02		70.4	3.59		49.2	2.51			
0.050	1.270		100.2	5.10		87.4	4.45		61.9	3.15			
0.075	1.900		180.9	9.21		134.1	6.83		78.9	4.02			
0.100	2.540	70.307	261.6	13.32	18.9	168.1	8.56	12.2	91.6	4.67	6.6		
0.150	3.810		282.9	14.41		197.9	10.08		112.9	5.75			
0.200	5.080	105.46	325.4	16.57	15.7	240.4	12.24	11.6	155.4	7.91	7.5		
0.300	7.620		346.6	17.65		261.6	13.32		176.6	8.99			
0.400	10.16		367.9	18.74		282.9	14.41		197.9	10.08			
0.500	12.70		389.1	19.82		304.1	15.49		219.1	11.16			

Fuente: Elaboración Propia

GRÁFICO CARGA VS PENETRACIÓN

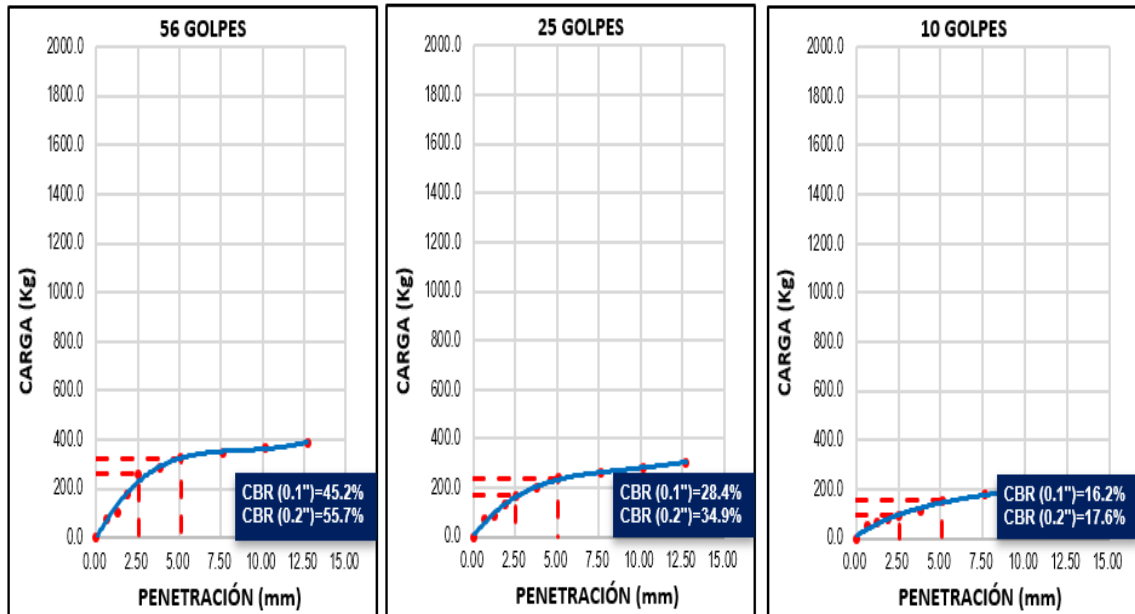


GRÁFICO DE PENETRACIÓN DE CBR

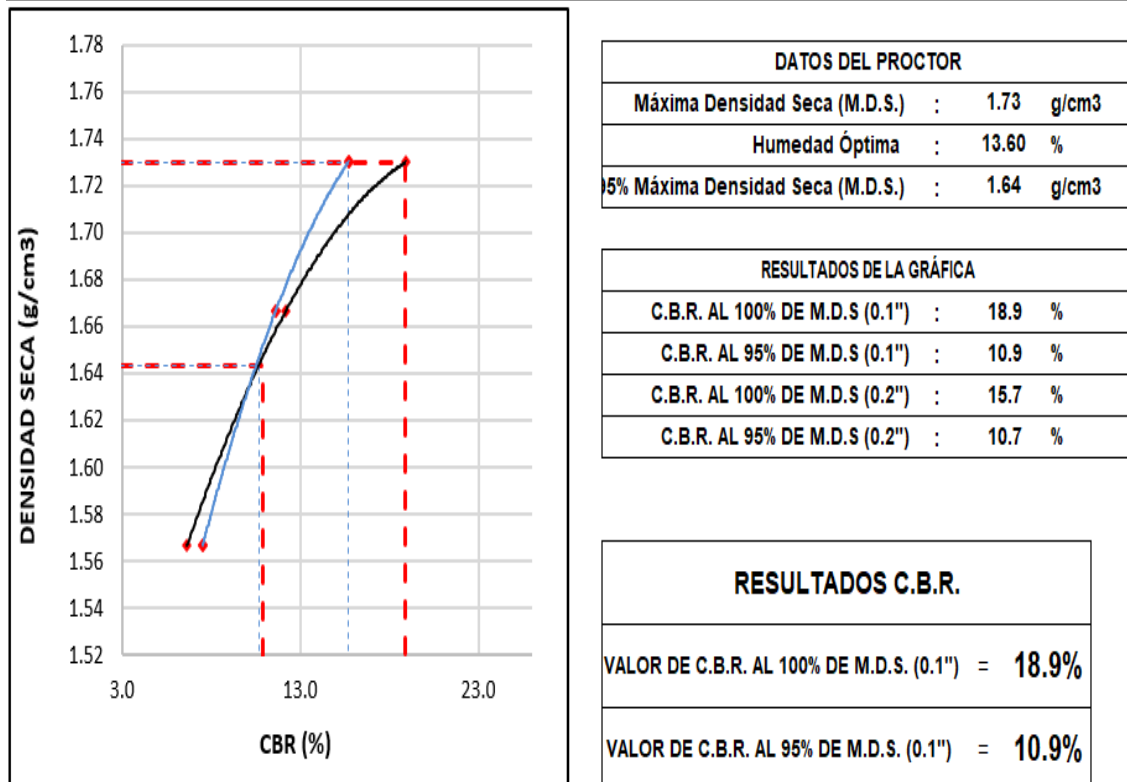


Figura 18. Penetración CBR de la MDS al 100% y al 95% de la C-02

Tabla 47

Ensayo de la relación soporte california (CBR) C-02 + el 5% de cal

Máxima densidad seca (M.D.S.)		: 1.68 g/cm³		Óptimo contenido de humedad (O.C.H.)		: 12.00 %					
COMPACTACIÓN CBR											
Molde	1		2		3						
Número de capas	5		5		5						
Golpes por capa	56		25		12						
Condición de la muestra	No Saturado	Saturado	No Saturado	Saturado	No Saturado	Saturado					
Peso húmedo + Molde (g)	8720	8951	8198	8446	8090	8363					
Peso Molde (g)	4776.0	4776.0	4472.0	4472.0	4555.0	4555.0					
Peso Húmedo (g)	3944.0	4174.7	3726.0	3974.1	3535.0	3807.5					
Volumen del Molde (cm3)	2107.9	2107.9	2107.9	2107.9	2107.9	2107.9					
Densidad Húmeda (g/cm3)	1.87	1.98	1.77	1.89	1.68	1.81					
CONTENIDO DE HUMEDAD											
Número de recipiente	153	148	51	54	55	68					
Peso húmedo + recipiente (g)	585.0	2465.3	658.0	2486.5	765.0	2498.5					
Peso Seco + recipiente (g)	542.8	2207.6	596.3	2220.1	697.4	2234.5					
Peso muestra seca (g)	380.0	2061.5	551.0	2148.6	582.6	2094.8					
CONTENIDO HUMEDAD (%)	11.1	12.5	11.2	12.4	11.6	12.6					
DENSIDAD SECA (g/cm3)	1.68	1.76	1.59	1.68	1.50	1.60					
ENSAYO DE EXPANSIÓN											
Fecha	Hora	Tiempo (Hr)	LECTU RA	EXPANSIÓN N° 1 (mm)	(%)	LECTU RA	EXPANSIÓN N° (mm)	(%)	LECTU RA	EXPANSIÓN N° (mm)	(%)
11/10/2024	3:40 p. m.	00:00 hrs	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00
12/10/2024	3:40 p. m.	24:00 hrs	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00
13/10/2024	3:40 p. m.	48:00 hrs	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00
14/10/2024	3:40 p. m.	72:00 hrs	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00
15/10/2024	3:40 p. m.	96:00 hrs	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00
ENSAYO DE PENETRACIÓN CBR											
PENETRACIÓN		CARGA ESTÁNDAR	MOLDE N°1			MOLDE N°2			MOLDE N°3		
(pulg)	(mm)	(kg/cm2)	CARGA (kg)	kg/cm2	CBR (%)	CARGA (kg)	kg/cm2	CBR (%)	CARGA (kg)	kg/cm2	CBR (%)
0.000	0.000		0.0	0.00		0.0	0.00		0.0	0.00	
0.025	0.630		189.4	9.65		104.4	5.32		61.9	3.15	
0.050	1.270		219.1	11.16		134.1	6.83		78.9	4.02	
0.075	1.900		308.4	15.71		176.6	8.99		91.7	4.67	
0.100	2.540	70.307	401.8	20.46	29.1	197.9	10.08	14.3	112.9	5.75	8.2
0.150	3.810		588.8	29.99		304.1	15.49		240.4	12.24	
0.200	5.080	105.46	639.8	32.58	30.9	431.6	21.98	20.8	304.1	15.49	14.7
0.300	7.620		831.0	42.32		593.1	30.21		431.6	21.98	
0.400	10.16		920.2	46.87		690.8	35.18		559.1	28.47	
0.500	12.70		1005.2	51.19		784.3	39.94		631.3	32.15	

Fuente: Elaboración Propia

GRÁFICO CARGA VS PENETRACIÓN

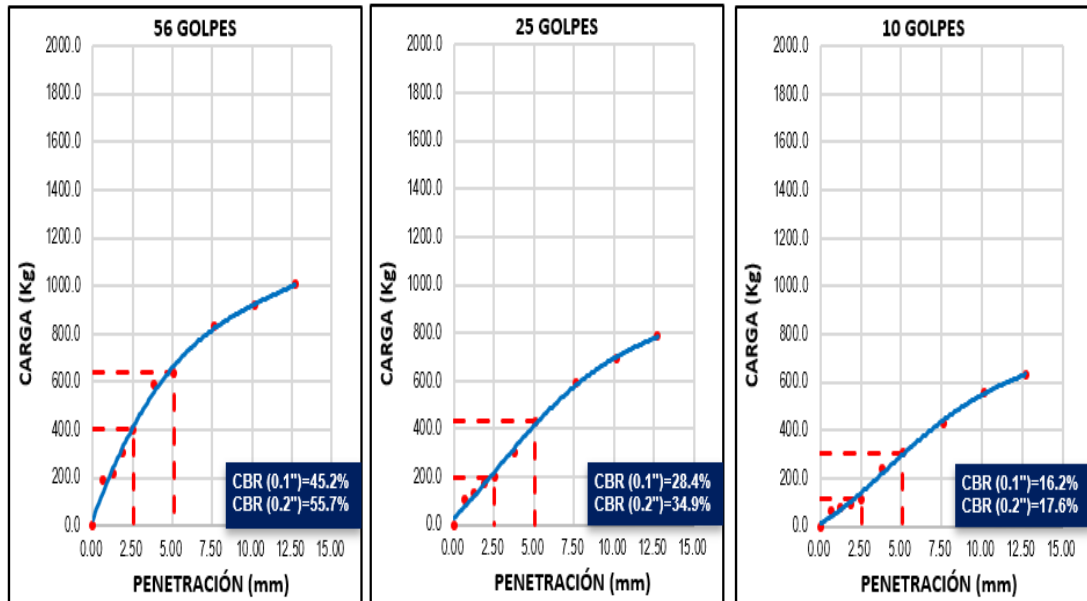


GRÁFICO DE PENETRACIÓN DE CBR

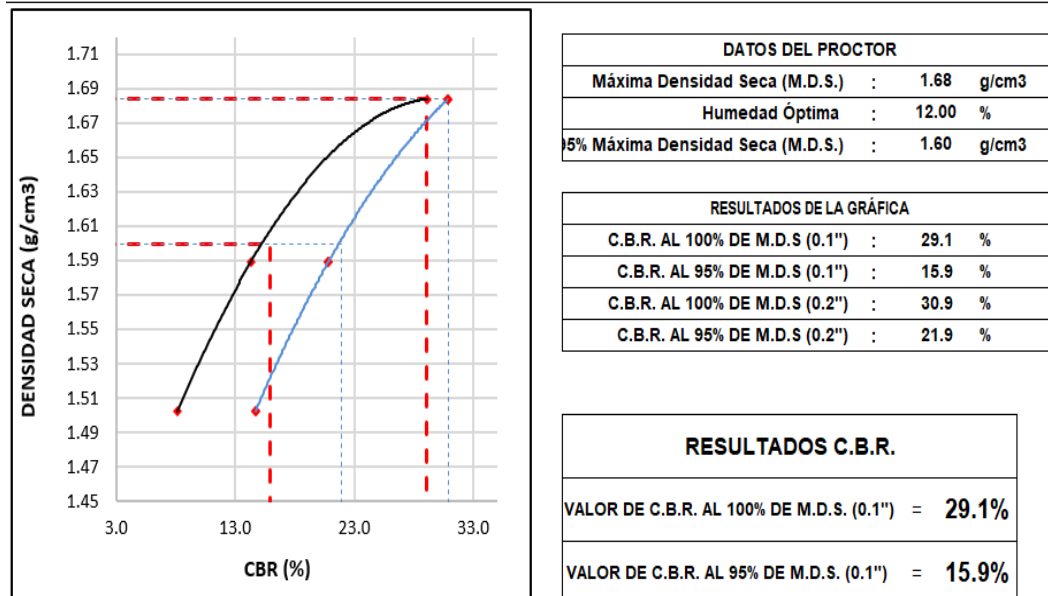


Figura 19. Penetración CBR de la MDS al 100% y al 95% de la C-02 + 5% de CAL

Tabla 48

Ensayo de la relación soporte california (CBR) C-02 + el 8% de cal

Máxima densidad seca (M.D.S.) : 1.72 g/cm³							Óptimo contenido de humedad (O.C.H.) : 13.70 %											
COMPACTACIÓN CBR																		
Molde	1					2					3							
Número de capas	5					5					5							
Golpes por capa	56					25					12							
Condición de la muestra	No Saturado		Saturado			No Saturado		Saturado			No Saturado		Saturado					
Peso húmedo + Molde (g)	9066		9335			7920		8208			8657		8970					
Peso Molde (g)	4865.0		4865.0			4130.0		4130.0			4800.0		4800.0					
Peso Húmedo (g)	4200.8		4470.2			3790.0		4078.1			3856.5		4170.3					
Volumen del Molde (cm3)	2175.5		2175.5			2086.1		2086.1			2216.0		2216.0					
Densidad Húmeda (g/cm3)	1.93		2.05			1.82		1.95			1.74		1.88					
CONTENIDO DE HUMEDAD																		
Número de recipiente	151			156			152			66			155			67		
Peso húmedo + recipiente (g)	284.4			2465.3			373.9			2486.5			482.1			2498.5		
Peso Seco + recipiente (g)	269.6			2197.2			348.9			2198.9			443.5			2209.4		
Peso muestra seca (g)	119.9			2046.9			189.5			2084.5			294.8			2080.1		
CONTENIDO HUMEDAD (%)	12.3			13.1			13.2			13.8			13.1			13.9		
DENSIDAD SECA (g/cm3)	1.72			1.82			1.60			1.72			1.54			1.65		
ENSAYO DE EXPANSIÓN																		
Fecha	Hora	Tiempo	LECTU	EXPANSIÓN N° 1			LECTU	EXPANSIÓN N°			LECTU	EXPANSIÓN N°						
		(Hr)	RA	(mm)	(%)		RA	(mm)	(%)		RA	(mm)	(%)					
11/10/2024	3:40 p. m.	00:00 hrs	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.00	0.000	0.000	0.00	0.00	0.00				
12/10/2024	3:40 p. m.	24:00 hrs	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.00	0.000	0.000	0.00	0.000	0.00				
13/10/2024	3:40 p. m.	48:00 hrs	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.00	0.000	0.000	0.00	0.000	0.00				
14/10/2024	3:40 p. m.	72:00 hrs	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.00	0.000	0.000	0.00	0.000	0.00				
15/10/2024	3:40 p. m.	96:00 hrs	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.00	0.000	0.000	0.00	0.000	0.00				
ENSAYO DE PENETRACIÓN CBR																		
PENETRACIÓN		CARGA	MOLDE N°1			MOLDE N°2			MOLDE N°3									
	ESTÁNDAR		CARGA	CORRECCIÓN		CARGA	CORRECCIÓN		CARGA	CORRECCIÓN		CARGA	CORRECCIÓN					
(pulg)	(mm)	(kg/cm2)	(kg)	kg/cm2	CBR (%)	(kg)	(kg/cm2)	CBR (%)	(kg)	(kg/cm2)	CBR (%)	(kg)	(kg/cm2)	CBR (%)				
0.000	0.000		0.0	0.00		0.0	0.00		0.0	0.00		0.0	0.00					
0.025	0.630		40.7	2.07		36.4	1.85		40.7	2.07								
0.050	1.270		57.7	2.94		70.4	3.59		49.2	2.51								
0.075	1.900		223.4	11.38		206.4	10.51		112.9	5.75								
0.100	2.540	70.307	452.8	23.06	32.8	282.8	14.40	20.5	176.6	8.99	12.8							
0.150	3.810		886.2	45.13		542.1	27.61		346.6	17.65								
0.200	5.080	105.46	1323.9	67.43	63.9	797	40.59	38.5	474.1	24.15	22.9							
0.300	7.620		1748.8	89.07		1026.5	52.28		571.8	29.12								
0.400	10.16		2067.5	105.30		1183.7	60.29		644.0	32.80								
0.500	12.70		2577.4	131.27		1387.6	70.67		797.0	40.59								

Fuente: Elaboración Propia

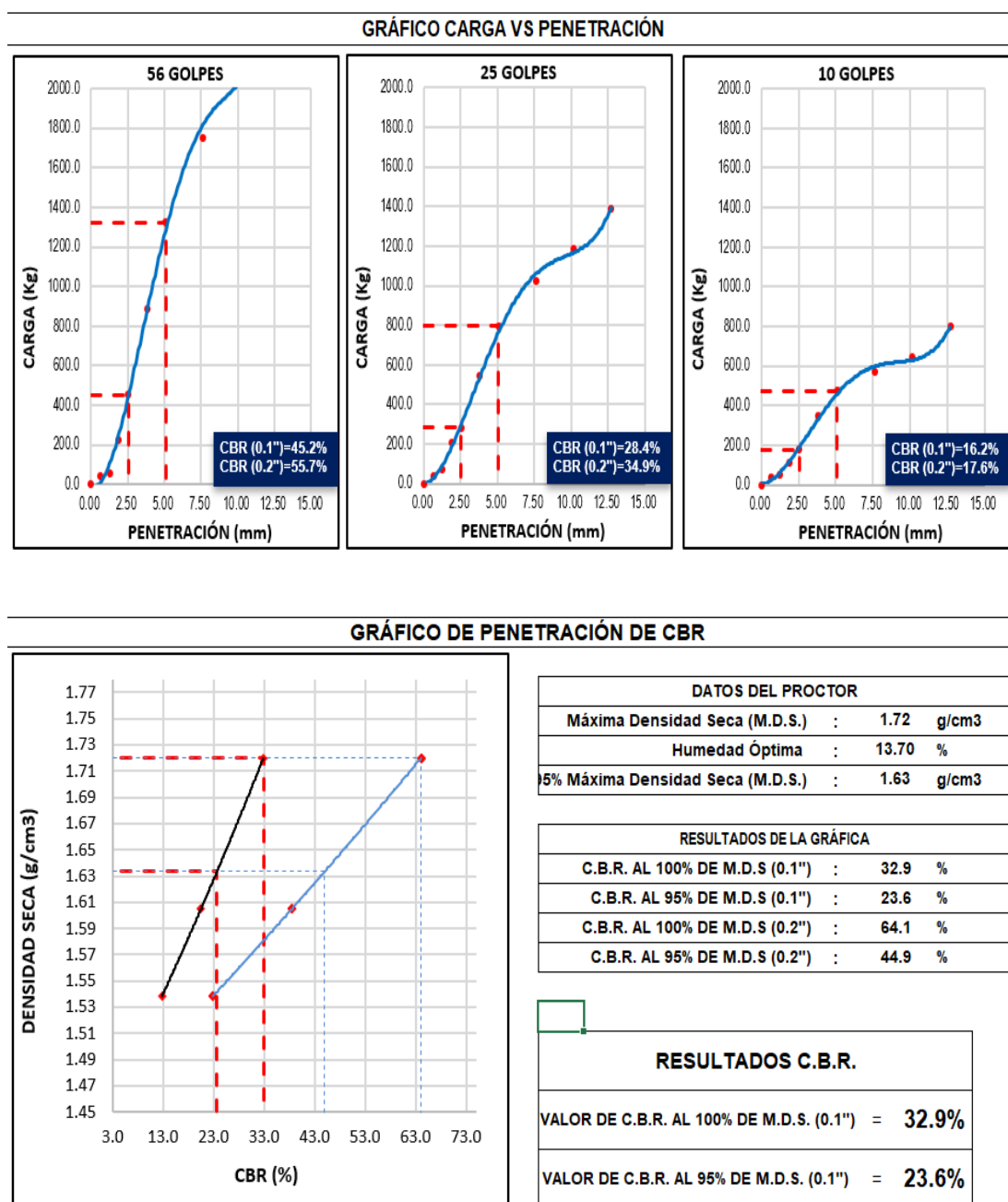


Figura 20. Penetración CBR de la MDS al 100% y al 95% de la C-02 + 8% de CAL

CUADRO DE RESUMEN Y ANALISIS DE LA PRUEBA.

En la siguiente tabla mostramos los datos obtenidos del ensayo (CBR), de la muestra patron y la mezcla con CAL.

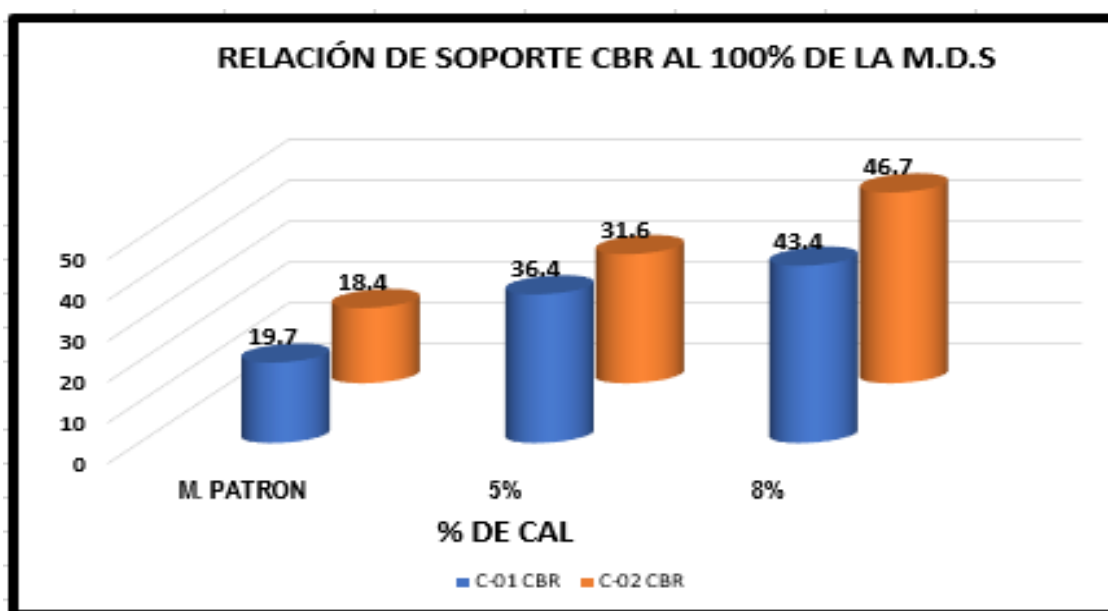
Tabla 49

Resultados (CBR) al 100% y 95% de la MDS

CBR			
TIPO DE SUELO	MUESTRA	CBR al 100% de la MDS	CBR al 95% de la MDS
C-01	PATRÓN	19.7	14.9
GC (GRAVA ARCILLOSA CON ARENA)	+ 5% de cal	36.4	22.8
	+ 8% de cal	43.4	34.5
C-02	PATRÓN	18.4	13.6
GC (GRAVA ARCILLOSA CON ARENA)	+ 5% de cal	31.6	21.5
	+ 8% de cal	46.7	29.8

Fuente: Elaboración Propia

El resultado de la C-01 de la muestra patron nos indica un valor de 19.7%, al 100% de la MDS del CBR, mientras tanto al agregar el 8% de CAL valor máximo establecido por el MTC, vemos un valor de 43.4%, al 100% de la MDS, mientras tanto en la C-02 la muestra patron tiene un valor de 18.4%, al 100% de la MDS, mezclando con el 8% de cal nos da un valor de 46.7%, al 100% de la MDS. En la siguiente tabla veremos la condición de mejore de la SUBBRASANTE natural en relación del CBR, y posteriormente con la mezcla de cal basándonos en los parámetros establecido por el MTC



. Figura 21. Variación del CBR Natural con Respecto al % de Adición de CAL

Categorías de Sub rasante	CBR
S ₀ : Sub rasante Inadecuada	CBR < 3%
S ₁ : Sub rasante insuficiente	De CBR ≥ 3% A CBR < 6%
S ₂ : Sub rasante Regular	De CBR ≥ 6% A CBR < 10%
S ₃ : Sub rasante Buena	De CBR ≥ 10% A CBR < 20%
S ₄ : Sub rasante Muy Buena	De CBR ≥ 20% A CBR < 30%
S ₅ : Sub rasante Excelente	CBR ≥ 30%

Tabla 50*Descripción de la condición del estado del CBR*

CBR			
TIPO DE SUELO	MUESTRA	CBR al 100% de la MDS	CONDICIÓN DE LA SUBRASANTE
C-01	PATRÓN	19.7	BUENA
GC (GRAVA ARCILLOSA CON ARENA)	+ 5% de cal	36.4	EXCELENTE
	+ 8% de cal	43.4	EXCELENTE
C-02	PATRÓN	18.4	BUENA
GC (GRAVA ARCILLOSA CON ARENA)	+ 5% de cal	31.6	EXCELENTE
	+ 8% de cal	46.7	EXCELENTE

Fuente: Elaboración Propia

De acuerdo al manual del (MTC 2014) de la sección de suelos, geología, geotecnia y pavimentos deducimos que:

- La subrasante de la carretera del Jr. Ricardo palma a Rataquenua en su condición presenta un solo estrato de un suelo (grava arcillosa con arena) en su estado natural tiene un porcentaje de CBR buena, en ambas calicatas.
- Al añadir el 5% del estabilizante químico cal, a la carretera del Jr. Ricardo palma – Rataquenua la C-01 y C-02 de un suelo (grava arcillosa con arena), nos da la calidad de un CBR excelente.
- La subrasante de la carretera del Jr. Ricardo palma – Rataquenua de un suelo (grava arcillosa con arena), de calidad de CBR excelente aplicando el 8% de estabilizante químico cal, pero el porcentaje de aditivo es alto lo cual no sería económico.
- Técnicamente de lo anterior se puede decir que la subrasante de la carretera del Jr. Ricardo palma a Rataquenua consiguió la mejoría de forma proporcional a medida que se adiciona el producto estabilizador: cal. Esto ocurre para cada muestra evaluada, con ello se cumplió los requerimientos mínimos al manual MTC para que sea utilizada como subrasante para fines de pavimentación.

CLASIFICACIÓN FINAL EN PRUEBAS Y ENSAYOS EJECUTADOS PARA CADA MUESTRA

Tabla 51

Resumen de los Resultados de Ensayos de la C-01 Muestra Patron

CLASIFICACIÓN DEL SUELO		
Clasificación SUCS (ASTM D2487) :	GC	
Clasificación AASHTO (ASTM D3282) :	A-2-6 (0)	
Nombre del grupo :	GRAVA ARCILLOSA CON ARENA	

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO ASTM D6913		
TAMICES	ACUMULA	DO QUE
ASTM E11	ABER (mm)	(%)
3"	75.00	100.0
2"	50.00	100.0
1 1/2"	37.50	100.0
1"	25.00	100.0
3/4"	19.00	99.5
3/8"	9.50	89.4
N° 4	4.75	82.9
N° 10	2.00	76.1
N° 20	0.85	68.9
N° 40	0.43	65.3
N° 60	0.25	60.3
N° 100	0.15	56.4
N° 140	0.11	52.7
N° 200	0.08	49.1

CONTENIDO DE HUMEDAD ASTM D2216	
Contenido de Humedad (%) :	3.4
Método de ensayo :	A
Método de secado :	Horno a 110 +/- 5°C

LÍMITES DE CONSISTENCIA ASTM D4318	
Límite Líquido (%) :	28
Límite Plástico (%) :	13
Índice de Plasticidad (%) :	15
Método de ensayo :	Método "A" - Multipunto

CARTA DE PLASTICIDAD	
----------------------	--

RESULTADOS DE GRANULOMETRÍA POR TAMIZADO	
Grava (%) (g) :	17.1
Arena (%) (g) :	33.8
Finos (%) (g) :	49.1
Cu :	-.-
Cc :	-.-

CARACTERÍSTICAS DE COMPACTACIÓN DE UN SUELO	MUESTRA PATRON
ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (OCH)	14.3
MÁXIMA DENSIDAD SECA (MDS)	1.736

RELACIÓN DE SOPORTE CALIFORNIA (CBR)		
DEFORMACIÓN	CBR al 100% de la MDS	CBR al 95% de la MDS
S/E	19.7	14.9

FUENTE: PROPIA

Tabla 52

Resumen de los Resultados de Ensayos de la C-02 Muestra Patron

CLASIFICACIÓN DEL SUELO	
Clasificación SUCS (ASTM D2487) :	GC
Clasificación AASHTO (ASTM D3282) :	A-2-6 (0)
Nombre del grupo :	GRAVA ARCILLOSA CON ARENA

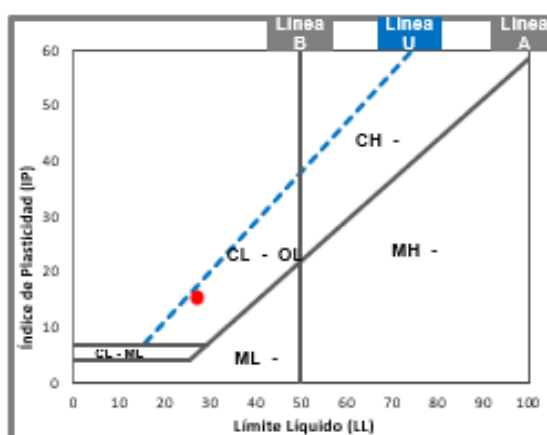
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO ASTM D6913		
TAMICES		ACUMULA DO QUE
ASTM	ABER (mm)	(%)
E11		
3"	75.00	100.0
2"	50.00	100.0
1 1/2"	37.50	100.0
1"	25.00	100.0
3/4"	19.00	99.5
3/8"	9.50	89.1
N° 4	4.75	80.6
N° 10	2.00	73.5
N° 20	0.85	69.6
N° 40	0.43	66.1
N° 60	0.25	61.6
N° 100	0.15	56.7
N° 140	0.11	52.0
N° 200	0.08	48.5

RESULTADOS DE GRANULOMETRÍA POR TAMIZADO	
Grava (%) (g) :	19.4
Arena (%) (g) :	32.1
Finos (%) (g) :	48.5
Cu :	-.-
Cc :	-.-

CONTENIDO DE HUMEDAD ASTM D2216	
Contenido de Humedad (%) :	5.0
Método de ensayo :	A
Método de secado :	Horno a 110 +/- 5°C

LÍMITES DE CONSISTENCIA ASTM D4318	
Límite Líquido (%) :	28
Límite Plástico (%) :	13
Índice de Plasticidad (%) :	15
Método de ensayo :	Método "A" - Multipunto

CARTA DE PLASTICIDAD



CARACTERÍSTICAS DE COMPACTACIÓN DE UN SUELO	MUESTRA PATRON
ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (OCH)	13.6
MÁXIMA DENSIDAD SECA (MDS)	1.73

RELACIÓN DE SOPORTE CALIFORNIA (CBR)		
DEFORMACIÓN	CBR al 100% de la MDS	CBR al 95% de la MDS
S/E	18.4	13.6

Fuente: Elaboración Propia

IV. ANALISIS Y DISCUSIÓN

- Con los resultados al que arribamos podemos verificar y confirmar que la adición de cal, al suelo de la subrasante de las dos calicatas del Jr. Ricardo palma a rataquenua. Tuvieron una respuesta de mejora de sus propiedades mecánicas tanto como se logro aumentar la capacidad de resistir respecto al suelo patron sin tratamiento, en la muestra de la C-01 la relación de soporte CBR, que nos dio una clasificación de un suelo GC (grava arcillosa con arena), presento un valor de 19.7% a la muestra patron y un valor de 43.4% al ser añadido un 8% de cal, mientras en la C-02 que presenta la misma clasificación se incrementó en un 46.7% al añadir el 8% de cal. Cumpliendo con los requerimientos que se establece en el ente rector del país en este rubro de vias que es el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC), ya que el valor mínimo para un CBR de una sub rasante debe ser mayor al 10%, en este caso de ambas calicatas el valor ya sobre el valor mínimo.
- En tanto Nelfa Estrella Ayuque (2021) en su tesis de incorporación de cal hidratada a un suelo arcilloso a nivel de sub rasante, demostró que añadiendo solo el 2% de cal logro mejorar el incremento de su resistencia a un 30.8% de CBR aun suelo de estrato CL (Arcilla Fina Arenosa), solo con ese porcentaje de cal logro cumplir con la resistencia requerida por el MTC con respecto al análisis es más económico.
- Por otro lado Taccna Huaracca José Antonio (2021) en su tesis adición de cal de en su sub rasante, vía de evitamiento, Abancay – Apurímac, se consideraron para estudios suelos naturales tales como: Arcilla Limosa Arena de Baja Plasticidad con Grava) CL-ML, (Arena Limosa-Arcilla con Grava) SC-SM y (Arcilla Limosa) ML, según su clasificación S.U.C.S., se demostró que con el uso de un producto químico como la cal, con la proporción de 4% aplicando a los tipos de suelo de textura gruesa, puede llegar a cumplir con la resistencia requerida y validando que con el análisis económico es rentable.
- Según los resultados de los tesis Enrique Espinoza Zeneida Anavela y Montes Romero Christian James (2022) en su investigación de estabilización de un suelo arcillo para la ejecución posteriores de pavimentos, en un suelo CL (Arcilla Fina

Arenosa), este caso el uso del estabilizante químico cal no tuvo tanto efecto en los cambios de resistencia del CBR ya que aplicando un 6% de cal al suelo solo consiguió aumentar a un 13.21%.

- En concordancia con el antecedente internacional de la tesista Marta Liliana Jiménez (2010) Guatemala, en su investigación nos dice que el óptimo contenido del estabilizante químico cal para estabilizar un suelo siguiendo lo mencionado por el MTC y utilizando la metodología de “EADES Y GRIM” se consigue un valor que fluctúa en un rango desde 4% al 5% , es con esta cantidad de potencial hidrogeno (Ph) que se consigue estar cerca del 12.4, por lo tanto la investigación de Jimenez por similar método concluye que el porcentaje optimo de cal es un 6% conteniendo un potencial hidrogeno de 12.46, que implica no estar dentro de lo que especifica la norma CE 0.20 respecto a los parámetros de Ph y humedad.

V. CONCLUSIONES

Después de llevar a cabo el análisis de las propiedades físicas de las muestras de suelo, los resultados de ensayo de Máxima Densidad Seca y consecutivamente la comparación utilizando pruebas de compresión (CBR) hemos llegado a las siguientes conclusiones.

- Para nuestro análisis, se ha considerado el terreno natural de la vía no asfaltada del Jr. Ricardo Palma-Rataquenúa, con el objetivo de determinar si este material satisface los requisitos esenciales de resistencia para una sub-rasante, criterios que son fijados por el Ministerio de Transporte y Comunicación (MTC).

Resultados obtenidos en laboratorio:

- Calicata C-01 muestra patron: Clasificación AAHSTO (A-6); Clasificación SUCS (GC – Grava arcillosa); Limite Liquido 28.3; Limite Plástico 11.9; Índice de Plasticidad 16.4; Humedad 3.5; Proctor (OCH) 14.3%, (MDS) 1.736%; CBR 19.7%.
- Calicata C-01-5% de cal agrícola: Proctor (OCH) 10.2%, (MDS) 1.735; CBR 36.4%.
- Calicata C-01-8% de cal agrícola: Proctor (OCH) 14.4%, (MDS) 1.742; CBR 43.4%.
- Calicata C-02 muestra patron: Clasificación AAHSTO (A-6); Clasificación SUCS (GC – Grava arcillosa); Limite Liquido 28.3; Limite Plástico 11.9; Índice de Plasticidad 16.4; Humedad 5.2; Proctor (OCH) 13.6%, (MDS) 1.730%; CBR 18.4%.
- Calicata C-02-5% de cal agrícola: Proctor (OCH) 12%, (MDS) 1.684; CBR 31.6%.
- Calicata C-02-8% de cal agrícola: Proctor (OCH) 13.7%, (MDS) 1.720; CBR 46.7%.

- Al estudiar las muestras representativas extraídas de las 2 calicatas que se obtuvieron en toda la carretera, se determinó la clasificación de cada una de las muestras ensayadas en este caso las dos muestras tienen la misma clasificación SUCS Y AASHTO, GC (grava arcillosa con arena) A-2-6 (0), es un suelo con presencia de arcilla y estas muestras tienden a tener un índice de plasticidad mayor a 12, lo cual son factores particulares que conlleva a una baja capacidad de CBR, pero también cuesta decir que es una arcilla con grava y eso no lo hace tan pobre, lo consta en el ensayo de soporte CBR, aplicadas a las C-01, C-02, en donde la primera calicata tenía un CBR al (100%) de 19.7 con una Máxima Densidad Seca obtenido por el ensayo de Proctor Modificado de 1.736 kg/cm³, y la segunda muestra de terreno natural tuvo un CBR al (100%) el 18.4 con una Máxima Densidad Seca obtenido por el ensayo de Proctor de 1.730 kg/cm³, datos que así aciertan ya cumplen con la resistencia mínima establecida por el MTC, que debe tener una capa de sub-rasante.
- Se logró comprobar que el soporte CBR aun sin añadir cal tiene una buena resistencia, sin embargo, el terreno viene siendo afectado por deslizamiento y lluvia por lo tanto el uso de la cal es factible en los procesos de estabilización química de una sub-rasante que se compone de un suelo GC (Grava arcillosa con arena) en ambas calicatas, así obtenido mejores características mecánicas y mayor soporte respecto al suelo patrón.
 - a. Determinación de estudio económico de acuerdo a la estabilización con cal por m², dependerá del tipo de suelo en nuestro caso es un suelo GC y el costo sería de S/ 24.50 por m².
 - b. Los dos ensayos de comportamiento efectuados sobre la mezcla suelo y cal con el objetivo de verificar su mejoría, muestran que al incorporar el estabilizante químico cal, se observa una inclinación hacia un incremento en la resistencia del suelo, esto asegura una correcta durabilidad al soporte de CBR y a la sub rasante, para que después pueda emplearse como terreno de fundación con fines de pavimentación.
- Se demostró la mejoría del comportamiento de la resistencia de la subrasante de la carretera del Jr. Ricardo Palma-Rataquenua, al añadir el estabilizante químico

cal, a un suelo GC (grava arcillosa con arena) correspondiente a ambas muestras estudiadas, para la comprobación de estas se obtuvo por medio del ensayo de soporte CBR, previo al ensayo de Proctor Modificado, teniendo así un CBR del suelo natural de la C-01 una resistencia de 19.7% con una deformación de 0.00 y al incorporarse el 5% de cal, cantidad optimo obtenida en el ensayo este aumento su CBR aun 36.4%, del mismo modo para la C-02 de suelo GC (grava arcillosa con arena) que aun inicio tuvo un CBR de 18.4% con 0.00 de deformación y aplicando el 5% de cal se obtuvo, un aumento de 31.6%, cumpliendo con los requisitos para ser usada como capa de sub-rasante.

- Finalmente se ha comprobado la hipótesis que se propuso en el estudio y se puede afirmar que es verdadera, ya que la aplicación de cal hidratada en su proporción adecuada en relación con el peso del suelo seco, mejora la capacidad de resistencia que tiene la subrasante de la carretera del Jr. Ricardo Palma-Rataquenua.

VI. RECOMENDACIONES

- Se sugiere llevar a cabo la recolección de la muestra con precaución para no modificarla, de modo que las pruebas realizadas arrojen resultados más precisos y eficaces. Asimismo, es aconsejable tener cuidado al almacenar la muestra en un lugar seco y fresco, a si se evitara la pérdida de humedad al momento del ensayo de compactación
- Se sugiere que antes de elegir un estabilizante químico, es necesario saber las propiedades físicas y mecánicas de los suelos a ensayar, los posibles inconvenientes que podrían surgir y las alternativas que se podrían implementar.
- Se sugiere el uso de cal hidratada en terrenos o trochas con capas de textura gruesa tales como las Arenas arcillosas y aquellas con textura fina como las Arcillas, las cuales tienen una relación de soporte CBR baja, ya que mejora este indicador y permite alcanzar los niveles establecidos en la norma del MTC.
- Llevar a cabo investigaciones sobre la estabilización utilizando cal en vías de poco tráfico que tengan suelos de baja capacidad de soporte, los cuales no satisfacen los requisitos mínimos para ser considerados capa de sub-rasante, establecido por el MTC, con el objetivo de mejorar la transitabilidad y prolongar la vida útil de la estructura de una sub-rasante con fines de pavimentación.
- Se sugiere realizar una evaluación más detallada del estudio, probando diversos porcentajes e incluso utilizando distintos materiales para la consolidación del suelo, además considerar como complemento de estabilizante más común propuesto por el MTC, así mismo se aconseja a próximos investigadores que utilicen esta investigación como referencia y lleven a cabo pruebas con diferentes dimensiones, de modo que se pueda comparar si los ensayos de Proctor modificado y CBR son coherentes.

VII. AGRADECIMIENTO

Primero, quiero dar gracias a Dios por esta oportunidad de permitirme de ser Ingeniero, para poder crecer y valorar lo que tenemos y lo que podemos alcanzar.

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento, a mi familia que me brindaron los ánimos y su apoyo moral durante el proceso de realización del proyecto de investigación, también a mi pareja y hijo que fueron pilar fundamental para concluir mi arduo trabajo.

También agradecer al grupo de ingenieros del laboratorio EGEOS E.I.R.L, por la orientación y comprensión durante el proceso de elaboración del proyecto.

Finalmente, agradezco a mi asesor de tesis por el asesoramiento y tiempo prestado en la investigación y elaboración de tesis.

VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Abanto, L., & Salinas, E. (2021). *Analisis de la estabilizacion de subrasantes con uso de ceniza de bagazo de caña de azucar y ca en el peru*. Trujillo, Peru.
- ACADÉMICA, C. -W. (2017). <https://construmine.webnode.cl>. Obtenido de <https://construmine.webnode.cl>: <https://construmine.webnode.cl/l/mecanica-de-suelos-i/>
- Academica, C. W. (26 de Mayo de 2018). <https://construmine.webnode.cl/>. Obtenido de <https://construmine.webnode.cl/>: <https://construmine.webnode.cl/l/mecanica-de-suelos-i/>
- Almidon, N. E. (2021). *Efecto de la incorporacion de cal hidratada con boñiga de res en la estabilizacion de suelos arcillosos a nivel de subrasante*. Huancayo, Peru.
- Arias, F. (2012). *el proyecto de la investigacion introduccion a la metodologia cientifica*. Venezuela: Episteme.
- (2016). *CE.020 Suelos y Taludes DS N° 017-2012*. lima.
- comunicaciones, m. d. (2015). *Manual de carreteras suelos, geologia, geotecni y pavimentos seccion : suelos y pavimentos*. lima: ICG.
- COMUNICACIONES, M. D. (2015). *MANUAL DE CARRETERAS SUELOS, GEOLOGIA, GEOTECNIA Y PAVIMENTOS*. PERU: ICG.
- Comunicaciones, M. d. (2021). *Provías Nacional entregó 239 kilómetros de carreteras pavimentadas en la Red Vial Nacional*. Lima.
- Das, B. M. (2015). *FUNDAMENETOS DE INGENIERIA GEOTECNICA*. MEXICO: CENGAGE LEARNING.
- Etecé, E. (5 de agosto de 2021). <https://concepto>. Obtenido de <https://concepto>: <https://concepto.de/suelo/>
- Fredy Sanchez. (2012). *Tres formas de diseñar un suelo compactado, ventajas y desventajas*.
- Gomez, M. G. (2018). *Estabilizacion de un suelo con cal y ceniza volante*. Bogota, Colombia.
- González Marta Liliana Jiménez. (abril de 2010). Obtenido de https://biblio.ingenieria.usac.edu.gt/tesis/08_3118_C.pdf

- Guillén, D. C. (s.f.). *DETERMINACIÓN DE LOS LÍMITES LÍQUIDOS Y PLÁSTICOS DE SUELOS*. Mexico: Dra. Gemma Luz Sylvia Verduzco Chirino.
- Laca, L. d. (2014). *Los Principales Proyectos en Ancash; Via Longitudinal de la Sierra, Carreteras de Enlace y Penetracion*. Lima.
- Landeau, R. (2007). *Elaboracion de trabajos de investigacion*. Venezuela: Alfa.
- Lopez, O., & Zapata, J. (2021). *Analisis de trabajos previos de la estabilizacion de un suelo usando cal a nivel subrasante*. Piura Peru.
- MANUAL DE ESTABILIZACIÓN DE SUELO TRATADO CON CAL*. (2006 , PAG 7.).
- MARCO ANTONIO, C. V. (15 de diciembre de 2017). Obtenido de https://www.google.com/search?sca_esv=88727e9b8f42f71d&sxsrf=AHTn8zo5OTjk-qjt92zbxsRK_yXbmhuGVg:1738776042564&q=Estabilizaci%C3%B3n+de+subrasante+tesis&sa=X&ved=2ahUKEwjAo_HCha2LAxWtJrkGHTIDNbMQ1QJ6BAgJEAE&biw=1366&bih=651&dpr=1
- Merino, P. P. (18 de JUNIO de 2010). *DEFINICION DE CARRETERA*. Obtenido de [https://definicion.de: https://definicion.de/carretera/](https://definicion.de/carretera/)
- MTC. (2015). CARACTERIZACION DE LA SUB RASANTE. En MTC, *MANUAL DE CARRETERAS SUELOS, GEOLOGIA, GEOTECNIA Y PAVIMENTOS* (págs. P-23). PERU: ICG.
- MTC. (2015). Estabilizacion de Suelos. En MTC, *Mnual de Carreteras Suelos, Geologia, Geotecnia y Pavimentos* (pág. 65). Peru: ICG.
- MTC. (2015). Registros de Excabacion . En MTC, *Manual de Carreteras Suelos, Geologia, Geotecnia y Pavimentos* (pág. 24). Peru: ICG.
- Rodriguez, A. S. (2005). *TRATAMIENTOS DE SUELOS CON CAL*. MADRID.
- suelo, L. d. (2012). *Como determinar los requerimientos de cal del suelo*. Medellin, Colombia.
- Tacca Huaracca, J. A. (2021). *Estabilización de suelo arcilloso con adición de cal para el mejoramiento de la subrasante, Vía de evitamiento, Abancay – Apurímac, 2021* . huaraz.
- Yineth, R. B. (2022). *Análisis comparativo de estructuras de pavimento sobre suelos estabilizados con cal y cemento*. colombia.

Zeneida, E., & Montes, C. (2022). *Estabilizacion de suelo arcillosos mediante residuos de conchas de mejillon y cal en el sector vial de Paria Recrish*. Huaraz, Ancash.

VIII. ANEXOS

ANEXO N°01 MATRIZ DE CONSISTENCIA.

Variable Independiente	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores
Adición de la cal	La adición de cal puede incrementar el pH del suelo, sin embargo, el cambio puede ser muy leve o detectarse a largo plazo después de frecuentes aplicaciones. La magnitud de tal cambio es bastante variable y dependerá de la dosis de cal y del tipo de suelo. (suelo, 2012)	Para determinar las propiedades físicas y mecánicas del suelo y de la zona de estudio vamos optar por cantidad optima de cal agrícola en los porcentajes de (5% y 8%) a ser empleado para la estabilización de las mismas	• La dosis de cal • El tipo de suelo	Contenido de humedad Límites de consistencia Análisis granulométrico Proctor modificado CBR

Variable Dependiente	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores
El soporte (cbr) de la subrasante	El valor del CBR es útil tanto para evaluación como para diseño de pavimentos. Para evaluar el CBR de un suelo donde se va a fundar una estructura. se emula en laboratorio lo más próximo las condiciones del suelo en sitio y así se obtiene el CBR del suelo que mejor represente esa situación según la ASTM D 698-70. (Fredy Sánchez, 2012)	Viene siendo el esfuerzo de los ensayos de Proctor y CBR	○ El CBR es útil para la evaluación y diseño de pavimentos • Evaluar el CBR • Condiciones del suelo	• Proctor modificado • CBR (Capacidad de soporte)

ANEXO N°02 FOTOS DE ENSAYO DE LABORATORIO.

PANEL FOTOGRÁFICO

Con el fin de evidenciar el adecuado trabajo de Investigación para el estudio del proyecto “Adición de cal para mejorar el soporte (CBR) de la sub-rasante del Jr. Ricardo palma, rataquenua, Huaraz-2023 para la obtención del título profesional de ingeniería civil se adjuntaron las siguientes fotografías de acuerdo a cada procedimiento geotécnico realizado.

CALICATA: C-01	
	
Fotografía N°01: Vista panorámica de la ubicación de la Calicata C-01.	Fotografía N°02: Vista panorámica de la ubicación de la Calicata C-01.

CALICATA: C-01



Fotografía N°03: Excavación y evaluación visual-manual de la Calicata C-01.

Fotografía N°04: Excavación y evaluación visual-manual de la Calicata C-01.

CALICATA: C-01



Fotografía N°05: Vista del perfil estratigráfico de la Calicata C-01.

Fotografía N°06: Vista del perfil estratigráfico de la Calicata C-01.

CALICATA: C-02



Fotografía N°07: Vista panorámica de la ubicación de la Calicata C-02.

Fotografía N°08: Vista panorámica de la ubicación de la Calicata C-02.

CALICATA: C-02



Fotografía N°09: Excavación y evaluación visual-manual de la Calicata C-02.

Fotografía N°10: Excavación y evaluación visual-manual de la Calicata C-02.

CALICATA: C-02



Fotografía N°11: Vista del perfil estratigráfico de la Calicata C-01.

Fotografía N°12: Vista del perfil estratigráfico de la Calicata C-01.

CALICATA: C-01y C-02



Fotografía N°13: Material extraído de la Calicata C-01.



Fotografía N°14: Material extraído de la Calicata C-02.

ENSAYOS DE LABORATORIO



Fotografía N°15: Determinación del tamaño máximo nominal C-01.

Fotografía N°16: Determinación del tamaño máximo nominal C-02.



Fotografía N°17: Ensayo Análisis Granulométrico de la Calicata C-01.

Fotografía N°18: Ensayo Análisis Granulométrico de la Calicata C-01.



Fotografía N°19: Ensayo Análisis Granulométrico de la Calicata C-01.

Fotografía N°20: Excavación y evaluación visual-manual de la Calicata C-01.



Fotografía N°21: Ensayo Análisis Granulométrico de la Calicata C-02.

Fotografía N°22: Ensayo Análisis Granulométrico de la Calicata C-02.



Fotografía N°23: Ensayo Análisis Granulométrico de la Calicata C-02.



Fotografía N°24: Ensayo Análisis Granulométrico de la Calicata C-02.



Fotografía N°25: Ensayo Contenido de Humedad de la Calicata C-01.



Fotografía N°26: Ensayo Contenido de Humedad de la Calicata C-02.



Fotografía N°27: Ensayo de Límite Plástico de la Calicata C-01.



Fotografía N°28: Ensayo de Límite Líquido de la Calicata C-01.



Fotografía N°29: Ensayo de Límite Plástico de la Calicata C-02.



Fotografía N°30: Ensayo de Límite Líquido de la Calicata C-02.



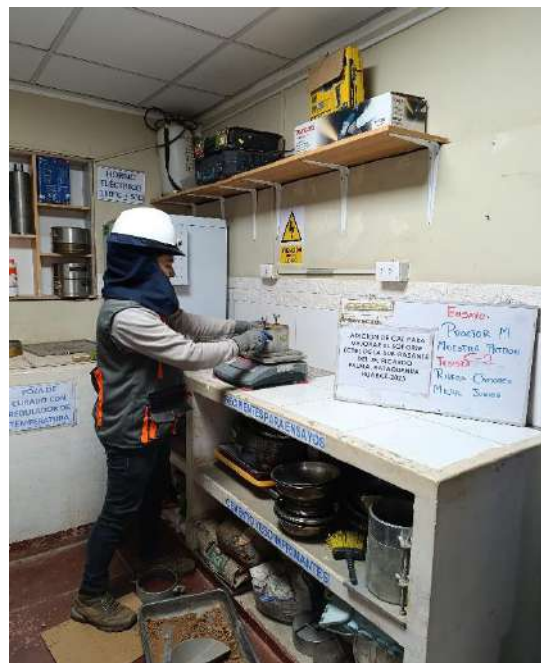
Fotografía N°31: Ensayo Proctor Modificado muestra patron Calicata C-01.



Fotografía N°32: Ensayo Proctor Modificado muestra patron Calicata C-01.



Fotografía N°33: Ensayo Proctor Modificado muestra patron Calicata C-02.



Fotografía N°34: Ensayo Proctor Modificado muestra patron Calicata C-02.



Fotografía N°35: Ensayo Proctor Modificado con el 5% de cal C-01.

Fotografía N°36: Ensayo Proctor Modificado con el 5% de cal C-01.



Fotografía N°37: Ensayo Proctor Modificado con el 8% de cal C-01.

Fotografía N°38: Ensayo Proctor Modificado con el 8% de cal C-01.



Fotografía N°39: Ensayo Proctor Modificado con el 5% de cal C-02.

Fotografía N°40: Ensayo Proctor Modificado con el 5% de cal C-02.



Fotografía N°41: Ensayo Proctor Modificado con el 8% de cal C-02.

Fotografía N°42: Ensayo Proctor Modificado con el 8% de cal C-02.



Fotografía N°43: Ensayo CBR Muestra Patron C-01.



Fotografía N°44: Ensayo CBR Muestra Patron C-01.



Fotografía N°45: Ensayo CBR 5% de CAL C-01.



Fotografía N°46: Ensayo CBR 5% de CAL C-01.



Fotografía N°47: Ensayo CBR 8% de CAL C-01.



Fotografía N°48: Ensayo CBR 8% de CAL C-01.



Fotografía N°49: Ensayo CBR Muestra Patron C-02.



Fotografía N°50: Ensayo CBR Muestra Patron C-02.



Fotografía N°51: Ensayo CBR 5% de CAL C-02.



Fotografía N°52: Ensayo CBR 5% de CAL C-02.



Fotografía N°53: Ensayo CBR 8% de CAL C-02.



Fotografía N°54: Ensayo CBR 8% de CAL C-02.



Fotografía N°55: Ensayo P.H C-01.



Fotografía N°56: Ensayo P.H C-01.



Fotografía N°57: Ensayo P.H C-02.



Fotografía N°58: Ensayo P.H C-02.

ANEXO N°03 PERFIL ESTRATIGRÁFICO

Tabla 53

Perfil Estratigráfico de la Calicata C-01.

REFERENCIAS DE LA MUESTRA							
MATERIAL : TERRENO NATURAL				ESTE : 264136.40			
CALICATA : C-01				NORTE : 3057362.72			
PROFUNDIDAD : 1.50 m				COTA : 3262.00 msnm			
NIVEL FREÁTIC : N.E m				NÚMERO DE MUESTRAS : 1			
				INFORME N° :			
PERFIL ESTRATIGRÁFICO							
PROFUNDIDAD (m)	ESTRATO			SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN DEL SUELO	CLASIFICACIÓN	
	CAPA	ESPESOR R (m)	MUES TRA			SUCS	AASHTO
0.00					Grava arcillosa con arena (GC), con 17.1% de grava dura, angulosa a sub redondeada con TM= 50mm; alrededor de 33.8% de arena gruesa a fina de partículas redondeadas, 49.1% de finos, de plasticidad media, dilatancia lenta, tenacidad mediana, de alta resistencia en estado seco, consistencia firme, cementación moderada, estructura homogénea, color marrón, sin olor y humedad 3.4%. No se encontró nivel freático. Bolonería de TM=5" en un 10%.	GC	A-2-4 (0)
0.05							
0.10							
0.15							
0.20							
0.25							
0.30							
0.35							
0.40							
0.45							
0.50							
0.55							
0.60							
0.65							
0.70							
0.75	01	0.00 - 1.50	-				
0.80							
0.85							
0.90							
0.95							
1.00							
1.05							
1.10							
1.15							
1.20							
1.25							
1.30							
1.35							
1.40							
1.45							
1.50					**** Fin de excavación ****		

Tabla 54
Perfil Estratigráfico de la Calicata C-02.

REFERENCIAS DE LA MUESTRA							
MATERIAL : TERRENO NATURAL				ESTE : 263252.89			
CALICATA : C-02				NORTE : 9057585.41			
PROFUNDIDAD : 1.50 m				COTA : 3318.00 msnm			
NIVEL FREÁTIC : N.E m				NÚMERO DE MUESTRAS : 1			
				INFORME N° :			
PERFIL ESTRATIGRÁFICO							
PROFUNDIDAD (m)	ESTRATO			SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN DEL SUELO	CLASIFICACIÓN	
	CAPA	ESPE- SOR (m)	MUES- TRA			SUCS	AASHTO
0.00					Grava arcillosa con arena (GC), con 19.4% de grava dura, angular a sub redondeada con TM= 50mm; alrededor de 32.1% de arena gruesa a fina de partículas redondeadas, 48.5% de finos, de plasticidad media, dilatancia lenta, tenacidad mediana, de alta resistencia en estado seco, consistencia firme, cementación moderada, estructura homogénea, color marrón, sin olor y humedad 5%. No se encontró nivel freático. Bolonería de TM=5" en un 10%.	GC	A-2-4 (0)
0.05							
0.10							
0.15							
0.20							
0.25							
0.30							
0.35							
0.40							
0.45							
0.50							
0.55							
0.60							
0.65							
0.70							
0.75	01	0.00 - 1.50	.				
0.80							
0.85							
0.90							
0.95							
1.00							
1.05							
1.10							
1.15							
1.20							
1.25							
1.30							
1.35							
1.40							
1.45							
1.50							

**ANEXO N°04 ESTUDIO DE TRAFICO DE LA CARRETERA DEL JR.
RICARDO PALMA A RATAQUENUA**

Tabla 55

Calculo del IMDS de la Carretera no Pavimentada del Jr. Ricardo

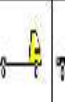
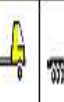
Palma Rataquenua.				CARRETERA DEL JR. RICARDO PALMA - RATAQUENUA									
SENTIDO				AMBOS SENTIDOS						← N		S →	
UBICACIÓN													
DIA	MOTOS 	AUTO 	STATION WAGON 	CAMIONETAS			MICRO 	BUS		CAMION			TOTAL
				PICK UP 	PANEL 	RURAL Combi 		2 E 	3 E 	2 E 	3 E 	4 E 	
LUNES 11/12/2023	15	25	5	14	1	1	0	0	0	0	0	0	61
MARTES 12/12/2023	13	23	6	11	0	0	0	0	0	0	0	0	53
MIÉRCOLES 13/12/2023	17	26	0	15	0	2	0	0	0	0	0	0	60
JUEVES 14/12/2023	16	31	3	18	0	0	0	0	0	0	0	0	68
VIERNES 15/12/2023	18	35	4	13	2	3	0	0	0	0	0	0	75
SÁBADO 16/12/2023	19	31	2	16	0	1	0	0	0	0	0	0	69
DOMINGO 17/12/2023	15	40	3	19	4	2	0	0	0	0	0	0	83
TOTAL IMDS	16	30	3	15	1	1	0	0	0	0	0	0	67

Tabla 56

Calculo del IMDS de la Carretera no Pavimentada del Jr. Ricardo Palma a Rataquenua.

TIPO DE VEHICULO	IMDS	%	FCE	IMDA	%
MOTOS	16	23.88	0.979907	16	24.24
AUTOMOVILES	30	44.78	0.979907	29	45.45
STATION VAGON	3	4.48	0.979907	3	4.55
PICK UP	15	22.39	0.979907	15	22.73
PANEL	1	1.49	0.979907	1	1.52
RURAL COMBI	1	1.49	0.979907	1	1.52
BUS 2E	0	0.00	0.998365	0	0.00
CAMION DE 2E	0	0.00	0.998365	0	0.00
CAMION DE 3E	0	0.00	0.998365	0	0.00
TOTAL	67	100.00		65	100

ANEXO N°05 RESULTADOS DE LABORATORIO



**UNIVERSIDAD
SAN PEDRO**

PROGRAMA DE ESTUDIOS
DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE MECÁNICA DE
SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D422)

SOLICITA : RIVERA CAMONES MICHEL JUNIOR
TESIS : ADICIÓN DE CAL PARA MEJORAR EL SOPORTE(CBR) DE LA SUBRASANTE
DEL JR RICARDO PALMA- RATAQUENUA, HUARAZ 2023
LUGAR : RATAQUENUA-HUARAZ-ANCASH
FECHA : 10-08-23

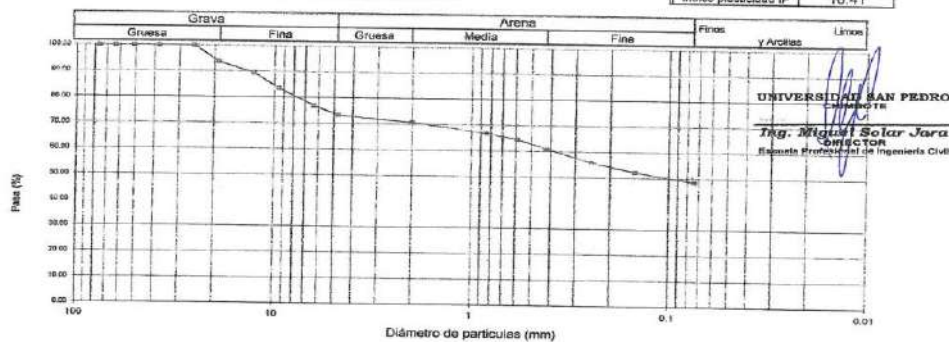
Peso Seco Inicial	950	gr.
Peso Seco Lavado	487.9	gr.
Peso perdido por lavado	462.1	gr.

CALICATA	C-1
MUESTRA	M-1
PROF.	1.50

Tamiz(Apertura)	Peso Retenido(gr.)	Retenido Parcial(%)	Retenido Acumulado(%)	Pasante (%)	Clasificación AASHTO
N° 2 1/2"	76.20	0.0	0.0	100.0	Material limoso-arenoso Pobre a malo como subgrado A-6 Suelo arcilloso
2"	50.80	0.0	0.0	100.0	
1 1/2"	37.50	0.0	0.0	100.0	
1"	22.50	0.0	0.0	100.0	
3/4"	19.00	60.2	6.3	93.7	
1/2"	12.50	40.2	4.2	10.6	Clasificación (S.U.C.S.) Suelo de partículas gruesas. Suelo de partículas gruesas con finos (suelo sucio). Grava arcillosa con arena (GC)
3/8"	9.50	56.2	5.9	16.5	
1/4"	5.30	62.5	6.6	23.1	
N° 4	4.75	35.2	3.7	26.8	
N° 10	2.00	24.0	2.5	29.3	
N° 20	0.850	37.1	3.9	33.2	Pasa tamiz N° 4 (%) : 73.2
N° 30	0.600	21.3	2.2	35.4	Pasa tamiz N° 200 (%) : 48.6
N° 40	0.425	34.0	3.6	39.0	D60 (mm) : 0.39
N° 60	0.250	47.5	5.0	44.0	D30 (mm) :
N° 100	0.150	35.8	3.8	47.8	D10 (mm) :
N° 200	0.075	33.9	3.6	51.4	Cu
< 200	462.1	48.6	100.0	0.0	Cc
Total	950.0			100.0	

Límite líquido LL	28.34
Límite plástico LP	11.93
Índice plasticidad IP	16.41

CURVA GRANULOMÉTRICA



www.usanpedro.edu.pe

Ciudad Universitaria - Urb. Los Pinos Mz. B s/n - Chimbote
Telf. (043) 483212 - Celular. 990562762
Email: lmsyem@usanpedro.edu.pe



UNIVERSIDAD
SAN PEDRO

PROGRAMA DE ESTUDIOS
DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE MECÁNICA DE
SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

CONTENIDO DE HUMEDAD

SOLICITA : RIVERA CAMONES MICHEL JUNIOR
TESIS : ADICIÓN DE CAL PARA MEJORAR EL SOPORTE(CBR) DE LA SUBRASANTE
DEL JR RICARDO PALMA- RATAQUENUA, HUARAZ 2023
FECHA : 10/08/2023
MATERIAL : CALICATA 1
LUGAR : RATAQUENUA-HUARAZ-ANCASH

ENSAYO N°	M-1	M-2
Peso de tara + MH	453.20	783.10
Peso de tara + MS	443.40	764.20
Peso de tara	167.70	209.60
Peso del agua	9.80	18.90
MS	275.70	554.60
Contenido de humedad (%)	3.55	3.41
Humedad Promedio (%)	3.48	

NOTA : La muestra fue traída y realizado por el interesado en este Laboratorio.

UNIVERSIDAD SAN PEDRO
CHIMBOTE
Ing. Miguel Solar Jara
DIRECTOR
Escuela Profesional de Ingeniería Civil



**UNIVERSIDAD
SAN PEDRO**

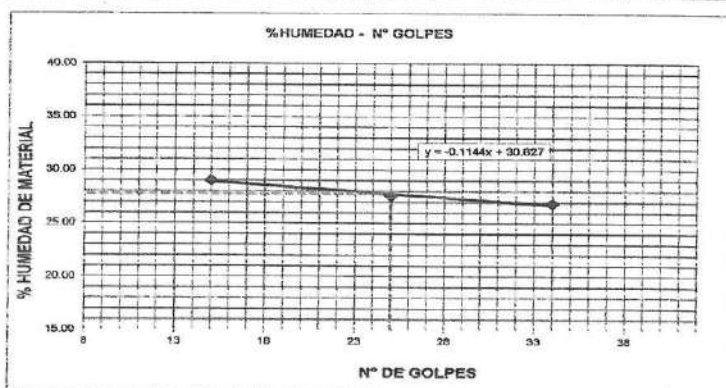
PROGRAMA DE ESTUDIOS
DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE MECÁNICA DE
SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

LIMITE LIQUIDO Y LIMITE PLASTICO
(MTC E-110, E-111, ASTM D-4318 y MTC E-110, AASHTO T89, T90)

SOLICITA : RIVERA CAMONES MICHEL JUNIOR
TESIS : ADICIÓN DE CAL PARA MEJORAR EL SOPORTE(CBR) DE LA SUBRASANTE
DEL JR RICARDO PALMA- RATAQUENUA, HUARAZ 2023
LUGAR : RATAQUENUA-HUARAZ-ANCASH
FECHA : 10-08-23
MATERIAL : C-1 Y C-2
PROF(m) : 0.7

Nro. DE ENSAYO	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO		
	1	2	3	1	2	3
PESO TARA + SUELO HUMEDO (gr.)	37.50	42.20	52.50	23.50	24.10	23.70
PESO TARA + SUELO SECO (gr.)	33.50	37.90	44.90	22.90	23.50	23.20
PESO DE LA TARA (gr.)	18.60	22.30	18.70	18.40	18.60	18.30
PESO DEL AGUA (gr.)	4.00	4.30	7.60	0.60	0.60	0.50
PESO SUELO SECO (gr.)	14.90	15.60	26.20	4.50	4.90	4.90
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	26.85	27.56	29.01	13.33	12.24	10.20
Nro. DE GOLPES	34	25	15	11.93		



LIMITE LIQUIDO
(MTC E-110, ASTM D-4318 y AASHTO T89)
LL : % 27.77

LIMITE PLASTICO
(MTC E-111 ASTM D-4318 y AASHTO T90)
LP : % 11.93

INDICE DE PLASTICIDAD
ASTM D-438
IP : % 15.84

UNIVERSIDAD SAN PEDRO
CHIMBOTE

Ing. Miguel Solar Jara
DIRECTOR
Escuela Profesional de Ingeniería Civil



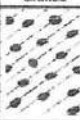
**UNIVERSIDAD
SAN PEDRO**

PROGRAMA DE ESTUDIOS
DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE MECÁNICA DE
SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

REGISTRO DE EXCAVACIÓN

SOLICITA	RIVERA CAMONES MICHEL JUNIOR		
TESIS	ADICIÓN DE CAL PARA MEJORAR EL SOPORTE(CBR) DE LA SUBRASANTE		
	DEL JR RICARDO PALMA- RATAQUENUA, HUARAZ 2023		
UBICACIÓN	RATAQUENUA-HUARAZ-ANCASH	NIVEL FREÁTICO (m.)	N.P.
FECHA	10/08/2023	MÉTODO DE EXCAVACIÓN	Cielo abierto
CALIGATA	C - 1	TAMAÑO DE EXCAVACIÓN	1.00 x 1.00 x1.50

MUESTRA		PROFUNDIDAD		CARACTERÍSTICAS
Símbolo	Grafico	En Mts.	Muestra	
GC		1.50	E-1	De -0.00-1.50 m. Gravas arcillosas, mezclas grava-arena-arcilla. de compacidad semi compacto a compactado en estado semi humedo.

UNIVERSIDAD SAN PEDRO
CHIMBOTE

Ing. Miguel Solar Jara
DIRECTOR
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

www.usanpedro.edu.pe

Ciudad Universitaria - Urb. Los Pinos Mz. B s/n - Chimbote
Telf. (043) 483212 - Celular. 990562762
Email: Imseyem@usanpedro.edu.pe



**UNIVERSIDAD
SAN PEDRO**

PROGRAMA DE ESTUDIOS
DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE MECÁNICA DE
SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

PROCTOR MODIFICADO

NORMA ASTM D- 1557/ MTC E 115

SOLICITA : RIVERA CAMONES MICHEL JUNIOR

TESIS : ADICIÓN DE CAL PARA MEJORAR EL SOPORTE(CBR) DE LA SUBRASANTE
DEL JR RICARDO PALMA- RATAQUENUA, HUARAZ 2023

MATERIAL : C - 1

FECHA : 10-08-2023

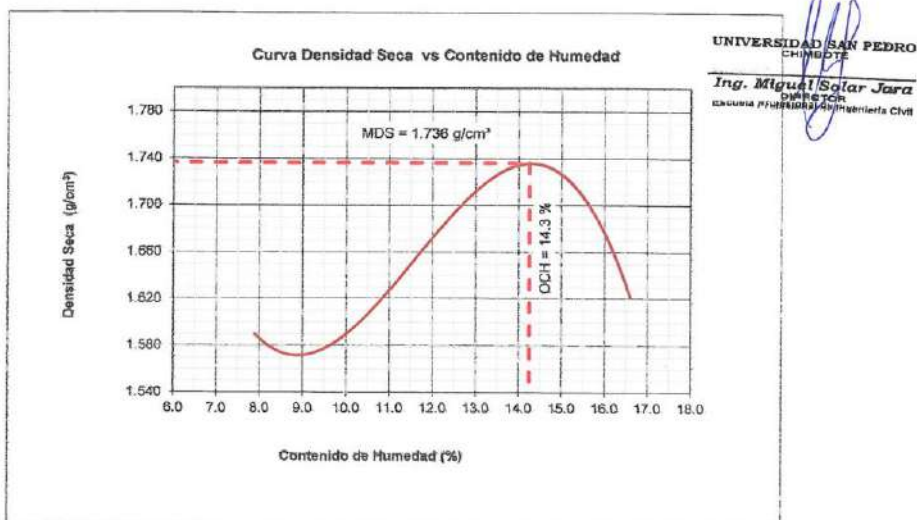
Metodo Compactación:	"B"	Número de Golpes		25
Energía de Compactación Standar	27.7 Kg.cm / cm³			
01 - Peso Suelo Humedo + Molde (g)	3802	3891	4069	3987
02 - Peso del Molde (g)	1979.0	1979.0	1979.0	1979.0
03 - Peso Suelo Humedo (g)	1822.5	1912.0	2089.5	2008.0
04 - Volumen del Molde (cm³)	1062.0	1062.0	1062.0	1062.0
05 - Densidad Suelo Humedo (g/cm³)	1.716	1.800	1.968	1.891
06 - Tarro N°	01	02	03	04
07 - Peso suelo humedo + tarro (g)	771.5	662.5	476.5	503.5
08 - Peso suelo seco + tarro (g)	730.0	618.5	444.4	461.2
09 - Peso del agua (g)	41.5	44.0	32.1	42.3
10 - Peso del tarro (g)	203.0	213.0	209.5	207.0
11 - Peso suelo seco (g)	527.0	405.5	234.9	254.2
12 - Contenido de Humedad (%)	7.9	10.9	13.7	16.6
13 - Densidad del Suelo Seco (g/cm³)	1.590	1.623	1.730	1.622

Contenido Optimo Humedad

14.3 %

Densidad Seca Maxima,

1.736 g/cm³



www.usanpedro.edu.pe

Ciudad Universitaria - Urb. Los Pinos Mz. B s/n - Chimbote
Telf. (043) 483212 - Celular. 990562762
Email: imsyem@usanpedro.edu.pe



**UNIVERSIDAD
SAN PEDRO**

PROGRAMA DE ESTUDIOS
DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE MECÁNICA DE
SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

PROCTOR MODIFICADO-EXPERIMENTAL-8%

NORMA ASTM D- 1557/ MTC E 115

SOLICITA : RIVERA CAMONES MICHEL JUNIOR

TESIS : ADICIÓN DE CAL PARA MEJORAR EL SOPORTE(CBR) DE LA SUBRASANTE
DEL JR RICARDO PALMA- RATAQUENUA, HUARAZ 2023

MATERIAL : C - 1

FECHA : 10-08-2023

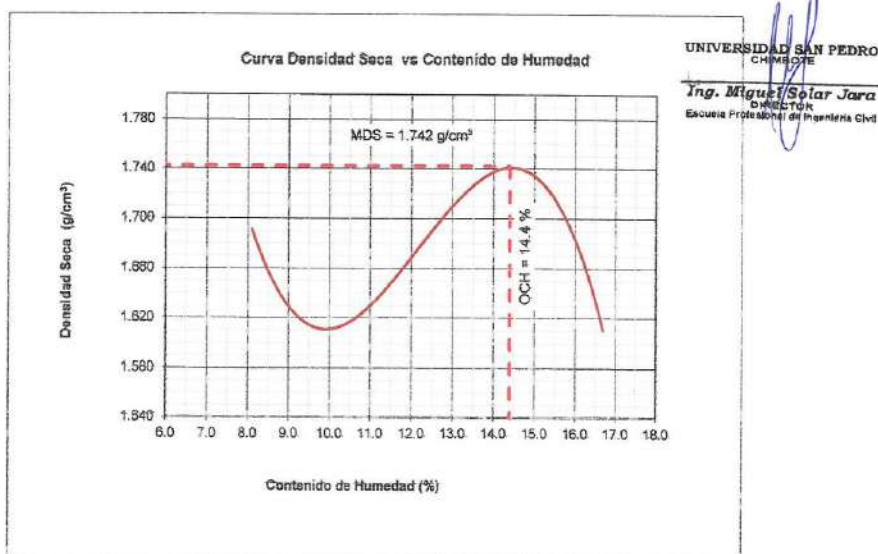
Metodo Compactación:	"B"	Número de Golpes	25
Energía de Compactación Standar	27.7 Kg.cm / cm²		
01 - Peso Suelo Humedo + Molde (g)	3920	3900	4075
02 - Peso del Molde (g)	1979.0	1979.0	1979.0
03 - Peso Suelo Humedo (g)	1941.0	1921.0	2096.0
04 - Volumen del Molde (cm³)	1062.0	1062.0	1062.0
05 - Densidad Suelo Humedo (g/cm³)	1.828	1.809	1.974
06 - Tarro N°	Q1	Q2	Q3
07 - Peso suelo humedo + tarro (g)	700.2	670.4	474.7
08 - Peso suelo seco + tarro (g)	660.2	625.0	442.4
09 - Peso del agua (g)	40.0	45.4	32.3
10 - Peso del tarro (g)	167.2	210.7	208.7
11 - Peso suelo seco (g)	493.0	414.3	233.7
12 - Contenido de Humedad (%)	8.1	11.0	13.8
13 - Densidad del Suelo Seco (g/cm³)	1.691	1.630	1.734

Contenido Optimo Humedad

14.4 %

Densidad Seca Maxima,

1.742 g/cm³



www.usanpedro.edu.pe

Ciudad Universitaria - Urb. Los Pinos Mz. B s/n - Chimbote
Telf. (043) 483212 - Celular. 990562762
Email: lmsyem@usanpedro.edu.pe



**UNIVERSIDAD
SAN PEDRO**

PROGRAMA DE ESTUDIOS
DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE MECÁNICA DE
SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

PROCTOR MODIFICADO-EXPERIMENTAL 5%

NORMA ASTM D-1557/ MITCE-115

SOLICITA : RIVERA CAMONES MICHEL JUNIOR

TESIS : ADICIÓN DE CAL PARA MEJORAR EL SOPORTE(CBR) DE LA SUBRASANTE
DEL JR RICARDO PALMA- RATAQUENUA, HUARAZ 2023

MATERIAL : C - 1

FECHA : 10-08-2023

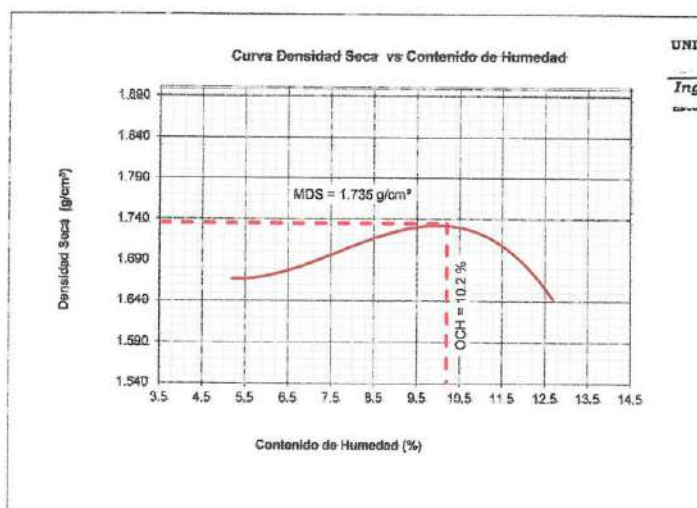
Metodo Compactación:	"B"	Número de Golpes			25
Energía de Compactación Standar	27.7 Kg.cm / cm³				
01 - Peso Suelo Humedo + Molde (g)	3710	3775	3849	3805	
02 - Peso del Molde (g)	1975.0	1975.0	1975.0	1975.0	
03 - Peso Suelo Humedo (g)	1735.0	1800.0	1874.0	1830.0	
04 - Volumen del Molde (cm³)	989.2	989.2	989.2	989.2	
05 - Densidad Suelo Humedo (g/cm³)	1.754	1.820	1.895	1.850	
06 - Tarro N°	01	02	03	04	
07 - Peso suelo humedo + tarro (g)	930.0	855.0	835.0	745.0	
08 - Peso suelo seco + tarro (g)	894.0	810.0	780.0	680.0	
09 - Peso del agua (g)	36.0	45.0	55.0	65.0	
10 - Peso del tarro (g)	205.0	205.0	200.0	170.0	
11 - Peso suelo seco (g)	689.0	605.0	580.0	510.0	
12 - Contenido de Humedad (%)	5.2	7.4	9.5	12.7	
13 - Densidad del Suelo Seco (g/cm³)	1.667	1.694	1.730	1.642	

Contenido Optimo Humedad

10.20 %

Densidad Seca Maxima,

1.735 g/cm³



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
CHIMBOTE

Ing. Miguel Solar Jara
DIRECTOR
Laboratorio de Ingeniería Civil

www.usanpedro.edu.pe

Ciudad Universitaria - Urb. Los Pinos Mz. B s/n - Chimbote
Telf. (043) 483212 - Celular. 990562762
Email: lmsyem@usanpedro.edu.pe



**UNIVERSIDAD
SAN PEDRO**

PROGRAMA DE ESTUDIOS
DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE MECÁNICA DE
SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

RELACIÓN DE SOPORTE - CBR
NORMA ASTM D- 1883

SOLICITA : RIVERA CAMONES MICHEL JUNIOR
TESIS : ADICIÓN DE CAL PARA MEJORAR EL SOPORTE(CBR) DE LA SUBRASANTE
DEL JR RICARDO PALMA- RATAQUENUA, HUARAZ 2023
MATERIAL : C-1
FECHA : 10-08-2023

UNIVERSIDAD SAN PEDRO
CHIMBOTE

Ing. Miguel Solar Jara
DIRECTOR
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

Características					
Numero de Molde	1	2	3		
Numero de Capas	5	5	5		
Numero de Golpes	56	25	12		
Energía Compactación (kg-cm)/cm ³	27.7	12.2	6.1		
Densidad Seca [CBR]					
01 - Peso suelo humedo + molde (g)	8,030.0	7,800.0	7,422.0		
02 - Peso del molde (g)	4,100.0	4,100.0	3,950.0		
03 - Peso suelo humedo (g)	3,930.0	3,700.0	3,472.0		
04 - Volumen de molde, cm ³	2,082.000	2,059.000	2,041.000		
05 - Densidad suelo humedo (g/cm ³)	1.888	1.797	1.701		
06 - Tarro N°	0.0	0.0	0.0		
07 - Peso suelo humedo + tarro (g)	743.0	722.6	741.9		
08 - Peso suelo seco + tarro (g)	700.2	681.4	686.8		
09 - Peso del agua (g)	42.8	41.2	43.1		
10 - Peso del tarro (g)	208.0	202.0	204.6		
11 - Peso suelo seco (g)	492.2	479.4	494.2		
12 - Contenido de humedad (%)	8.7	8.6	8.7		
13 - Densidad del suelo seco (g/cm ³)	1.737	1.655	1.565		
Saturación					
Embebido	Fecha	Hora	Lec. Dial	Lec. Dial	Lec. Dial
Dia 01		5:00PM	0.00	0.00	0.00
Dia 02		5:00PM	0.00	0.00	0.00
Dia 03		5:00PM	0.00	0.00	0.00
Dia 04		5:00PM	0.00	0.00	0.00
Expansión, %			0.0	0.0	0.0
Absorción					
Numero de molde	1	2	3		
01 - Peso suelo humedo antes (g)	3,930.0	3,700.0	3,472.0		
02 - Peso suelo embebido + molde (g)	8,254.2	8,055.5	7,696.6		
03 - Peso del molde (g)	4,100.0	4,100.0	3,950.0		
04 - Peso suelo embebido (g)	4,154.2	3,955.5	3,746.6		
05 - Peso del agua absorbida (g)	224.2	255.5	274.6		
06 - Peso del suelo seco (g)	3,615.6	3,407.2	3,193.5		
07 - Absorción de agua (%)	6.2	7.5	8.6		
Penetración					
Factor Anillo: Carga (kgf.)= Lectura Dial*4.2491345+27.92018					
Molde	1 [56 Golpes]		2 [25 Golpes]		3 [12 Golpes]
PEN (mm)	Lec. Dial	Carga (Kgf.)	Lec. Dial	Carga (Kgf.)	Lec. Dial
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.63	12.0	78.9	7.0	57.7	5.0
1.3	16.0	95.9	12.0	78.9	7.0
1.9	35.0	176.6	16.0	104.4	11.0
2.5	53.0	274.37	35.0	176.64	18.0
3.2	65.0	304.1	40.0	197.9	23.0
3.8	75.0	346.6	50.0	240.4	27.0
5.08	89.0	406.1	58.0	274.4	30.0
7.6	100.0	452.8	70.0	325.4	42.0
10.16	115.0	516.6	79.0	363.6	44.0
12.7	130.0	580.3	90.0	410.3	53.0
Carga (%)	274.37 kgf. [20.2%]		176.64 kgf. [13%]		104.4 kgf. [7.7%]

www.usanpedro.edu.pe

Ciudad Universitaria - Urb. Los Pinos Mz. B s/n - Chimbote
Telf. (043) 483212 - Celular: 990562762
Email: Imseyem@usanpedro.edu.pe



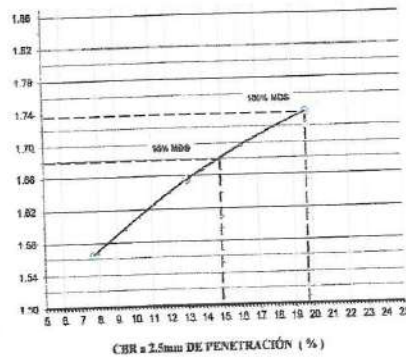
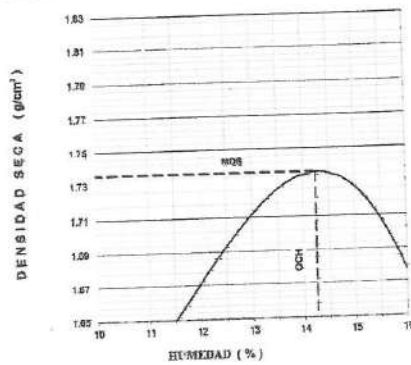
UNIVERSIDAD
SAN PEDRO

PROGRAMA DE ESTUDIOS
DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE MECÁNICA DE
SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

RELACIÓN DE SOPORTE - CBR [ASTM D-1883]

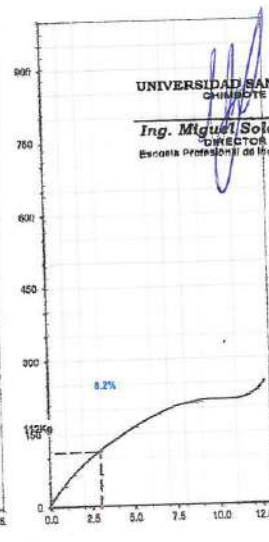
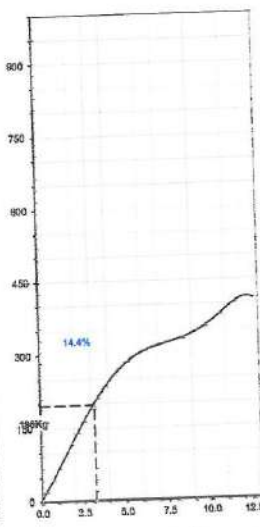
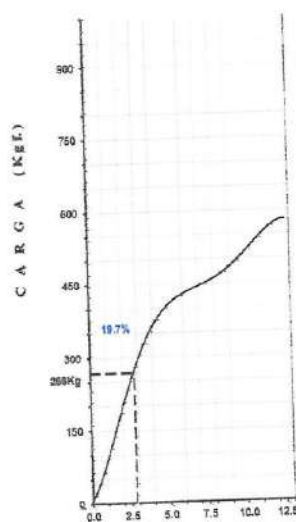
SOLICITA: RIVERA CAMARGO MIGUEL ANIBAL	METODO DE COMPACTACION (ASTM D-1557)	B
TESIS: ALCIÓN DE OIL PARA MEJORAR EL SOPORTE CBR DE LA	MÁXIMA DENSIDAD SECA (ρ_{max})	1.738
SUBRASISTENTE DEL JR RICARDO PILARMA - SETAGUIRUELA, HUARAZ 2003	ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	14.3
	CBR AL 100% DE LA M.D.S. (%)	19.7
	CBR AL 98% DE LA M.D.S. (%)	14.9
MATERIAL : TERRENO NATURAL G-1	ENFRIADO : 4 CMG	EXPANSIÓN : 5.6
FECHA : 10-Ago-2003	ABSORCIÓN : 6.2 %	HUMEDAD DE PENETRACIÓN : 20.5 %



$E_c = 56$ (GOLPES) (27.77 kg/cm²)

$E_c = 35$ (GOLPES) (12.2 kg/cm²)

$E_c = 12$ (GOLPES) (4.1 kg/cm²)



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
CHIMBOTE
Ing. Miguel Solar Jara
DIRECTOR
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

www.usanpedro.edu.pe

Ciudad Universitaria - Urb. Los Pinos Mz. B s/n - Chimbote
Telf. (043) 483212 - Celular. 990562762
Email: lmsyem@usanpedro.edu.pe



**UNIVERSIDAD
SAN PEDRO**

PROGRAMA DE ESTUDIOS
DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE MECÁNICA DE
SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

**RELACIÓN DE SOPORTE - CBR-EXPERIMENTAL 5%
NORMA ASTM D- 1883**

SOLICITA : RIVERA CAMONES MICHEL JUNIOR
TESIS : ADICIÓN DE CAL PARA MEJORAR EL SOPORTE(CBR) DE LA SUBRASANTE
DEL JR RICARDO PALMA- RATAQUENUA, HUARAZ 2023
MATERIAL : C-1
FECHA : 10-05-2023

UNIVERSIDAD SAN PEDRO
CHIMBOTE
Ing. Miguel Solar Jara
DIRECTOR
Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales

Características			
Numero de Molde	1	2	3
Numero de Capas	5	5	5
Numero de Golpe	56	25	12
Energía Compactación [kg-cm/cm ²]	27.7	12.2	6.1
Densidad Seca [CBR]			
01 - Peso suelo humedo + molde (g)	8,734.0	8,450.0	7,980.0
02 - Peso del molde (g)	4,778.0	4,472.0	4,555.0
03 - Peso suelo humedo (g)	3,958.0	3,978.0	3,425.0
04 - Volumen de molde, cm ³	2,107.890	2,107.890	2,107.890
05 - Densidad suelo humedo (g/cm ³)	1.878	1.887	1.625
06 - Tarro N°	0.0	0.0	0.0
07 - Peso suelo humedo + tarro (g)	730.0	670.0	655.0
08 - Peso suelo seco + tarro (g)	690.0	610.0	630.0
09 - Peso del agua (g)	40.0	60.0	25.0
10 - Peso del tarro (g)	205.0	200.0	60.0
11 - Peso suelo seco (g)	485.0	410.0	570.0
12 - Contenido de humedad (%)	8.2	14.6	4.4
13 - Densidad del suelo seco (g/cm ³)	1.735	1.646	1.557
Expansión, %			
Absorción			
Numero de molde	1	2	3
01 - Peso suelo humedo antes (g)	3,958.0	3,978.0	3,425.0
02 - Peso suelo embebido + molde (g)	8,971.7	8,717.2	8,245.8
03 - Peso del molde (g)	4,779.0	4,472.0	4,555.0
04 - Peso suelo embebido (g)	4,195.7	4,245.2	3,690.8
05 - Peso del agua absorbida (g)	237.7	267.2	265.8
06 - Peso del suelo seco (g)	3,656.4	3,470.2	3,281.1
07 - Absorción de agua (%)	6.5	7.7	8.1
Penetración			
Factor Anillo: Carga [kgf.] = Lectura Dial * 4.2491345 + 27.92018			
Molde	1 [56 Golpes]		2 [25 Golpes]
PEN. (mm)	Lec. Dial	Carga [Kgf.]	Lec. Dial
0.0	0.0	0.0	0.0
0.63	34.0	172.4	121.4
1.3	50.0	240.4	189.4
1.9	75.0	346.6	231.9
2.5	95.0	431.59	274.37
3.2	130.0	580.3	316.9
3.8	150.0	665.3	359.4
5.08	160.0	707.8	401.8
7.6	160.0	792.8	448.6
10.16	180.0	835.3	495.3
12.7	200.0	877.7	537.8
Carga (%)	431.59 kgf. [31.7%]	274.37 kgf. [20.2%]	189.39 kgf. [13.9%]

www.usanpedro.edu.pe

Ciudad Universitaria - Urb. Los Pinos Mz. B s/n - Chimbote
Telf. (043) 483212 - Celular: 990562762
Email: lmsyem@usanpedro.edu.pe



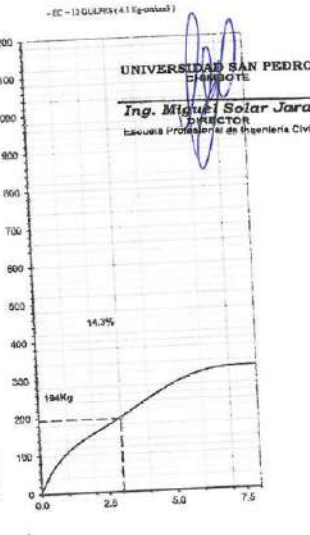
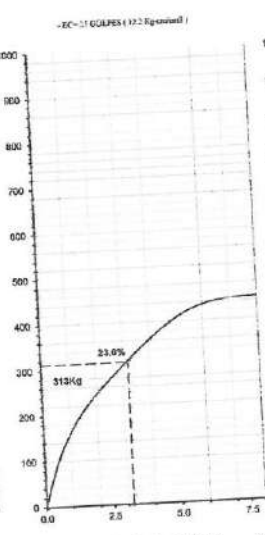
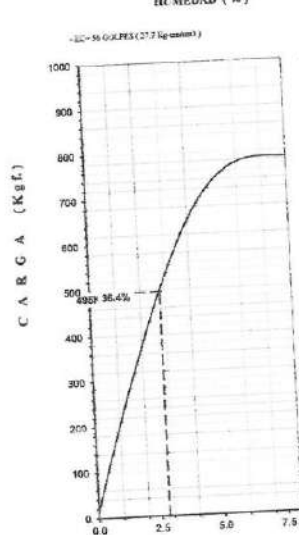
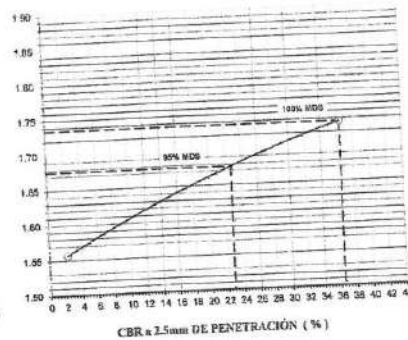
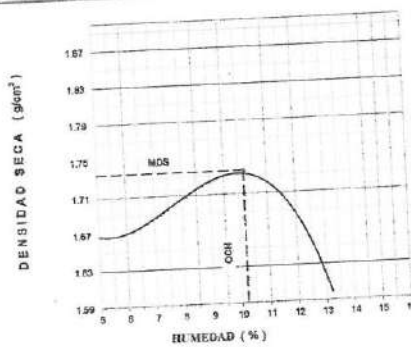
UNIVERSIDAD
SAN PEDRO

PROGRAMA DE ESTUDIOS
DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE MECÁNICA DE
SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

RELACIÓN DE SOPORTE - CBR [ASTM D-1883]-EXPERIMENTAL 5%

SOLICITA:	RIVERA CARLOS MICHAEL, INGENIERO	MÉTODO DE COMPACTACIÓN (ASTM D-1557)	B
TEMA:	ADICIÓN DE CAL PARA MEJORAR EL SOPORTE DE LA	MÁXIMA DENSIDAD SECA (g/cm^3)	1.725
SUBVIVANTE DEL DR. RICARDO PALMA - RITAQUEMA, HUAYAZ 2023		ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	10.2
		CBR AL 100% DE LA M.D.S. (%)	36.4
		CBR AL 95% DE LA M.D.S. (%)	22.8
MATERIAL:	TIENREO NATURAL C-1	SUCS:	LL: 10.5, PL: 4.5, PI: 1.5, CL: 1.5
	FECHA: 10 Ago 2023	AASHTO:	EMBEBIDO: 4 (cm) EXPANSIÓN:
		ABSORCIÓN:	6.5% HUMEDAD DE PENETRACIÓN: 18.7%



www.usanpedro.edu.pe

Ciudad Universitaria - Urb. Los Pinos Mz. B s/n - Chimbote
Telf. (043) 483212 - Celular. 990562762
Email: lmsyem@usanpedro.edu.pe



**UNIVERSIDAD
SAN PEDRO**

PROGRAMA DE ESTUDIOS
DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE MECÁNICA DE
SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

RELACIÓN DE SOPORTE - CBR-EXPERIMENTAL-8%

NORMA ASTM D-1983

SOLICITA : RIVERA CAMONES MICHEL JUNIOR
TESIS : ADICIÓN DE CAL PARA MEJORAR EL SOPORTE(CBR) DE LA SUBRASANTE
DEL JR RICARDO PALMA- RATAQUENUA, HUARAZ 2023
MATERIAL : C-1
FECHA : 10-08-2023

UNIVERSIDAD SAN PEDRO
CHIMBOTE

Ing. Miguel Solar Jara
DIRECTOR
Laboratorio de Ingeniería Civil

Características					
Numero de Molde	1	2	3		
Numero de Capas	5	5	5		
Numero de Golpes	56	25	12		
Energía Compactación (kg-cm)/cm³	27.7	12.2	6.1		
Densidad Seca (CBR)					
01 - Peso suelo humedo + molde (g)	9,119.0	7,920.0	8,570.8		
02 - Peso del molde (g)	4,865.0	4,130.0	4,800.0		
03 - Peso suelo humedo (g)	4,254.0	3,790.0	3,770.8		
04 - Volumen de molde, cm³	2,175.520	2,086.080	2,216.040		
05 - Densidad suelo humedo (g/cm³)	1.955	1.817	1.702		
06 - Tarro N°	0.0	0.0	0.0		
07 - Peso suelo humedo + tarro (g)	284.4	373.9	482.1		
08 - Peso suelo seco + tarro (g)	269.4	347.7	447.9		
09 - Peso del agua (g)	15.0	26.2	34.2		
10 - Peso del tarro (g)	187.7	170.5	209.7		
11 - Peso suelo seco (g)	101.7	177.2	238.2		
12 - Contenido de humedad (%)	14.7	14.8	14.4		
13 - Densidad del suelo seco (g/cm³)	1.704	1.583	1.488		
Saturación					
Embebido	Fecha	Hora	Lec. Dial	Lec. Dial	Lec. Dial
Dia 01		5.00PM	0.00	0.00	0.00
Dia 02		5.00PM	0.00	0.00	0.00
Dia 03		5.00PM	0.00	0.00	0.00
Dia 04		5.00PM	0.00	0.00	0.00
Expansión, %			0.0	0.0	0.0
Absorción					
Numero de molde	1	2	3		
01 - Peso suelo humedo antes (g)	4,254.0	3,790.0	3,770.8		
02 - Peso suelo embebido + molde (g)	9,350.0	8,177.6	8,857.7		
03 - Peso del molde (g)	4,865.0	4,130.0	4,800.0		
04 - Peso suelo embebido (g)	4,485.0	4,047.5	4,057.7		
05 - Peso del agua absorbida (g)	241.0	257.5	286.9		
06 - Peso del suelo seco (g)	3,707.2	3,301.8	3,297.4		
07 - Absorción de agua (%)	6.5	7.8	8.7		
Penetración					
Factor Anillo: Carga (kgf.) = Lectura Dial * 4.2491345 + 27.92018					
Molde	1 [56 Golpes]		2 [25 Golpes]		3 [12 Golpes]
PEN. (mm)	Lec. Dial	Carga (kgf.)	Lec. Dial	Carga (kgf.)	Carga (kgf.)
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.63	3.0	40.7	3.0	40.7	40.7
1.3	6.0	53.4	8.0	61.9	53.4
1.9	44.0	214.9	39.0	193.6	104.4
2.5	98.0	444.34	58.0	274.37	155.39
3.2	200.0	877.7	115.0	516.6	316.9
3.8	301.0	1306.9	176.0	775.8	444.3
5.08	402.0	1736.1	215.0	941.5	533.6
7.6	478.0	2059.0	258.0	1124.2	601.6
10.16	556.0	2390.4	274.0	1192.2	673.8
12.7	595.0	2558.2	306.0	1328.2	771.5
Carga (%)	444.34 kgf. [32.7%]		274.37 kgf. [20.2%]		155.39 kgf. [11.4%]



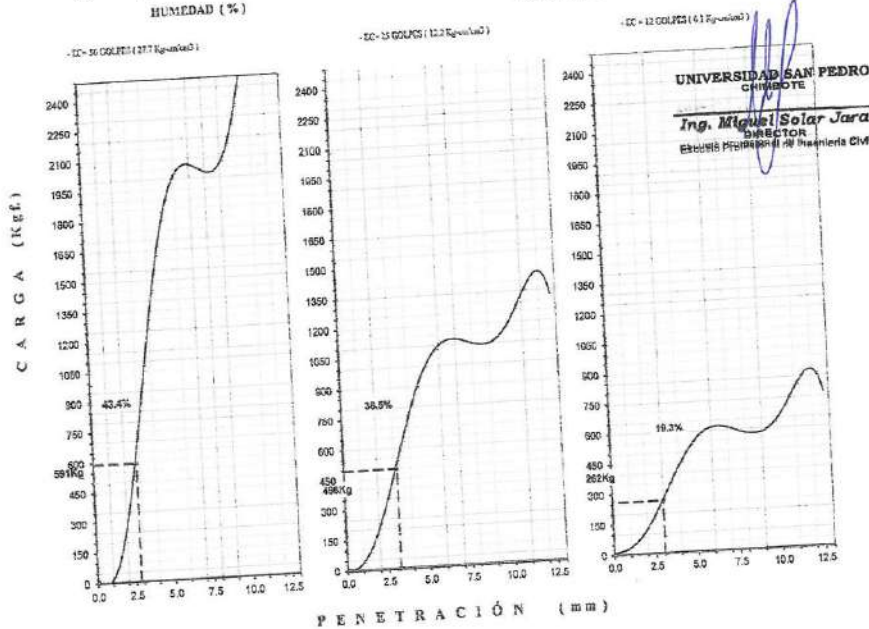
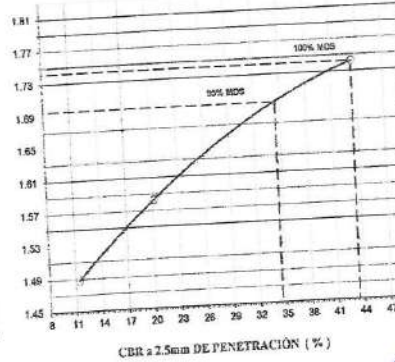
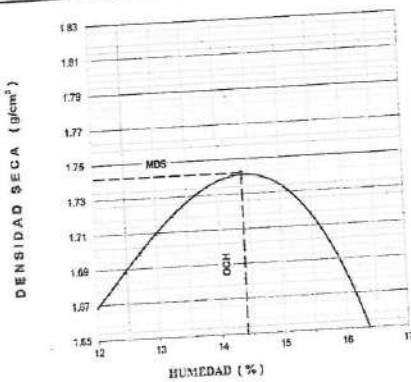
UNIVERSIDAD
SAN PEDRO

PROGRAMA DE ESTUDIOS
DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE MECÁNICA DE
SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

RELACIÓN DE SOPORTE - CBR [ASTM D-1883]-EXPERIMENTAL-8%

SOLICITA	RIVERA CANCHES MICHEL JUNIOR	MÉTODO DE COMPACTACIÓN (ASTM D-1557)	B
TESIS	ADICIÓN DE CAL PARA MEJORAR EL SOPORTE DE LA	MÁXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³)	1.742
SUBSTRATO DEL DR. RICARDO PALMIY RATAQUENIA, HUARAZ 2003		ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	14.4
		CBR AL 100% DE LA M.D.S. (%)	43.4
		CBR AL 95% DE LA M.D.S. (%)	34.5
MATERIAL	TERRENO NATURAL C-1	EMBEZADO	4 DIAS
		EXPANSIÓN	SE
	FECHA: 10-Ago-2023	ABSORCIÓN	6.5 %
		HUMEDAD DE PENETRACIÓN	20.9 %



www.usanpedro.edu.pe

Ciudad Universitaria - Urb. Los Pinos Mz. B s/n - Chimbote
Telf. (043) 483212 - Celular. 990562762
Email: imsyem@usanpedro.edu.pe



**UNIVERSIDAD
SAN PEDRO**

PROGRAMA DE ESTUDIOS
DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE MECÁNICA DE
SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO
(ASTM D422)

SOLICITA : RIVERA CAMONES MICHEL JUNIOR
TESIS : ADICIÓN DE CAL PARA MEJORAR EL SOPORTE(CBR) DE LA SUBRASANTE
DEL JR RICARDO PALMA- RATAQUENUA, HUARAZ 2023
LUGAR : RATAQUENUA-HUARAZ-ANCASH
FECHA : 10-08-23

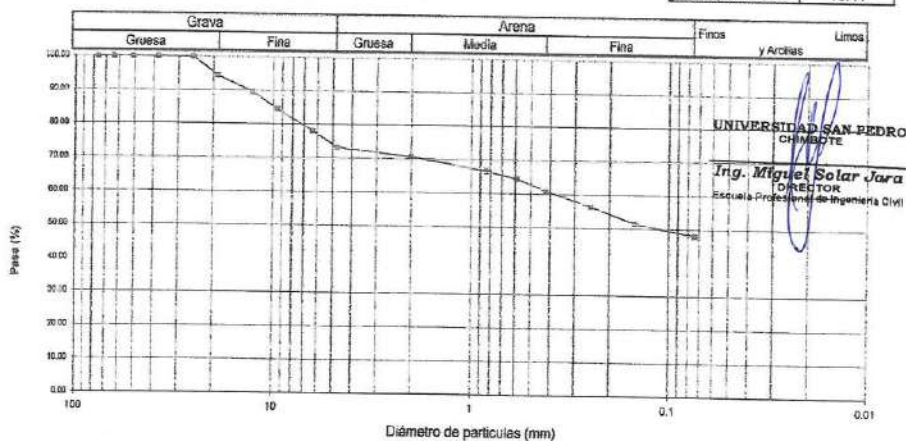
Peso Seco Inicial	890	gr.
Peso Seco Lavado	462.3	gr.
Peso perdido por lavado	427.7	gr.

CALICATA : C-2
MUESTRA : M-1
PROF: 1.50

Tamiz/Abertura	Peso Retenido(gr.)	Retenido Parcial(%)	Retenido Acumulado(%)	Pasante (%)	Clasificación AASHTO
Nº	(mm)				
2 1/2"	76.20	0.0	0.0	100.0	Material limoso-arenoso Pobre a malo como subgrado A-6 Suelo arcilloso
2"	50.80	0.0	0.0	100.0	
1 1/2"	37.50	0.0	0.0	100.0	
1"	22.50	0.0	0.0	100.0	
3/4"	19.00	50.3	5.7	94.3	
1/2"	12.50	43.2	4.9	89.5	Clasificación (S.U.C.S.)
3/8"	9.50	45.2	5.1	84.4	
1/4"	6.30	56.6	6.4	78.1	Suelo de partículas gruesas, Suelo de partículas gruesas con finos (suelo sucio).
Nº 4	4.75	42.6	4.8	73.3	
Nº 10	2.00	23.7	2.7	70.6	Grava mediana con arena GC
Nº 20	0.850	34.9	3.9	66.7	
Nº 30	0.600	19.7	2.2	64.5	Pasa tamiz Nº 4 (%) : 73.3
Nº 40	0.425	31.1	3.5	61.0	Pasa tamiz Nº 200 (%) : 48.1
Nº 60	0.250	40.5	4.6	56.4	D60 (mm) : 0.38
Nº 100	0.150	43.6	4.9	51.5	D30 (mm) :
Nº 200	0.075	31.0	3.5	48.1	D10 (mm) :
< 200	427.7	48.1	100.0	0.0	Cu
Total	890.0			100.0	Cc

Límite líquido LL	28.34
Límite plástico LP	11.93
Índice plasticidad IP	16.41

CURVA GRANULOMÉTRICA



www.usanpedro.edu.pe

Ciudad Universitaria - Urb. Los Pinos Mz. B s/n - Chimbote
Telf. (043) 483212 - Celular. 990562762
Email: lmsyem@usanpedro.edu.pe



**UNIVERSIDAD
SAN PEDRO**

PROGRAMA DE ESTUDIOS
DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE MECÁNICA DE
SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

CONTENIDO DE HUMEDAD

SOLICITA : RIVERA CAMONES MICHEL JUNIOR
TESIS : ADICIÓN DE CAL PARA MEJORAR EL SOPORTE(CBR) DE LA SUBRASANTE
DEL JR RICARDO PALMA- RATAQUENUA, HUARAZ 2023
FECHA : 10/08/2023
MATERIAL : CALICATA 2
LUGAR : RATAQUENUA-HUARAZ-ANCASH

ENSAYO N°	M-1	M-2
Peso de tara + MH	635.50	500.00
Peso de tara + MS	615.30	483.20
Peso de tara	209.30	168.80
Peso del agua	20.20	16.80
MS	406.00	314.40
Contenido de humedad (%)	4.98	5.34
Humedad Promedio (%)	5.16	

NOTA : La muestra fue traída y realizado por el interesado en este Laboratorio.

UNIVERSIDAD SAN PEDRO
CHIMBOTE
Ing. Miguel Solar Jara
DIRECTOR
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

www.usanpedro.edu.pe

Ciudad Universitaria - Urb. Los Pinos Mz. B s/n - Chimbote
Telf. (043) 483212 - Celular. 990562762
Email: imsyem@usanpedro.edu.pe



UNIVERSIDAD
SAN PEDRO

PROGRAMA DE ESTUDIOS
DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE MECÁNICA DE
SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

REGISTRO DE EXCAVACIÓN

SOLICITA	RIVERA CAMONES MICHEL JUNIOR		
TESIS	ADICIÓN DE CAL PARA MEJORAR EL SOPORTE(CBR) DE LA SUBRASANTE		
	DEL JR RICARDO PALMA- RATAQUENUA, HUARAZ 2023		
UBICACIÓN	RATAQUENUA-HUARAZ-ANCASH	NIVEL FREÁTICO (m.)	N.P.
FECHA	10/08/2023	MÉTODO DE EXCAVACIÓN	Cielo abierto
CALICATA	C - 2	TAMAÑO DE EXCAVACIÓN	1.00 x 1.00 x1.50

MUESTRA		PROFUNDIDAD		CARACTERÍSTICAS
Símbolo	Grafico	En Mts.	Muestra	
GC		1.50	E-1	De -0.00-1.50 m. Gravas arcillosas, mezclas grava-arena-arcilla. de compacidad semi compacto a compactado en estado semi humedo.

UNIVERSIDAD SAN PEDRO
CHIMBOTE
Ing. Miguel Solar Jara
DIRECTOR
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

www.usanpedro.edu.pe

Ciudad Universitaria - Urb. Los Pinos Mz. B s/n - Chimbote
Telf. (043) 483212 - Celular. 990562762
Email: imsyem@usanpedro.edu.pe



**UNIVERSIDAD
SAN PEDRO**

PROGRAMA DE ESTUDIOS
DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE MECÁNICA DE
SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

PROCTOR MODIFICADO

NORMA ASTM D-1557/ NFPC E 115

SOLICITA : RIVERA CAMONES MICHEL JUNIOR

TESIS : ADICIÓN DE CAL PARA MEJORAR EL SOPORTE(CBR) DE LA SUBRASANTE
DEL JR RICARDO PALMA- RATAQUENUA, HUARAZ 2023

MATERIAL : C-2

FECHA : 10-08-2023

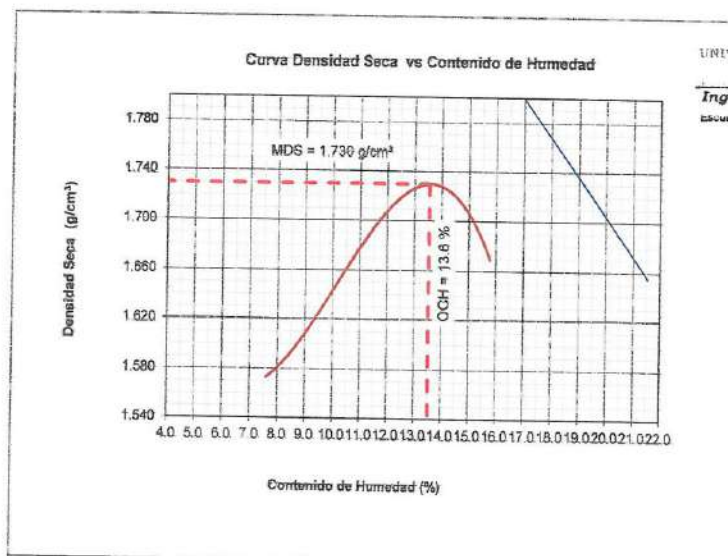
Metodo Compactación:	"B"	Número de Golpes		25
Energía de Compactación Standar	27.7 Kg.cm / cm³			
01 - Peso Suelo Humedo + Molde (g)	3777	3933	4056	4032
02 - Peso del Molde (g)	1979.0	1979.0	1979.0	1979.0
03 - Peso Suelo Humedo (g)	1798.0	1954.0	2080.0	2053.0
04 - Volumen del Molde (cm³)	1062.0	1062.0	1062.0	1062.0
05 - Densidad Suelo Humedo (g/cm³)	1.683	1.840	1.959	1.933
06 - Tarro N°	01	02	03	04
07 - Peso suelo humedo + tarro (g)	653.0	661.0	528.0	558.5
08 - Peso suelo seco + tarro (g)	622.0	620.5	489.5	510.5
09 - Peso del agua (g)	31.0	40.5	38.5	48.0
10 - Peso del tarro (g)	213.5	239.0	200.5	207.0
11 - Peso suelo seco (g)	408.5	381.5	289.0	303.5
12 - Contenido de Humedad (%)	7.6	10.6	13.3	15.8
13 - Densidad del Suelo Seco (g/cm³)	1.573	1.664	1.729	1.669

Contenido Optimo Humedad

13.6 %

Densidad Seca Maxima,

1.730 g/cm³



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
CHIMBOTE

Ing. Miguel Solar Jara
DIRECTOR
LABORATORIO DE INGENIERÍA CIVIL

www.usanpedro.edu.pe

Ciudad Universitaria - Urb. Los Pinos Mz. B s/n - Chimbote
Telf. (043) 483212 - Celular. 990562762
Email: imsyem@usanpedro.edu.pe



UNIVERSIDAD
SAN PEDRO

PROGRAMA DE ESTUDIOS
DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE MECÁNICA DE
SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

PROCTOR MODIFICADO EXPERIMENTAL 5%

NORMA ASTM D-1557/ BSFC E 115

SOLICITA : RIVERA CAMONES MICHEL JUNIOR

TESIS : ADICIÓN DE CAL PARA MEJORAR EL SOPORTE(CBR) DE LA SUBRASANTE
DEL JR RICARDO PALMA- RATAQUENJA, HUARAZ 2023

MATERIAL : C - 2

FECHA : 10-08-2023

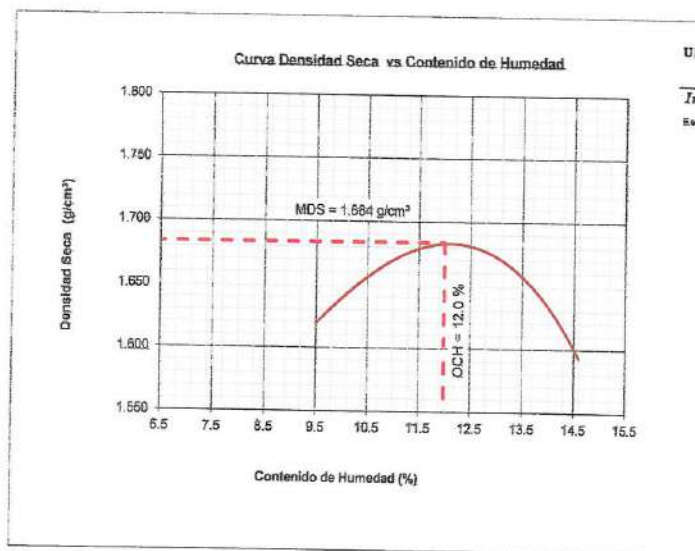
Metodo Compactación:	"B"	Número de Golpes		25
Energía de Compactación Standar	27.7 Kg.cm / cm²			
01 - Peso Suelo Humedo + Molde (g)	3645	3729	3750	3695
02 - Peso del Molde (g)	1975.0	1975.0	1975.0	1975.0
03 - Peso Suelo Humedo (g)	1670.0	1754.0	1775.0	1720.0
04 - Volumen del Molde (cm³)	942.2	942.2	942.2	942.2
05 - Densidad Suelo Humedo (g/cm³)	1.773	1.862	1.884	1.826
06 - Tarro N°	01	02	03	04
07 - Peso suelo humedo + tarro (g)	580.0	670.0	540.0	670.0
08 - Peso suelo seco + tarro (g)	535.0	624.0	484.0	610.0
09 - Peso del agua (g)	45.0	46.0	56.0	60.0
10 - Peso del tarro (g)	60.0	215.0	85.0	200.0
11 - Peso suelo seco (g)	475.0	409.0	419.0	410.0
12 - Contenido de Humedad (%)	9.5	11.2	13.4	14.6
13 - Densidad del Suelo Seco (g/cm³)	1.619	1.674	1.661	1.593

Contenido Optimo Humedad

12.00 %

Densidad Seca Maxima

1.684 g/cm³



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
CHIMBOTE

Ing. Miguel Solar Jara
DIRECTOR
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

www.usanpedro.edu.pe

Ciudad Universitaria - Urb. Los Pinos Mz. B s/n - Chimbote
Telf. (043) 483212 - Celular. 990562762
Email: imsyem@usanpedro.edu.pe



**UNIVERSIDAD
SAN PEDRO**

PROGRAMA DE ESTUDIOS
DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE MECÁNICA DE
SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

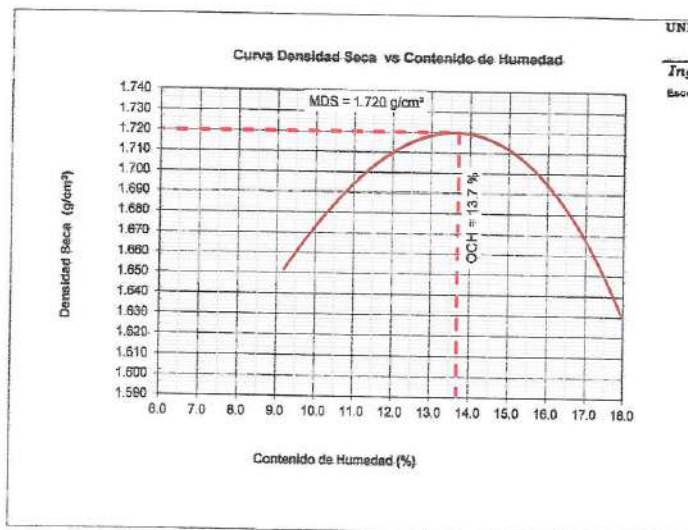
PROCTOR MODIFICADO EXPERIMENTAL AL 99%

NORMA ASTM D 1557 / MTC E 115

SOLICITA : RIVERA CAMONES MICHEL JUNIOR
TESIS : ADICIÓN DE CAL PARA MEJORAR EL SOPORTE(CBR) DE LA SUBRASANTE
DEL JR RICARDO PALMA- RATAQUENUA, HUARAZ 2023
MATERIAL : C - 2
FECHA : 10-08-2023

Metodo Compactación:	"B"	Número de Golpes	25
Energía de Compactación Standar	27.7 Kg.cm / cm ²		
01 - Peso Suelo Humedo + Molde (g)	3895	4025	4070
02 - Peso del Molde (g)	1979.0	1979.0	1979.0
03 - Peso Suelo Humedo (g)	1916.0	2046.0	2091.0
04 - Volumen del Molde (cm ³)	1062.0	1062.0	1062.0
05 - Densidad Suelo Humedo (g/cm ³)	1.804	1.927	1.969
06 - Tarro N°	01	02	03
07 - Peso suelo humedo + tarro (g)	672.1	479.4	659.6
08 - Paso suelo seco + tarro (g)	632.1	434.1	600.0
09 - Peso del agua (g)	40.0	45.3	59.6
10 - Peso del tarro (g)	199.1	69.2	208.2
11 - Peso suelo seco (g)	433.0	364.9	391.8
12 - Contenido de Humedad (%)	9.2	12.4	15.2
13 - Densidad del Suelo Seco (g/cm ³)	1.652	1.714	1.708

Contenido Optimo Humedad 13.7 % Densidad Seca Máxima, 1.720 g/cm³



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
CHIMBOTE

Ing. Miguel Solar Jara
DIRECTOR
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

www.usanpedro.edu.pe

Ciudad Universitaria - Urb. Los Pinos Mz. B s/n - Chimbote
Telf. (043) 483212 - Celular. 990562762
Email: lmsyem@usanpedro.edu.pe



**UNIVERSIDAD
SAN PEDRO**

PROGRAMA DE ESTUDIOS
DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE MECÁNICA DE
SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

RELACIÓN DE SOPORTE - CBR

NORMA ASTM D- 1883

SOLICITA : RIVERA CAMONES MICHEL JUNIOR
TESIS : ADICIÓN DE CAL PARA MEJORAR EL SOPORTE(CBR) DE LA SUBRASANTE
DEL JR RICARDO PALMA- RATAQUENUA, HUARAZ 2023
MATERIAL : C-2
FECHA : 10-06-2023

UNIVERSIDAD SAN PEDRO
CHIMBOTE

Ing. Miguel Solar Jara
DIRECTOR
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

Características					
Numero de Molde	1	2	3		
Numero de Capas	5	5	5		
Numero de Golpes	56	26	12		
Energía Compactación (kg-cm/cm ²)	27.7	12.2	6.1		
Densidad Seca [CBR]					
01 - Peso suelo humedo + molde (g)	8,685.0	7,904.5	7,889.6		
02 - Peso del molde (g)	4,503.0	3,972.5	3,967.5		
03 - Peso suelo humedo (g)	4,182.0	3,932.0	3,902.0		
04 - Volumen de molde, cm ³	2,133.170	2,088.080	2,216.040		
05 - Densidad suelo humedo (g/cm ³)	1.960	1.885	1.761		
06 - Tarro N°	0.0	0.0	0.0		
07 - Peso suelo humedo + tarro (g)	638.0	624.0	741.5		
08 - Peso suelo seco + tarro (g)	586.6	676.0	681.9		
09 - Peso del agua (g)	51.4	48.0	58.6		
10 - Peso del tarro (g)	201.0	209.5	201.0		
11 - Peso suelo seco (g)	385.6	366.5	480.9		
12 - Contenido de humedad (%)	13.3	13.1	12.4		
13 - Densidad del suelo seco (g/cm ³)	1.730	1.667	1.597		
Saturación					
Embebido	Fecha	Hora	Lec. Dial	Lec. Dial	Lec. Dial
Dia 01		5.00PM	0.00	0.00	0.00
Dia 02		5.00PM	0.00	0.00	0.00
Dia 03		5.00PM	0.00	0.00	0.00
Dia 04		5.00PM	0.00	0.00	0.00
Expansión, %			0.0	0.0	0.0
Absorción					
Numero de molde	1	2	3		
01 - Peso suelo humedo antes (g)	4,182.0	3,932.0	3,902.0		
02 - Peso suelo embebido + molde (g)	8,876.9	8,166.2	8,150.7		
03 - Peso del molde (g)	4,503.0	3,972.5	3,967.5		
04 - Peso suelo embebido (g)	4,373.9	4,192.7	4,183.2		
05 - Peso del agua absorbida (g)	191.9	260.7	281.2		
06 - Peso del suelo seco (g)	3,690.1	3,476.7	3,471.7		
07 - Absorción de agua (%)	5.2	7.6	8.1		
Penetración					
Factor Anillo: Carga [kgf.] = Lectura Dial * 4.2491345 + 27.92018					
Molde	1 [56 Golpes]		2 [26 Golpes]		3 [12 Golpes]
PEN. (mm)	Lec. Dial	Carga [Kgf.]	Lec. Dial	Carga [Kgf.]	Lec. Dial
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.63	12.0	78.9	10.0	70.4	5.0
1.3	17.0	100.2	14.0	87.4	8.0
1.9	36.0	180.9	25.0	134.1	12.0
2.5	55.0	261.62	33.0	188.14	15.0
3.2	60.0	282.9	40.0	197.9	20.0
3.8	65.0	304.1	45.0	219.1	25.0
5.08	70.0	325.4	50.0	240.4	30.0
7.6	75.0	346.6	55.0	261.6	35.0
10.16	80.0	367.9	60.0	282.9	40.0
12.7	85.0	389.1	65.0	304.1	45.0
Carga [%]	261.62 kgf. [19.2%]		168.14 kgf. [12.4%]		91.66 kgf. [6.7%]

www.usanpedro.edu.pe

Ciudad Universitaria - Urb. Los Pinos Mz. B s/n - Chimbote
Telf. (043) 483212 - Celular. 990562762
Email: lmsyem@usanpedro.edu.pe



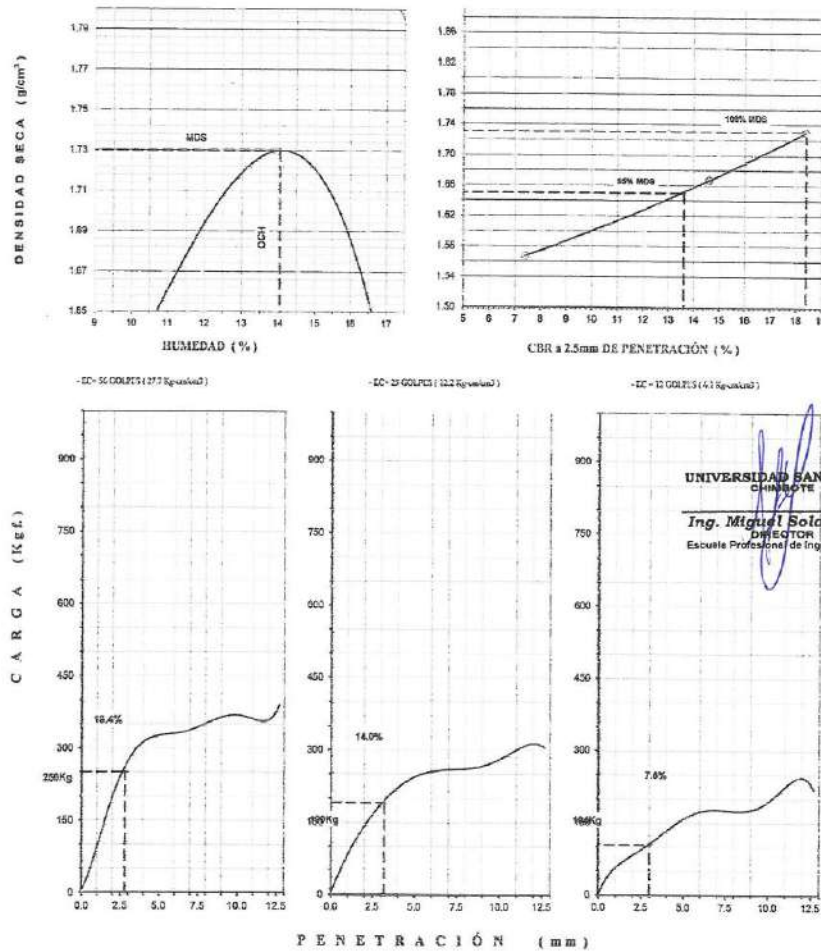
UNIVERSIDAD
SAN PEDRO

PROGRAMA DE ESTUDIOS
DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE MECÁNICA DE
SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

RELACIÓN DE SOPORTE - CBR [ASTM D-1883]

SOLICITA	RIVERA CAMONES MICHEL JUNIOR	MÉTODO DE COMPACTACIÓN (ASTM D-1557)	B
TESIS	ADICIÓN DE CAL PARA MEJORAR EL SOPORTE CBR DE LA	MÁXIMA DENSIDAD SECA (g/cm ³)	1.730
SUBIRRIANTE DEL DR RICARDO PALMA: RATAQUENJA, HUARAZ 2003		ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	13.6
		CBR AL 100% DE LA M.D.S. (%)	18.4
MATERIAL	TERRENO NATURAL C-2	CBR AL 95% DE LA M.D.S. (%)	13.6
	FECHA: 10-Ago-2023	EMBEUDO: 4 DIA	EXPANSIÓN: 5.6%
		ABSORCIÓN: 5.2%	HUMEDAD DE PENETRACIÓN: 18.8%



Golpes
www.usanpedro.edu.pe
Corrección

Ciudad Universitaria - Urb. Los Pinos Mz. B s/n - Chimbote
Telf. (043) 483212 - Celular: 990562762
Email: lms@usanpedro.edu.pe



**UNIVERSIDAD
SAN PEDRO**

PROGRAMA DE ESTUDIOS
DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE MECÁNICA DE
SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

RELACIÓN DE SOPORTE - CBR-EXPERIMENTAL 5%
NORMA ASTM D- 1883

SOLICITA : RIVERA CAMONES MICHEL JUNIOR
TESIS : ADICIÓN DE CAL PARA MEJORAR EL SOPORTE(CBR) DE LA SUBRASANTE
DEL JR RICARDO PALMA- RATAQUENUA, HUARAZ 2023
MATERIAL : C-2
FECHA : 10-08-2023

UNIVERSIDAD SAN PEDRO
CHIMBOTE

Ing. Miguel Solar Jara
DIRECTOR
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

Características						
Numero de Molde	1	2	3			
Numero de Capas	5	5	5			
Numero de Golpe	56	25	12			
Energía Compactación [kg-cm]/cm³	27.7	12.2	6.1			
Densidad Seca [CBR]						
01 - Peso suelo humedo + molde (g)	8,720.0	8,196.0	8,090.0			
02 - Peso del molde (g)	4,776.0	4,472.0	4,555.0			
03 - Peso suelo humedo (g)	3,944.0	3,726.0	3,535.0			
04 - Volumen de molde, cm³	2,107.890	2,107.890	2,107.890			
05 - Densidad suelo humedo (g/cm³)	1.871	1.768	1.677			
06 - Tarro N°	0.0	0.0	0.0			
07 - Peso suelo humedo + tarro (g)	585.0	658.0	765.0			
08 - Peso suelo seco + tarro (g)	533.0	600.0	692.0			
09 - Peso del agua (g)	52.0	58.0	73.0			
10 - Peso del tarro (g)	85.0	80.0	60.0			
11 - Peso suelo seco (g)	458.0	520.0	632.0			
12 - Contenido de humedad (%)	11.1	11.2	11.6			
13 - Densidad del suelo seco (g/cm³)	1.684	1.590	1.503			
Expansión, %						
Absorción						
Numero de molde	1	2	3			
01 - Peso suelo humedo antes (g)	3,944.0	3,726.0	3,535.0			
02 - Peso suelo embebido + molde (g)	8,950.7	8,446.1	8,362.5			
03 - Peso del molde (g)	4,776.0	4,472.0	4,555.0			
04 - Peso suelo embebido (g)	4,174.7	3,974.1	3,807.5			
05 - Peso del agua absorbida (g)	230.7	248.1	272.5			
06 - Peso del suelo seco (g)	3,549.6	3,352.1	3,169.0			
07 - Absorción de agua (%)	6.5	7.4	8.6			
Penetración						
Factor Anillo: Carga [kgf.] = Lectura Dial * 4.2491345 + 27.92018						
Molde	1 [56 Golpes]		2 [25 Golpes]		3 [12 Golpes]	
PEN. (mm)	Lec. Dial	Carga [Kgf.]	Lec. Dial	Carga [Kgf.]	Lec. Dial	Carga [Kgf.]
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.63	38.0	189.4	18.0	104.4	8.0	61.9
1.3	45.0	219.1	25.0	134.1	12.0	78.9
1.9	66.0	308.4	35.0	176.6	15.0	91.7
2.5	88.0	401.84	40.0	197.89	20.0	112.90
3.2	100.0	452.8	65.0	304.1	50.0	240.4
3.8	132.0	588.8	95.0	431.6	65.0	304.1
5.08	144.0	639.8	133.0	593.1	95.0	431.6
7.6	189.0	831.0	156.0	690.8	110.0	495.3
10.16	210.0	920.2	160.0	733.3	125.0	559.1
12.7	230.0	1005.2	178.0	784.3	142.0	631.3
Carga [%]	401.84 kgf. [29.5%]		197.89 kgf. [14.5%]		112.9 kgf. [8.3%]	

www.usanpedro.edu.pe

Ciudad Universitaria - Urb. Los Pinos Mz. B s/n - Chimbote
Telf. (043) 483212 - Celular: 990562762
Email: lmsyem@usanpedro.edu.pe



**UNIVERSIDAD
SAN PEDRO**

PROGRAMA DE ESTUDIOS
DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE MECÁNICA DE
SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

RELACIÓN DE SOPORTE - CBR-EXPERIMENTAL-8%
NORMA ASTM D- 1883

SOLICITA : RIVERA CAMONES MICHEL JUNIOR
TESIS : ADICIÓN DE CAL PARA MEJORAR EL SOPORTE(CBR) DE LA SUBRASANTE
DEL JR RICARDO PALMA- RATAQUENUA, HUAFRAZ 2023
MATERIAL : C-2
FECHA : 10-08-2023

UNIVERSIDAD SAN PEDRO
CHIMBOTE

Ing. Miguel Solar Jara
DIRECTOR
Servicio Profesional de Ingeniería Civil

Características	1	2	3
Numero de Molde	5	5	5
Numero de Capas	56	25	12
Numero de Golpe	27.7	12.2	6.1
Energía Compactación [kg-cm]/cm³			
Densidad Seca [CBR]	9,065.8	7,920.0	8,658.5
01 - Peso suelo humedo + molde (g)	4,865.0	4,130.0	4,800.0
02 - Peso del molde (g)	4,200.8	3,790.0	3,856.5
03 - Peso suelo humedo (g)	2,175.520	2,086.080	2,216.040
04 - Volumen de molde, cm³	1,931	1,817	1,740
05 - Densidad suelo humedo (g/cm³)	0.0	0.0	0.0
06 - Tarro N°	284.4	373.9	482.1
07 - Peso suelo humedo + tarro (g)	260.9	338.0	450.4
08 - Peso suelo seco + tarro (g)	23.5	35.9	31.7
09 - Peso del agua (g)	69.2	65.0	208.1
10 - Peso del tarro (g)	191.7	273.0	242.3
11 - Peso suelo seco (g)	12.3	13.2	13.1
12 - Contenido de humedad (%)	1.720	1.606	1.539
13 - Densidad del suelo seco (g/cm³)			
Saturación	Fecha	Hora	Lec. Dial
Embebido		5.00PM	10.52
Dia 01		5.00PM	10.20
Dia 02		5.00PM	10.28
Dia 03		5.00PM	10.62
Dia 04			0.1
Expansión, %			
Absorción			
Numero de molde	4,200.8	3,790.0	3,856.5
01 - Peso suelo humedo antes (g)	9,335.2	8,208.1	8,970.3
02 - Peso suelo embebido + molde (g)	4,865.0	4,130.0	4,800.0
03 - Peso del molde (g)	4,470.2	4,078.1	4,170.3
04 - Peso suelo embebido (g)	269.4	288.1	313.8
05 - Peso del agua absorbida (g)	3,742.1	3,349.5	3,410.3
06 - Peso del suelo seco (g)	7.2	8.6	9.2
07 - Absorción de agua (%)			
Penetración			
Factor Anillo: Carga [kgf.] = Lectura Dial*4.2481345+27.92018			
Molde	1 [56 Golpes]	2 [25 Golpes]	3 [12 Golpes]
PEN (mm)	Lec. Dial	Carga [Kgf.]	Lec. Dial
0.0	0.0	0.0	0.0
0.63	3.0	40.7	3.0
1.3	7.0	57.7	5.0
1.9	46.0	223.4	20.0
2.5	100.0	452.83	55.0
3.2	202.0	886.2	75.0
3.8	305.0	1323.9	105.0
5.08	405.0	1748.8	128.0
7.6	480.0	2067.5	145.0
10.18	560.0	2407.4	163.0
12.7	600.0	2577.4	181.0
Carga [%]	452.83 kgf. [33.3%]	282.87 kgf. [20.8%]	176.64 kgf. [13%]

www.usanpedro.edu.pe

Ciudad Universitaria - Urb. Los Pinos Mz. B s/n - Chimbote
Telf. (043) 483212 - Celular. 990562762
Email: lmsyem@usanpedro.edu.pe



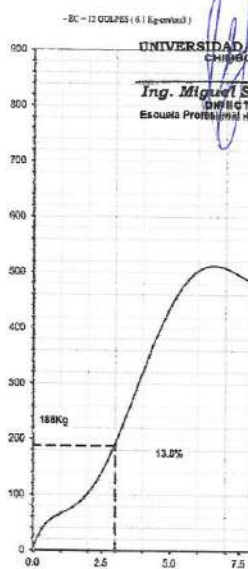
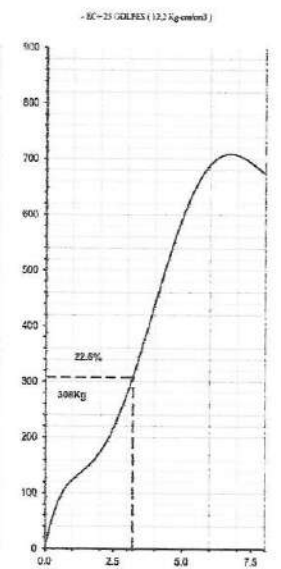
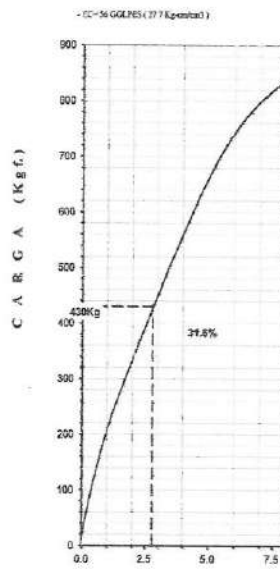
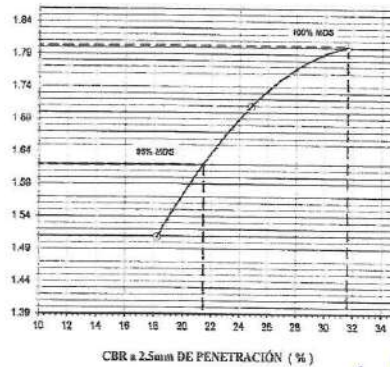
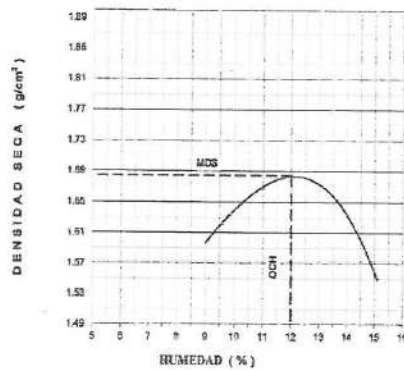
UNIVERSIDAD
SAN PEDRO

PROGRAMA DE ESTUDIOS
DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE MECÁNICA DE
SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

RELACIÓN DE SOPORTE - CBR [ASTM D-1883]-EXPERIMENTAL 5%

SOLICITA	RIVERA CAMARGO MICHEL JUNIOR	MÉTODO DE COMPACTACIÓN (ASTM D-1557)	B
TESIS	ADICIÓN DE GEL PARA MEJORAR EL SOPORTE DE LA	MÁXIMA DENSIDAD SECA (g/cm ³)	1.684
SUBVASTANTE	GELUR RICHARD PALMA-RA TAQUENIA, HUARAZ 2023	ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	12.0
MATERIAL	TERRENO NATURAL C-2	CBR AL 100% DE LA M.D.S. (%)	31.6
		CBR AL 95% DE LA M.D.S. (%)	21.5
	FECHA: 10-Ago-2023	SUCS	LL: ~, SP: ~, G _h : ~
		ASHTO	EMBEZADO: 4.6mm EXPANSION:
		ABSORCIÓN	8.5% HUMEDAD DE PENETRACIÓN: 18.5%



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
CHIMBOTE
Ing. Miguel Solar Jara
Ingeniero
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

www.usanpedro.edu.pe

Ciudad Universitaria - Urb. Los Pinos Mz. B s/n - Chimbote
Telf. (043) 483212 - Celular. 990562762
Email: lmsyem@usanpedro.edu.pe



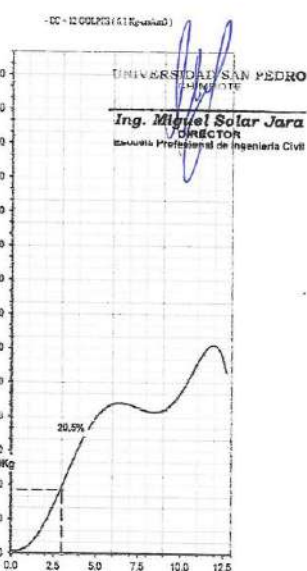
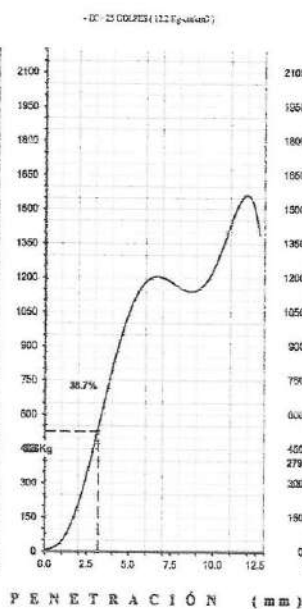
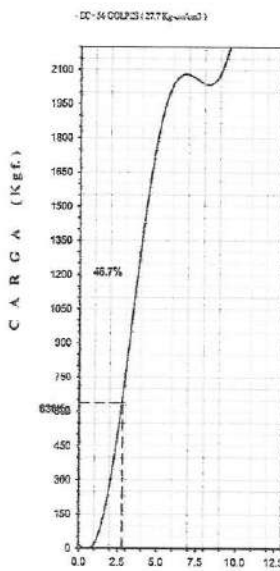
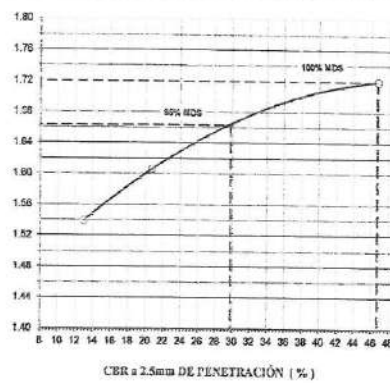
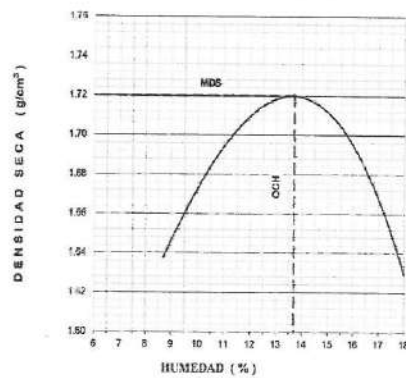
UNIVERSIDAD
SAN PEDRO

PROGRAMA DE ESTUDIOS
DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE MECÁNICA DE
SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

RELACIÓN DE SOPORTE - CBR [ASTM D-1883]-EXPERIMENTAL-8%

SOLICITA	RIVERA CAMORES MICHEL JUNIOR	MÉTODO DE COMPACTACIÓN (ASTM D-1557)	B
TESIS	ADICIÓN DE CAL PARA MEJORAR EL SOPORTE CBR DE LA	MÁXIMA DENSIDAD SECA (g/cm ³)	1.720
SUBSISTANTE DEL DR RICARDO PALMA-BAQUERÍA, HUARAZ 2023		ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	13.7
		CBR AL 100% DE LA M.D.S. (%)	48.7
MATERIAL	TERRENO NATURAL C-2	CBR AL 99% DE LA M.D.S. (%)	28.8
		EMBEZGO : 4 (mm)	EXPANSIÓN : 0.1 %
	FECHA : 10-Ago-2023	ABSORCIÓN : 7.2 %	HUMEDAD DE PENETRACIÓN : 20.9 %



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
Ing. Miguel Solar Jara
Ingeniero Profesional de Ingeniería Civil

www.usanpedro.edu.pe

Ciudad Universitaria - Urb. Los Pinos Mz. B s/n - Chimbote
Telf. (043) 483212 - Celular. 990562762
Email: lmsyem@usanpedro.edu.pe

REPOSITORIO INSTITUCIONAL DIGITAL

FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN PARA LA PUBLICACIÓN DE DOCUMENTOS DE INVESTIGACIÓN

1. Información del Autor			
Rivera Camones Michel Junior		47377152	mcamones60@gmail.com
Apellidos y Nombres		DNI	Correo Electrónico
2. Tipo de Documento de Investigación			
☒	Tesis	☐ Trabajo de Suficiencia Profesional	☐ Trabajo Académico
☐ Trabajo de Investigación			
3. Grado Académico o Título Profesional ¹			
☐ Bachiller	☒ Título Profesional	☐ Título Segunda Especialidad	☐ Maestría
☐ Doctorado			
4. Título del Documento de Investigación			
"Adición de cal agrícola para mejorar el soporte (cbr) de la sub-rasante del Jr. Ricardo Palma a Rataquenua - Huaraz-2023"			
5. Programa Académico			
Ingeniería Civil			
6. Tipo de Acceso al Documento			
☒	Abierto o Público ³ (info:eu-repo/semantics/openAccess)		☐ Acceso restringido ⁴ (info:eu-repo/semantics/restrictedAccess) (*)
☐	Embargo (Máximo 24 meses) (info:eu-repo/semantics/embargoedAccess)		Fecha de Liberación de embargo: ____ / ____ / ____ (Formato: día / mes / año)
(*) En caso de restringido y embargo sustentar motivo			

A. Originalidad del Archivo Digital

Por el presente dejo constancia que el archivo digital que entrego a la Universidad, es la versión final del trabajo de investigación sustentado y aprobado por el Jurado Evaluador y forma parte del proceso que conduce a obtener el grado académico o título profesional.

B. Otorgamiento de una licencia CREATIVE COMMONS ⁵

El autor, por medio de este documento, autoriza a la Universidad, publicar su trabajo de investigación en formato digital en el Repositorio Institucional Digital, al cual se podrá acceder, preservar y difundir de forma libre y gratuita, de manera íntegra a todo el documento. ⁶



Huella Digital



Firma

Ciudad	Día	Mes	Año
Huaraz	05	12	2025

Importante

- Según Resolución de Consejo Directivo N° 033-2016-SUNEDU-CD, Reglamento del Registro Nacional de Trabajos de Investigación para optar Grados Académicos y Títulos Profesionales, Art. 8, inciso 8.2.
- Ley N° 30035, Ley que regula el Repositorio Nacional Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto y D.S. 006 -2015-PCM.
- Si el autor eligió el tipo de acceso abierto o público, otorga a la Universidad San Pedro una licencia no exclusiva, para que se pueda hacer arreglos de forma en la obra y difundir en el Repositorio Institucional Digital. Respetando siempre los Derechos de Autor y Propiedad Intelectual de acuerdo y en el Marco de la Ley 822.
- En caso de que el autor elija la segunda opción, únicamente se publicará los datos del autor y resumen de la obra, de acuerdo a la directiva N° 004-2016-CONCYTEC-DEGC (Números 5.2 y 6.7) que norma el funcionamiento del Repositorio Nacional Digital
- Las licencias Creative Commons (CC) es una organización internacional sin fines de lucro que pone a disposición de los autores un conjunto de licencias flexibles y de herramientas tecnológicas que facilitan la difusión de información, recursos educativos, obras artísticas y científicas, entre otros. Estas licencias también garantizan que el autor obtenga el crédito por su obra.
- Según el inciso 12.2, del artículo 12° del Reglamento del Registro Nacional de Trabajos de Investigación para optar grados académicos y títulos profesionales-RENATI "Las universidades, instituciones y escuelas de educación superior tienen como obligación registrar todos los trabajos de investigación y proyectos, incluyendo los metadatos en sus repositorios institucionales precisando si son de acceso abierto o restringido, los cuales serán posteriormente recolectados por el Repositorio Digital RENATI, a través del Repositorio ALICIA".

Nota. - En caso de falsedad en los datos, se procederá de acuerdo a ley (Ley 27444, art. 32, núm. 32.3).

Adición de cal agrícola para mejorar el soporte (cbr) de la sub-rasante del Jr. Ricardo Palma a Rataquenua - Huaraz-2023

INFORME DE ORIGINALIDAD

25%

INDICE DE SIMILITUD

24%

FUENTES DE INTERNET

%

PUBLICACIONES

9%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

repositorio.ucv.edu.pe

Fuente de Internet

8%

2

hdl.handle.net

Fuente de Internet

7%

3

Submitted to Universidad Ricardo Palma

Trabajo del estudiante

1%

4

pdffox.com

Fuente de Internet

1%

5

Submitted to Universidad Cesar Vallejo

Trabajo del estudiante

1%

6

www.coursehero.com

Fuente de Internet

<1%

7

es.slideshare.net

Fuente de Internet

<1%

8

repositorio.unap.edu.pe

Fuente de Internet

<1%

9

pirhua.udep.edu.pe

Fuente de Internet

<1%

10

repositorio.udh.edu.pe

Fuente de Internet

<1%

11

repositorio.usanpedro.edu.pe

Fuente de Internet

<1%

12

www.bioedafologia.com

Fuente de Internet

<1%

13

repositorio.upn.edu.pe

Fuente de Internet

<1%

14

www.slideshare.net

Fuente de Internet

<1%

Submitted to uncedu

15	Trabajo del estudiante	<1 %
16	Submitted to Universidad Andina del Cusco Trabajo del estudiante	<1 %
17	Submitted to Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez Trabajo del estudiante	<1 %
18	Submitted to Pontificia Universidad Catolica del Ecuador - PUCE Trabajo del estudiante	<1 %
19	www.whynegativeion.com Fuente de Internet	<1 %
20	1library.co Fuente de Internet	<1 %
21	Submitted to Universidad Senor de Sipan Trabajo del estudiante	<1 %
22	alicia.concytec.gob.pe Fuente de Internet	<1 %
23	repositorio.usmp.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
24	Submitted to Universidad Nacional Autonoma de Chota Trabajo del estudiante	<1 %
25	documents.mx Fuente de Internet	<1 %
26	Submitted to Universidad Alas Peruanas Trabajo del estudiante	<1 %
27	repositorio.utea.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
28	Submitted to Universidad San Francisco de Quito Trabajo del estudiante	<1 %
29	repositorio.unsaac.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
30	patents.google.com Fuente de Internet	<1 %
31	repositorio.ug.edu.ec Fuente de Internet	<1 %

<1 %

32 repositorio.urp.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

33 core.ac.uk

Fuente de Internet

<1 %

34 repositorio.uprit.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

35 Submitted to Universidad Peruana Del Centro

Trabajo del estudiante

<1 %

36 Submitted to Universidad Católica Boliviana
"San Pablo"

Trabajo del estudiante

<1 %

37 Submitted to Universidad Nacional del
Chimborazo

Trabajo del estudiante

<1 %

38 programacalac.com

Fuente de Internet

<1 %

39 repository.ucatolica.edu.co

Fuente de Internet

<1 %

40 Submitted to Universidad Catolica Los
Angeles de Chimbote

Trabajo del estudiante

<1 %

41 jalayo.blogspot.com

Fuente de Internet

<1 %

42 repositorio.unesum.edu.ec

Fuente de Internet

<1 %

43 fdocuments.es

Fuente de Internet

<1 %

44 repositorio.uladech.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

45 cybertesis.uni.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

46 docplayer.es

Fuente de Internet

<1 %

47 livrosdeamor.com.br

Fuente de Internet

<1 %

48	pt.slideshare.net Fuente de Internet	<1 %
49	redepapa.org Fuente de Internet	<1 %
50	repositorio.uandina.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
51	repositorio.ucp.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
52	repository.unad.edu.co Fuente de Internet	<1 %
53	Submitted to unsaac Trabajo del estudiante	<1 %
54	www.preinvestigo.biblioteca.uvigo.es Fuente de Internet	<1 %
55	www.redalyc.org Fuente de Internet	<1 %
56	espndeportes.espn.com Fuente de Internet	<1 %
57	repositorio.iestpffaa.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
58	repositorio.ucsp.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
59	repositorio.umsa.bo Fuente de Internet	<1 %
60	www.aaep.org.ar Fuente de Internet	<1 %
61	www.bjinforma.com Fuente de Internet	<1 %
62	bitafal.com.uy Fuente de Internet	<1 %
63	infoleg.mecon.gov.ar Fuente de Internet	<1 %
64	renati.sunedu.gob.pe Fuente de Internet	<1 %
65	repositorio.continental.edu.pe Fuente de Internet	<1 %

66	repositorio.unica.edu.pe	<1 %
Fuente de Internet		

67	repositorio.uss.edu.pe	<1 %
Fuente de Internet		

68	revistas.uis.edu.co	<1 %
Fuente de Internet		

69	www.acerosarequipa.com	<1 %
Fuente de Internet		

70	www.jove.com	<1 %
Fuente de Internet		

71	www.repositorio.usac.edu.gt	<1 %
Fuente de Internet		

72	www.sepln.org	<1 %
Fuente de Internet		

Excluir citas

Apagado

Excluir coincidencias < 6 words

Excluir bibliografía

Activo