



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**ESTABILIZACIÓN DE SUELOS CON CENIZAS DE CARBÓN
MINERAL CON FINES DE PAVIMENTACIÓN EN EL CENTRO
POBLADO DE CASCAJAL IZQUIERDO, PROVINCIA DE SANTA –
ANCASH - 2018**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL

AUTORES:

JOSE ISAAC CABRERA NOLE

JERY NICOLÁS PAREDES MINAYA

ASESOR:

Mgr. CARLOS SANTOS MANTILLA JACOBO

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

DISEÑO DE INFRAESTRUCTURA VIAL

CHIMBOTE - PERÚ

2018

El Jurado encargado de evaluar la tesis presentada por don(a) CABRERA NOLE, JOSE ISAAC y PAREDES MINAYA, JERY NICOLAS cuyo título es: ESTABILIZACION DE SUELOS CON CENIZAS DE CARBON MINERAL CON FINES DE PAVIMENTACION EN EL CENTRO POBLADO DE CASCAJAL IZQUIERDO, PROVINCIA SANTA - ANCASH - 2018.

Reunido en la fecha, escuchó la sustentación y la resolución de preguntas por el/los estudiante(s), otorgándole(s) el calificativo de: 15.....(número) QUINCE.....(letras).

Chimbote, 12 de diciembre de 2018



.....
Dr. CERNA CHAVEZ RIGOBERTO
PRESIDENTE



.....
Ing. MANTILLA JACOBO CARLOS SANTOS
SECRETARIO



.....
Mgr. DÍAZ GARCÍA GONZALO HUGO
VOCAL

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Representante de la Dirección / Vicerrectorado de Investigación y Calidad	Aprobó	Rectorado
---------	----------------------------	--------	---	--------	-----------

DEDICATORIA

El presente trabajo se lo dedicamos principalmente a Dios, por ser el inspirador y darnos fuerza para continuar en este proceso de obtener uno de los anhelos más deseados en nuestra vida. A nuestros padres, por su amor, trabajo y sacrificio en todos estos años, gracias a ustedes hemos logrado llegar hasta aquí

A nuestros hermanas (os) por estar siempre presentes, acompañándonos y por el apoyo moral, que nos brindaron a lo largo de esta etapa de nuestras vidas.

A todas las personas que nos han apoyado y han hecho que el trabajo se realice con éxito en especial a aquellos que nos abrieron las puertas y compartieron sus conocimientos

AGRADECIMIENTO

Agradecemos a Dios por bendecirnos la vida, por guiarnos a lo largo de nuestra existencia, ser el apoyo y fortaleza en aquellos momentos de dificultad y de debilidad.

Gracias a nuestros padres, por ser los principales promotores de nuestros sueños, por confiar y creer en nuestras expectativas, por los consejos, valores y principios que nos han inculcado. Agradecemos a nuestros docentes de la Escuela de Ingeniería Civil de la Universidad Cesar Vallejo, por haber compartido sus conocimientos a lo largo de la preparación de nuestra profesión

Declaratoria de autenticidad

Nosotros, Cabrera Nole José con DNI N° 73421685 y Paredes Minaya Jery con DNI N° 70225753, a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Civil, declaro bajo juramento que toda la documentación que acompaño es veraz y auténtica. Así mismo, declaro también bajo juramento que todos los datos e información que se presenta en la presente tesis son auténticos y veraces. En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas de la Universidad César Vallejo. Nuevo Chimbote, diciembre del 2018



Cabrera Nole José Isaac
DNI: 73421685



Paredes Minaya Jery Nicolás
DNI 70225753

PRESENTACIÓN

Señores miembros del Jurado:

Conforme a las normas establecidas en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo, y en cumplimiento de ella, presentamos el proyecto de investigación titulada:

“Estabilización de suelos con cenizas de carbón mineral con fines de pavimentación en el Centro Poblado de Cascajal Izquierdo, provincia de Santa – Ancash - 2018”, con la finalidad de obtener el Título Profesional de Ingeniero Civil. Además con la finalidad de poder determinar la estabilización de suelos adicionando 4%, 8% y 10% de cenizas de carbón mineral, siguiendo la siguiente estructura: iniciando con la introducción la misma que contiene, la realidad problemática, trabajos previos y las teorías relacionadas al tema, formulación del problema, justificación del estudio, y objetivos; el método que contiene el diseño de investigación, variables y Operacionalización, población y muestra, técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad, métodos de análisis de datos y aspectos éticos; resultados, discusión, conclusiones, recomendaciones y referencias bibliográficas.

Índice

ACTA DE APROBACION DE LA TESIS	ii
DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTO	iv
DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD.....	v
PRESENTACIÓN	vi
RESUMEN.....	ix
ABSTRACT	x
I. INTRODUCCIÓN.....	11
1.1. Realidad Problemática	111
1.2 Trabajos previos	133
1.2.1. Trabajos previos internacionales	133
1.2.2. Trabajos previos nacionales	133
1.3 Teorías relacionadas al tema	144
1.3.1. Suelos.....	144
1.3.1.1. Clasificación de los suelos	144
1.3.1.2. Propiedades de los suelos para su clasificación.....	155
1.3.1.2.1. Granulometría	155
1.3.1.2.2. Plasticidad.....	155
1.3.1.2.2.1. Límite líquido:	166
1.3.1.2.2.2. Límite plástico:	166
1.3.1.2.3. Índice de plasticidad	166
1.3.1.2.4. Contenido de humedad	166
1.3.1.2.5. Capacidad de soporte.....	177
1.3.1.2.6. Próctor modificado.....	177
1.3.1.3. Sistema de Clasificación AASHTO.....	177
1.3.1.4. Sistema Unificado de Clasificación de Suelos	188
1.3.2. Pavimento	20
1.3.2.1. Estructura de un pavimento	20
1.3.3. Cenizas de carbón mineral	211
1.3.3.1. Finura de las cenizas	222
1.3.4. Estabilización de suelos	233
1.3.4.1. Tipos de estabilización de suelos.....	233
1.3.4.1.1. Estabilización mecánica	233

1.3.4.1.2. Estabilización física	244
1.3.4.1.2.1. Estabilización por combinación de suelos.....	244
1.3.4.1.2.2. Estabilización por sustitución.....	244
1.3.4.1.3. Estabilización química de suelos	244
1.4. Formulación del problema	244
1.5 Justificación del estudio.....	255
1.6. Hipótesis.....	266
1.7. Objetivos.....	266
1.7.1. Objetivo General	266
1.7.2. Objetivos Específicos	266
II. MÉTODO	277
2.1. Diseño de investigación	277
2.2. Variables, Operacionalización.....	288
2.3. Población y muestra	299
2.3.1. Población	299
2.3.2. Muestra	299
2.4 Técnicas e instrumento de recolección de DATOS.....	299
2.4.1. Técnicas.....	299
2.4.2. Instrumentos	299
2.4.1 PROCEDIMIENTOS	299
2.4.1. Validación y confiabilidad del instrumento	333
2.5. Análisis de datos	333
2.6. Aspectos éticos	333
III. Resultados	355
IV. DISCUSION.....	433
V. CONCLUSIONES.....	488
VI. RECOMENDACIONES	499
VII. REFERENCIAS	50
ANEXOS.....	533

RESUMEN

Esta tesis lleva como título: “Estabilización de suelos con cenizas de carbón mineral con fines de pavimentación en el Centro Poblado de Cascajal Izquierdo, provincia de Santa – Ancash - 2018”, teniendo como objetivo principal estabilizar el suelo con cenizas de carbón mineral del centro poblado de Cascajal Izquierdo

El diseño de investigación de acuerdo a la técnica de contrastación del proyecto es una investigación no experimental: Correlacional.

La población y la muestra es el área del terreno a tratar en la zona de cascajal izquierdo que es de 28,000m². Los instrumentos que son protocolos estandarizados para recoger los resultados de manera directa y confiable de los siguientes ensayos: MTC E 107- 200(granulometría) ASTM D 422, MTC E1090 - 200 (limite plástico e índice de plasticidad) ASTM D 4318, MTC E115 – 2000 (Próctor modificado) ASTM D 1557, MTC E 132- 2000 (CBR) ASTM D 1883.

Concluyendo que si es posible la estabilización del suelo del centro poblado de Cascajal Izquierdo adicionando cenizas de carbón mineral ya que mediante los ensayos realizados en el laboratorio de mecánica de suelos con las muestras del suelo del tramo de acceso al centro poblado se observa las mejoras de las propiedades del suelo conforme se aumenta la cantidad de cenizas de carbón mineral en 4,8 y 10% de estas.

Palabras Clave: Cenizas de carbón mineral, estabilización de suelos, propiedades del suelo

ABSTRACT

This thesis is titled: "Stabilization of soils with mineral coal ash for paving purposes in the Cascajal Izquierdo Town Center, Santa - Ancash Province - 2018", with the main objective of stabilizing the ground with coal ash from the center town of Cascajal Izquierdo

The research design according to the contrasting technique of the project is a non-experimental research: Correlational.

The population and the sample is the area of the land to be treated in the area of left gravel that is 28,000m². The instruments that are standardized protocols to collect the results directly and reliably from the following tests: MTC E 107-200 (granulometry) ASTM D 422, MTC E1090-200 (plastic limit and plasticity index) ASTM D 4318, MTC E115 - 2000 (Proctor modified) ASTM D 1557, MTC E 132-2000 (CBR) ASTM D 1883.

Concluding that if possible the stabilization of the soil of the town center of Cascajal Izquierdo adding ashes of mineral coal since I through the tests carried out in the laboratory of soil mechanics with the soil samples of the access section to the populated center we can see the improvements of the properties of the soil as the amount of coal ash increases in 4.8 and 10% of these.

Palabras Clave: Carbon mineral ash, soil stabilization, soil properties

I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad Problemática

A nivel mundial

Aproximadamente el 80% de vías a nivel mundial no se encuentran pavimentadas y en su mayoría manejan bajos volúmenes de tránsito. Aproximadamente el 20% de los pavimentos tienden a sufrir muchos deterioros a corto plazo, muchas de estas fallas suelen ser grietas, baches, huecos, etc., las cuales son perjudiciales y afecta directamente al tiempo de vida estimado del pavimento. En gran parte de nuestro continente estas fallas son mucho más evidentes ya que no se sigue con un correcto proceso constructivo, y más aún en las zonas donde encontramos suelos arcillosos (Morales, 2015, p.19).

Uno de los países que más cenizas de carbón mineral produce, es China, en segundo lugar se encuentra Rusia y el tercer puesto lo ocupa E.E.U.U. La producción de cenizas producto de la combustión del carbón mineral en E.E.U.U y Europa se estima en 88 y 55 millones de toneladas por año respectivamente, representando una gran cantidad de material al que no se le da un uso adecuado ya que en muchos de estos países es desechado al medio ambiente (CALDAS, Fernando 2011 p. 26).

A nivel nacional

En el Perú en los últimos años ha ido en aumento la utilización del carbón mineral en distintas industrias, como por ejemplo: las centrales termoeléctricas, ladrilleras entre otros, con lo cual se produce una gran cantidad de cenizas de este material, las cuales se consideran como desperdicios y son desechadas en el medio ambiente, aumentando la contaminación ambiental. Se sabe que en departamentos como La Libertad, Cajamarca, Ayacucho, Lima, Tacna, Arequipa, Cusco; en los últimos años están utilizando el carbón mineral para la cocción de los ladrillos, debido al alto poder calorífico y por su precio, en comparación con otros combustibles; resultando una gran cantidad de cenizas (Zacarías, 2010, p.40).

Por otro lado los distintos tipos de estabilización establecidos por el ministerio de transporte y comunicaciones (MTC) suelen resultar muy costos, por ello

que la mayoría de proyectos en donde encontramos suelos no aptos para la construcción de un pavimento no llegas a ejecutarse (MTC2014, 2016, p. 20).

A nivel regional

En nuestra región hay 482.57 km pavimentados el cual representa el 40% de la red vial departamental (RVD), por otro lado la mayoría de las carreteras que se encuentran en zonas donde se encuentran materiales como arcillas y limos son precisamente las que no están pavimentadas por el elevado costo que presenta estabilizar este suelo, esto se debe a que es necesario contar con componentes químicos tales como la cal, el cemento entre otros, y/o materiales de préstamo que puedan mejorar las propiedades del suelo. Los suelos con alto índice de plasticidad (arcillosos y limos), son los que más están expuestos a sufrir fallas en su estructura (Zacarías, 2010, p.40).

A nivel local

El centro poblado de Cascajal Izquierdo perteneciente a la provincia de santa, se encuentran ladrilleras las cuales cuentan con una gran cantidad de hornos para la cocción del ladrillo de construcción, para lo cual se requiere de materia prima el carbón mineral para la cocción de ladrillo. Al terminar la cocción del carbón mineral, esto produce cenizas, las cuales quedan como desperdicio, y estos son transportados a un botadero, el cual perjudica el medio ambiente y también a la población, causando enfermedades respiratorias. El estado de la infraestructura vial en el centro poblado de Cascajal Izquierdo no se encuentra en buen estado debido la transitabilidad de vehículos pesados lo que ocasiona ondulaciones en la superficie de rodadura. Otro inconveniente que tienen en el caserío de Cascajal Izquierdo es que no se cuenta con el presupuesto necesario para la ejecución de un proyecto vial, ya que el suelo no es apto para la construcción de un pavimento, además que los tipos de estabilización recomendados por el MTC son muy costosos.

Por otro lado el material particulado que ocasionan los vehículos al transitar por esta vía, hace que los pobladores inhalen esas partículas de desechos que están en el aire, como las cenizas de carbón mineral que son arrojados por los hornos de ladrillos que se encuentran cerca al lugar, entre otras

partículas; esto puede ocasionar diferentes tipos de enfermedades respiratorias.

1.2 Trabajos previos

1.2.1. Trabajos previos internacionales

Cañar, E (2017) en su tesis “Análisis comparativo de la resistencia al corte y estabilización de suelos arenosos finos y arcillosos combinadas con ceniza de carbón, tuvo como objetivo: Evaluar los Resultados de Resistencia al Corte entre los suelos arenosos finos y arcillosos, y el comportamiento mecánico de las estabilizaciones de los suelos arenosos finos y arcillosos con cenizas de carbón, con el fin de determinar las mejores condiciones para su uso. Empleo una metodología descriptiva. Llegando a concluir: La adición de las cenizas de carbón influye favorablemente en suelos expansivos como es el caso de la arcilla, formando una masa compacta y aumentando el grado de compactación y por lo tanto mejora su CBR y la resistencia al corte”.

Morales, D (2015) en su tesis “Valoración de las cenizas de carbón para la estabilización de suelos mediante activación alcalina y su uso en vías no pavimentadas. Tuvo como objetivo: Evaluar el efecto del método de curado en el comportamiento mecánico de mezclas de suelo adicionadas con ceniza de carbón y activadas alcalinamente; con el fin de determinar las mejores condiciones para su uso en vías no pavimentadas. De lo cual pudo concluir: La Arenilla no obtuvo resultados satisfactorios al ser combinada con CC en ninguna condición, pero si obtuvo mejores resultados al utilizarse Coltejer y los mejores resultados se dieron cuando se usó una temperatura entre 40°C y 50°C en las dos condiciones de humedad, llegando al orden de 350 kPa, siendo un resultado muy satisfactorio para un ensayo UCS en un suelo arenoso ya que las propiedades fueron favorecidas en 600%, lo que afirma la presencia de material cementante por efecto de la reacción hidróxido de sodio (3.5M) – ceniza”.

1.2.2. Trabajos previos nacionales

Cubas y Chávez (2016) en su tesis “Evaluación de las cenizas de carbón para la estabilización de suelos mediante activación alcalina y aplicación en carreteras no pavimentadas. Tuvo como objetivo: Evaluar la aplicación de

las cenizas de carbón (vegetal) para estabilizar suelos mediante activación alcalina en carreteras no pavimentadas. El enfoque de la investigación fue cuantitativo. Cuasi experimental. Llegando a concluir: Las cenizas de carbón muestra 2 (CC-M2) son las que mejor reacción obtienen al tratamiento de suelos arenosos y arcillosos por el alto contenido de óxido de silicio (CaO) que están asociados a la producción de cerámicos que poseen porcentajes de formas cementantes y favorecen a la estabilización”.

Pérez, R (2012) en su tesis “Estabilización de suelos arcillosos con cenizas de carbón para su uso como sub rasante mejorada y/o sub base de pavimentos. Tuvo como objetivo: Evaluar el comportamiento de un suelo arcilloso con la adición de ceniza volante y cemento en diferentes concentraciones. Llegando a concluir: Las arcillas en combinación con cenizas volantes y cemento en un 3%, da buenos resultados mejorando la resistencia del suelo arcilloso desde 7.7% hasta 51% de CBR al 100% de la MDS del Próctor Modificado y obteniéndose menores costos en su construcción”.

1.3 Teorías relacionadas al tema

1.3.1. Suelos

El suelo es un material formado en su mayoría, por partículas de roca y minerales derivados de estas, sin material cementante, pero a su vez compuesto con un porcentaje menor en comparación con las rocas y minerales de elementos como el aire, el agua y la materia orgánica (Morales, 2015, p.21).

1.3.1.1. Clasificación de los suelos

Para una correcta clasificación de los suelos es necesario realizar ensayos básicos los cuales dependen de sus propiedades, los cuales son: granulometría y los límites de Atterberg.

Para poder obtener la mayoría de las características de los suelos se deben realizar otros tipos de ensayos para llamados ensayos complementarios los cuales por su parte, estos ensayos permiten conocer las características relativas al estado natural del suelo las cuales son: densidad natural, contenido de materia orgánica y de ciertas sales y

humedad (este estado es susceptible de ser alterado por el proceso constructivo). Finalmente estos ensayos complementarios permiten conocer e indicar las propiedades que el suelo analizado puede obtener tras haber realizado algún tipo de tratamiento o estabilización (Morales, 2015, p.27).

1.3.1.2. Propiedades de los suelos para su clasificación

1.3.1.2.1. Granulometría

La granulometría es una de las propiedades más importantes de un suelo y es además la más representativa de un suelo, hasta el punto de que en un lenguaje poco técnico distingue los suelos según los distintos tamaños de las fracciones del suelo que son: grava, arena, arcilla, limo, etc. Además el tipo de ensayo para determinar la granulometría, determina de manera cuantitativa la distribución de los distintos tamaños de las partículas que se encuentran en los suelos (Morales, 2015, p.27).

Tamices que se utilizan para el análisis granulométrico

Tabla 1: Tamices según la Norma Astm

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

Fuente: (Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 2016)

1.3.1.2.2. Plasticidad

“La plasticidad es una propiedad del suelo, que le permite ser moldeado sin fractura. Por moldeado se entiende un cambio brusco en el suelo, de manera inducida, hace que este cambio se convierta en fijo. Esto se debe a las propiedades de los minerales que componen los suelos finos (las arcillas); en esencia, la plasticidad se da porque los minerales y el agua que presenta (agua absorbida) están cargados eléctricamente y estas cargas

permiten que la estructura se conserve con mayores alteraciones. El estado de plasticidad del suelo está en función a la presencia de la humedad y de las propiedades de sus componentes” (Morales, 2015, p.28).

Para poder conocer la cuantificación de la plasticidad es necesario realizar los límites de Atterberg

1.3.1.2.2.1. Límite líquido:

“Se le llama al contenido de humedad, este se expresa en porcentaje, en donde el suelo se encuentra entre dos estados: líquido y plástico” (Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 2016, p.31).

1.3.1.2.2.2. Límite plástico:

“Se le llama al contenido de humedad, este se expresa en porcentaje, en donde el suelo se encuentra entre dos estados: plástico y semisólido” (Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 2016, p.31).

1.3.1.2.3. Índice de plasticidad

Esta propiedad se refiere al contenido de humedad en donde se da a notar como un suelo se comporta de manera plástica. Expresado en números es la resta entre los límites mencionados anteriormente: limite líquido y limite plástico (Morales, 2015, p.22).

1.3.1.2.4. Contenido de humedad

Es la relación que se da entre el volumen del agua que se encuentra dentro de una fracción de suelo en su estado natural y el peso de la misma fracción luego de haberla secado en un horno a una temperatura promedio de 115 y 110 grados centígrados (Morales,2015, p.23).

El comportamiento y la resistencia de los suelos están influenciados por la cantidad de agua que contengan en su interior ya que esta característica influye directamente al cambio de volumen y a la estabilidad mecánica, esta propiedad se representa en porcentaje que va de 0% cuando el suelo no contiene humedad a un valor máximo aproximadamente al 100% (Morales, 2015, p.24).

1.3.1.2.5. Capacidad de soporte

La capacidad de soporte es la resistencia que tiene el suelo frente a las deformaciones sufridas por la presencia de cargas generadas por el tráfico. Además los factores que interviene en el CBR de los suelos como la resistencia al esfuerzo cortante, este factor está relacionado con la densidad alcanzada y su humedad, los suelos saturados poseen baja capacidad de soporte en comparación a suelos no saturados, debido a la relación que a mayor humedad menor capacidad de soporte. En otras palabras el CBR se usa para evaluar la resistencia potencial del suelo ya sea a nivel de sub rasante como de otras capas (Morales, 2015, p.25).

Para poder reconocer la capacidad de soporte se necesita realizar ensayos, para carretera se puede proceder con un ensayo sencillo como el CBR, este ensayo simula la aplicación de cargas y sus deformaciones en forma de dar una opinión imaginaria a lo que el suelo podría ser utilizado para los diferentes fines constructivos (Morales, 2015, p.25).

1.3.1.2.6. Próctor modificado

Este tipo de ensayo se realiza para determinar las relaciones entre el contenido de agua y el peso unitario de los suelos, a través de una energía modificada. Además para lograr la estabilidad volumétrica, siendo un tratamiento eficaz y económico para mejorar los suelos y otros materiales para que resistan las solicitantes indicadas con deformaciones permanentes admisibles, logrando como objetivo que los materiales que forman la infraestructura no experimenten asientos irregulares por las solicitantes mencionadas. La compactación logra una disminución de los huecos del suelo ocupados por el aire (Morales, 2015, p.25).

1.3.1.3. Sistema de Clasificación AASHTO

Se creó en el año 1929 con el nombre de Public Roas Administration Classification (Sistema de Clasificación de la Oficina de Caminos Públicos). Para este sistema de clasificación, los suelos son clasificados en 7 grandes grupos : Desde A-1 hasta A-7, en el cual los que se encuentran establecidos en los grupos A-1, A-2, A-3 son materiales granulares ya que un porcentaje

de 35% hasta menos de las partículas llegan a pasar por una malla N° 200. Los suelos que sobrepasan los 35% son pasados por la malla N° 200 son organizados en los grupos A-4, A-5, A-6, A-7. La mayor parte están conformados por materiales tipo limo y arcilla (Das, 2008, p.35).

Criterios de clasificación

Tamaño de grano

Grava: Se denomina grava al porcentaje que pasa la malla de 75 mm y es detenida en la No. 10 (2mm) de Estados Unidos“(Das, 2008, p.35).

Arena: Se denomina arena al porcentaje que pasa la malla No. 10 (2mm) y es detenida en la malla No 200 (0.075 mm) U.S“(Das, 2008, p.35).

Limo y arcilla: Se denomina arcilla al porcentaje de suelo que supera la malla No. 200“(Dass, 2008, p.35).

La terminología limoso se adapta cuando encontramos un $IP \leq$ de 10 en las fracciones finas de un suelo. Caso contrario al término arcilla, que se denomina cuando encontramos fracciones de finos, los cuales poseen un IP mayor igual de 11. En el caso de encontrarse cantos rodados y boleos estos serán separados de la cantidad total del porcentaje obtenido de suelo que se está agrupando. Por lo tanto la cantidad del material de cantos rodados y boleos se tiene que registrar (Dass, 2008, p.37).

1.3.1.4. Sistema Unificado de Clasificación de Suelos

Inicialmente este tipo de sistema de clasificación fue elaborado por Casagrande en el año 1942, para su utilización en el área de construcción de proyecto de aeropuertos, inicial por el cuerpo de Ingenieros pertenecientes al ejército cuando se daba inicio a la Segunda Guerra Mundial. Hoy por hoy, los ingenieros se basan en este tipo de clasificación, ya que este sistema separa a los suelos en dos grandes categorías (Dass, 2008, p.39).

Suelos que de grano grueso los cuales son identificados como tipo grava y arenosa que contengan 50% menos después de haber pasado por la malla N°200. Los símbolos para identificar a este grupo de suelos comienzan con un

prefijo G o S. El prefijo G que nos indicaría que se está hablando de grava o suelo gravoso y el prefijo S que nos indicaría que se está hablando de arena o suelo arenoso (Dass, 2008, p.39).

Suelos que de grano fino que contengan un 50% o superen este porcentaje sobrepasando por el tamiz N°200. En este grupo los símbolos empiezan con el prefijo M, el cual nos indica que se trata de limo inorgánico, el prefijo se el cual nos indica que se trata de arcilla inorgánica u O el cual se utiliza para los limos y arcillas orgánicos, finalmente el prefijo Pt el cual se utiliza para nombrar a las turbas, lodos y otros suelos que son altamente orgánicos (Dass, 2008, p.39).

Otros símbolos utilizados por este sistema de clasificación son: prefijo W que es utilizado para nombrar a suelos bien graduados, prefijo P para suelos mal graduado, prefijo L para suelos de baja plasticidad ($L < 50$) y finalmente H para suelos de alta plasticidad ($LL > 50$) (Dass, 2008, p.39).

Para poder clasificar de manera adecuada los suelos con este tipo de clasificación, es recomendable conocer la información que se presenta a continuación: Cantidad de grava que contiene el suelo en porcentaje (esto significa a la fracción del suelo que supera la malla 76.2 mm y es detenida en la malla °4); Cantidad de arena que contiene el suelo en porcentaje (esto significa la porción de suelo que supera la malla N°4 la cual no pasa por la malla N°200. La cantidad de limo y arcilla (lo que significa la cantidad de finos que superan la malla N°200); El límite líquido e índice plástico del porcentaje de suelo que supera la malla N° 40 (Dass, 2008, p.41)

Tabla 2 : Índice de Plasticidad de la Arcilla Norma Astm

Índice de Plasticidad	Característica
IP > 20	Suelos muy Arcillosos
20 > IP > 10	Suelos Arcillosos
10 > IP > 4	Suelos poco Arcillosos
IP = 0	Suelos exentos de arcilla

Fuente: (Manual de carretera, suelos y pavimentos, 2014)

1.3.2. Pavimento

Un pavimento es una estructura que está compuesta por un conjunto de diversas capas, estas son construidas sobre la sub rasante del camino, la función de esta capa es de resistir y distribuir los esfuerzos originados por cargas que actúan sobre el pavimento, ya sean: móviles o estáticas, las cuales son originadas en un periodo de tiempo de circulación de vehículos (Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 2016, p.21).

1.3.2.1. Estructura de un pavimento

Un pavimento está conformado por:

Capa de rodadura: es estructura que se encuentra en la parte superior de un pavimento, la cual puede ser construida de concreto de cemento Portland cuando se refiera a un pavimento rígido, o también de material bituminoso cuando se refiera a un pavimento flexible, también puede se puede elaborar de adoquines en el caso de que se hable de un pavimento Semi rígido (Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 2016, p.21).

Base: es la capa que se encuentra en la parte inferior de la carpeta de rodadura, su principal función es la de transmitir las cargas generadas por el paso de vehículos. Esta capa debe estar constituida por un material de tipo granular drenante (Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 2016, p.21).

Sub base: Esta capa soporta a la carpeta de rodadura y a la base. Esta carpeta también está compuesta por material granular y tiene que ser una capa con capacidad de drenar del agua (Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 2016, p.21).

Sub rasante: Es la capa que se encarga de soportar la estructura del pavimento, puede ser un terreno en condiciones naturales para implantar cimientos o la capa explanada de una carretera, por ende, es necesario que soporte las cargas generadas por el tránsito, el espesor de la estructura del pavimento está en función a la composición y las propiedades que tiene la sub-rasante. La sub-rasante está encargada de soportar cargas

vehiculares en su construcción, proveer una reacción de resistencia a la compactación de capas de la estructura del pavimento y soportar constantemente las cargas de tránsito durante su tiempo vida útil (Rondón y Reyes, 2015, p.348).

Se identificarán cinco categorías de subrasante:

Tabla N° 3: Categorías de sub rasante

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

Fuente: (Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 2016)

Se denominaran materiales favorables para la coronación de la sub rasante, suelos que posean una capacidad portante igual o mayor de 6%. En caso de encontrarse con un suelo que tenga menor CBR se pasará a desechar esta capa ya que contiene un suelo inadecuado y se tendrá que optar por colocar un material granular que posea una capacidad portante mayor a 6%; para su estabilización (Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 2016, p.130).

1.3.3. Cenizas de carbón mineral

“Las ceniza de carbón se dividen dos grupos; en cenizas de fondo, cenizas volantes (definidas así por la norma ASTM) y combinados; las cenizas volante son restos que podemos encontrar en el fondo de las calderas y poseen diámetros de partícula mayores a 0.075 mm (retenido malla N°200) que es una de las características del carbón quemado, este material sobrante es más utilizado en distintos procesos como material de relleno ya

que no tiene un alto potencial puzolánico; las cenizas de fondo por el contrario son residuos que quedan aferrados en los filtros de las calderas y tienen diámetros menores a los 0.075 mm (pasante malla N° 200), este tipo de material ha demostrado lograr reacciones en microestructuras cristalinas y sin formas a partir de la síntesis de aluminosilicatos alcalinos con una solución activadora de hidróxido alcalino y silicato alcalino, a este tipo de material se le llama geopolímero lo que quiere decir que puede lograr obtener propiedades puzolánicas similares a las del cemento Portland” (Petermann y Saeed, 2012,p.30).

Composición química de la ceniza de carbón mineral:

La composición química de la ceniza de carbón mineral, principalmente están compuestas por un mínimo de 70% de Oxido de Sílice (SiO_2), Oxido de Aluminio (Al_2O_3), Oxido de fierro (Fe_2O_3) y presenta un máximo de 5%(Petermann y Saeed, 2012, p.52).

La Norma ASTM C 618 define dos clases de cenizas volantes:

Clase F:

Producidas por la calcinación de carbón antracítico o bituminoso. Cenizas que poseen propiedades puzolánicas.

Clase C:

Producidas por la calcinación de carbón sub-bituminoso lignito. Esta clase de cenizas, además de tener propiedades puzolánicas, también tienen propiedades cementantes

1.3.3.1. Finura de las cenizas

Según distintas experiencias en cuanto a resistencia de dos cenizas volantes diferentes: una de ellas ceniza volante evaluada sin cambiar las condiciones dadas por el proveedor mientras el otro prueba se ejecutó a la misma ceniza pero tamizando de tal manera de eliminar las partículas mayores de 0.045 mm de diámetro. Como consecuencia se manifestó que las resistencias de las muestras tamizadas dieron una mayor resistencia a la compresión, por lo que las muestras con material granular más fino

tienden a tener resistencias mecánicas superiores (Petermann y Saeed, 2012, p.52).

1.3.4. Estabilización de suelos

La estabilización de suelos, se basa en mejorar de distintas maneras; ya sea química, física y mecánica, realizadas sobre cualquier tipo de suelo en específico, con el fin de aumentar sus propiedades. Esto se realiza mediante la aplicación de agentes que sirven como estabilizantes, ya que mejoran sus características geotécnicas de los suelos y conseguir que estos sean suficientes para la ejecución/construcción de un proyecto vial (Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 2016, p.92)

Criterios geotécnicos para establecer la estabilización de suelos:

- “Se consideran como elementos adecuados para constituir la sub rasante suelos que tengan una capacidad portante (CBR) $\geq 6\%$. En caso de ser inferior se le denominara sub rasante pobre o sub rasante inadecuada, las cuales mayormente se presentan zonas húmedas locales” (Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 2016, p.92).
- “Cuando la capa de sub rasante contenga materiales como arcillosa o limos y al contacto con el agua, partículas que contienen estos materiales logren pasar en la estructura superior del pavimento, contaminándolas y no dejando que tengan un correcto funcionamiento” (Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 2016, p.92).
- “En lugares que se encuentren sobre los 4000 msnm, se realizaran estudios sobre la acción de las heladas en los suelos. En general, este problema está asociado con la profundidad de la napa freática y la sensibilidad del suelo al congelamiento” (Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 2016, p.93).

1.3.4.1. Tipos de estabilización de suelos

1.3.4.1.1. Estabilización mecánica

“La estabilización mecánica de suelos consiste en mejorar el material de suelo existente, esto sin modificar la estructura y constitución básica del

mismo.es decir sus propiedades. Como principal instrumento, fundamental para poder realizar este tipo de mejoramiento, se utiliza la compactación, con esta herramienta se lograr disminuir el volumen de vacíos que contiene el suelo” (Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 2016, p.113).

1.3.4.1.2. Estabilización física

Se distinguen dos tipos:

1.3.4.1.2.1. Estabilización por combinación de suelos

“Este tipo de estabilización utiliza la mezcla o acoplamiento de los componentes del suelo existente con materiales de préstamos que permitan mejorar las propiedades” (Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 2016, p. 113).

1.3.4.1.2.2. Estabilización por sustitución

“Al realizar la elaboración de la sub rasante mejorada con material adicionado, pueden suscitarse dos situaciones, que la sub rasante se elabore sobre el suelo natural existente o que este deba ser retirado previamente para luego ser sustituido por material de préstamo” (Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 2016, p .113).

1.3.4.1.3. Estabilización química de suelos

“Se refiere a utilizar tecnología ya estudiada, que se basa en la aplicación de un producto químico, el cual se debe mezclar homogéneamente con el suelo a tratar, para lograr mejorar sus propiedades” (Pérez, 2014, p.20).

1.4. Formulación del problema

¿Cómo influyen las cenizas de carbón mineral en la estabilización de suelos con fines de pavimentación en el centro poblado de Cascajal Izquierdo, provincia de Santa – Ancash?

1.5 Justificación del estudio

La siguiente investigación se justificó al observar que en la industria ladrillera hace un tiempo se viene utilizando el carbón mineral para el proceso de cocción de ladrillos, lo cual viene produciendo 1 tonelada aproximadamente de cenizas de carbón mineral al quemar 10 toneladas de este carbón, además se sabe que existen alrededor de 5 ladrilleras en el distrito de Santa las cuales utilizan el mismo tipo de carbón mineral para la cocción de ladrillos, resultando una producción de 5 toneladas aproximadamente por mes de cenizas de carbón mineral en el distrito de Santa.

Estas cenizas son granos finos compuestos básicamente por silicio, aluminio y fierro; siendo una de sus principales características ser elementos cementantes, lo cual ayudará a disminuir el índice plástico e índice de expansión, así como también aumentar la capacidad portante del suelo.

Su almacenamiento en botaderos resulta ser una contribución a la contaminación del medio ambiente ya que estas cenizas son partículas muy finas esto hace que sean fácilmente transportadas por el viento y contaminándolo, además de afectar a la salud de las personas, es por ello que al utilizar las cenizas de carbón mineral también se contribuirá a reducir la contaminación del medio ambiente.

Además se sabe que existen otras formas de estabilización de suelos sin embargo muchas de estas resultan muy costosas, es por ello que las cenizas de carbón mineral, al tener propiedades cementantes y por ser consideradas desperdicios resultan tener bajo costo para su utilización

La población necesita de un pavimento y uno de los recursos que se encuentran cerca a esa zona, son las cenizas de carbón mineral, estas puedan ayudar a que el suelo mejore sus propiedades y además al ser consideradas desperdicio y al resultar tener precio nulo, la ejecución de un proyecto vial resultaría ser un proyecto con un presupuesto no muy elevado.

Así mismo contar con un pavimento les permitirá impulsar el desarrollo de su economía, ya que al no contar con la infraestructura vial adecuada, sectores como la agricultura y ganadería se ven afectados

El siguiente proyecto de investigación se orientó a utilizar las cenizas de carbón mineral, extraídas de las ladrilleras ubicadas en el distrito de Santa, para poder estabilizar suelos y poder utilizarlos como sub rasante para proyectos de pavimentación. La siguiente investigación se realizó con el fin de poder utilizar las cenizas de carbón mineral, la cual servirá como material para estabilizar el suelo.

1.6. Hipótesis

Las cenizas de carbón mineral influyen significativamente en la estabilización del suelo, debido al elevado porcentaje de silicio que contienen estas cenizas, ya que tiene la propiedad de ser un elemento cementante.

1.7. Objetivos

1.7.1. Objetivo General

Determinar la influencia de las de las cenizas de carbón mineral en la estabilización de suelos con fines de pavimentación en el centro poblado de Cascajal izquierdo provincia de Santa – Ancash.

1.7.2. Objetivos Específicos

- Determinar la composición química de las cenizas de carbón mineral.

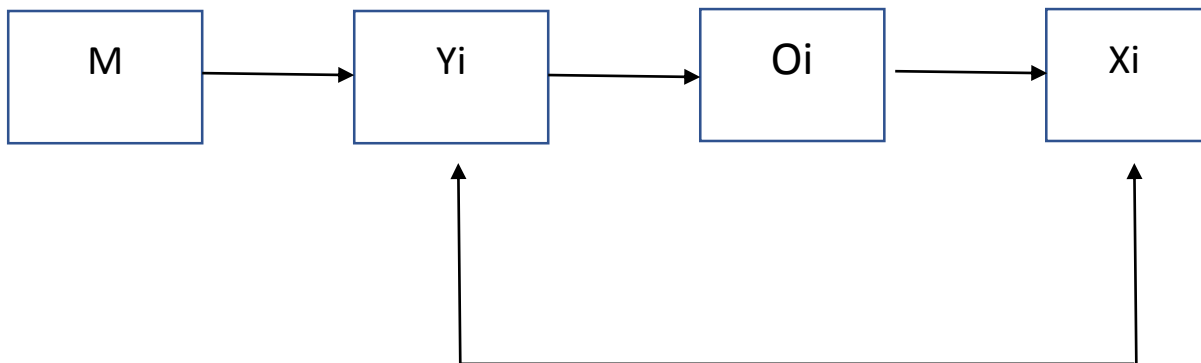
- Determinar el tipo de suelo del centro poblado de Cascajal izquierdo mediante el sistema de clasificación AASHTO.

- Determinar las propiedades físicas y mecánicas del suelo adicionando 4,8 y 10% de cenizas de carbón mineral

II. MÉTODO

2.1. Diseño de investigación

La investigación es de tipo Correlacional porque se evaluará la correlación de dos variables: la estabilización de suelos y la adición de cenizas de carbón mineral en porcentaje de 4%,8% y 10%.



Donde:

M: Muestra

Yi: Suelo con 4%,8% y 10% de cenizas de carbón mineral

Oi: Resultados

Xi: Estabilización de suelos

2.2. Variables, Operacionalización

FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTO
<p>¿Cómo influyen las cenizas de carbón mineral en la estabilización del suelo con fines de pavimentación en el centro poblado de Cascajal izquierdo, provincia de Santa – Ancash?</p>	<p>General: Determinar la influencia de las cenizas de carbón mineral en la estabilización de suelos con fines de pavimentación en el centro poblado de Cascajal izquierdo provincia de Santa – Ancash.</p>	<p>Las cenizas de carbón mineral influyen significativamente en la estabilización del suelo, debido al elevado porcentaje de silicio que contienen estas cenizas, ya que tiene la propiedad de ser un elemento cementante.</p>	<p>- Propiedades Químicas.</p>	<p>Composición:</p> <ul style="list-style-type: none"> - % De silicio - % De Aluminio - % De Hierro 	<p>- Ensayo de Difracción de Rayos X</p> <p>MTC E 107-200(granulometría), MTC E1090 - 200 (limite plástico e índice de plasticidad), MTC E115 – 2000 (Próctor modificado), MTC E 132- 2000 (CBR)</p>
	<p>Específicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Determinar la composición química de las cenizas de carbón mineral. • Determinar el tipo de suelo del centro poblado de Cascajal izquierdo mediante la el sistema de clasificación AASHTO. • Determinar las propiedades físicas y mecánicas del suelo adicionando 4,8 y 10% de cenizas de carbón mineral 		<p>- Porcentajes de adición</p> <p>- Propiedades del suelo</p>	<p>-4%, 8%y10%</p> <p>Propiedades físicas</p> <ul style="list-style-type: none"> - Tamaño de las partículas - Contenido de humedad en porcentajes - Contenido óptimo de humedad - Resistencia potencial 	

2.3. Población y muestra

2.3.1. Población

El suelo que se encuentra en el tramo de acceso al centro poblado de Cascajal izquierdo cuenta con 4 Km de longitud y un ancho de 4m, donde el del suelo se encuentra sin mejorar sus propiedades.

2.3.2. Muestra

Para poder obtener la muestra se procedió a realizar una calicata por kilómetro, dando como resultado un total de 4 calicatas de donde se procedió a obtener las muestras de suelo

2.4 Técnicas e instrumento de recolección de DATOS

2.4.1. Técnicas

Para la presente investigación se utilizara la observación

2.4.2. Instrumentos

Se usaran protocolos, que son formatos estandarizados en función a la norma del ASTM, con el cual se podrá recolectar datos de manera directa de los siguientes ensayos:

MTC E 107- 200(granulometría) ASTM D 422

MTC E1090 - 200 (limite plástico e índice de plasticidad) ASTM D 4318

MTC E115 – 2000 (Próctor modificado) ASTMD 1557

MTC E 132- 2000 (CBR) ASTM D 1883

2.4.1 PROCEDIMIENTOS

Análisis Granulométrico Por Tamizado (ASTM D-422):

La granulometría es la distribución de las partículas de un suelo de acuerdo a su tamaño. Esta se determina mediante el tamizado o paso del agregado por mallas de distintos diámetros hasta el tamiz N°200 (diámetro = 0.074mm), considerándose el material que pasa dicha malla en forma global.

Equipos Necesarios:

- Balanza no electrónica de 0.1% de error del peso de la muestra
- Juego de tamices: 3", 2", 1 ½", 1", ¾", ½", 3/8", ¼", N°4, N°10, N°16, N°30, N°40, N°50, N°100, N°200, incluyendo tapa de fondo.

- Horno con graduación de temperatura de 110°C como mínimo.
- Recipientes de lata o de cerámica con capacidad para colocar la muestra.
- Lavadero de muestras.

Procedimiento del análisis granulométrico:

. Para ello se procedió de la siguiente manera:

- En un recipiente se agrega la muestra hasta tener la cantidad de material necesario para el análisis, más o menos 3kg.
- Se seca la muestra en el horno durante 16 horas a una temperatura de 110°C o a la intemperie si el clima lo permite, hasta que tenga peso constante.
- Se pesa 2kg para poder realizar el lavado de la muestra y eliminar los finos
- Se lava, vertiendo el agua sobre el material suspendido en el Tamiz N°200, y se elimina el material que pasa por dicho tamiz, que vendría a ser la parte de arcilla del agregado.
- Finalmente se realiza lo que es el tamizado de la muestra sobrante, pesando y registrando lo que queda en cada tamiz

Límite de Atterberg ASTM 4020

Es el contenido de humedad por debajo del cual el suelo se comporta como un material plástico. A este nivel de contenido de humedad el suelo está en el vértice de cambiar su comportamiento al de un fluido viscoso.

Para este ensayo se usaron las muestras que pasaron el tamiz número 40 de la prueba de granulometría de las calicatas.

Se utilizó la norma ASTM 4020, con 200 gr de material de cada calicata para obtener los límites de Atterberg y contenido de humedad

También se utilizó la norma ASTM 4020, 200gr de muestra sin incluir en peso de la tara, en el cual se adicionara el 4%, 8%,10% de ceniza de carbón mineral en proporción a 200 gr de muestra en repetición para las calicatas.

Equipos necesarios:

- Copa de Casagrande
- Taras
- Recipiente
- Balanza no electrónica de 0.01% de error del peso de la muestra.

Procedimiento del Límite Líquido

- Se tomó una porción de suelo y se agregó agua hasta, formar una masa pastosa ligeramente húmeda.
- Se colocó una porción en la cazuela de Casagrande
- Con el ranurador, se hizo una incisión en el centro de la masa, de tal manera que se visualice el fondo de la capsula de la copa de Casagrande.
- Se comienza a girar la manivela, dejando golpear la cazuela y contando los golpes que se hacen necesarios para que las dos mitades del suelo se unan. Si esto no se logra en el primer intento, se debe tomar otra proporción de suelo con un poco más de agua e intentarlo de nuevo hasta conseguirlo.
- Se tomó el peso de la tara vacía
- Se tomó una porción de la masa de suelo y se introduce en la tara pesada con anterioridad y se pesa de nuevo el conjunto de tara más la porción de suelo.
- Se introdujo la tara en el horno y se deja secar completamente, para luego tomar el peso seco de la muestra.

PROCTOR MODIFICADO (ASTM D 1557):

Un suelo con un contenido de Humedad determinado es colocado en 5 capas dentro de un molde de ciertas dimensiones, cada una de las capas es compactada en 25 o 56 golpes con un pisón de 10 lb (44.5 N) desde una altura de caída de 18 pulgadas (457 mm), sometiendo al suelo a un esfuerzo de compactación total de aproximadamente de 56 000 pie- lbf/pie³ (2 700 kN-m/m³). Se determina el Peso Unitario Seco resultante. El

procedimiento se repite con un número suficiente de contenidos de agua para establecer una relación entre el Peso Unitario Seco y el Contenido de Agua del Suelo. Estos datos, cuando son ploteados, representan una relación curvilínea conocida como curva de Compactación. Los valores de Optimo Contenido de Agua y Máximo Peso Unitario Seco Modificado son determinados de la Curva de Compactación.

Importancia y Uso

Los ensayos de Compactación en Laboratorio proporcionan las bases para determinar el porcentaje de compactación y contenido de agua que se necesitan para obtener las propiedades de Ingeniería requeridas, y para el control en la construcción en proyectos de pavimentación para asegurar la obtención de la compactación.

Equipos Necesarios:

- Molde de 4 pulgadas
- Pisón o Martillo
- Balanza.
- Horno de Secado
- Regla
- Herramientas de Mezcla

Procedimiento del Próctor modificado:

Para el Próctor modificado se tiene que tener lista la muestra, con su respectivo peso ya determinado en la balanza para proceder a ejecutar el ensayo de Próctor modificado

En primer lugar se colocó en un recipiente para ser mezclado con las proporciones de agua adecuada para poder ser compactado en el molde de Próctor. Una vez obtenido la compactación se procedió a quitar el anillo y enrasar la parte superior para tener el peso total del molde con el material y llevarlo a la balanza para tener un peso total. Acto seguido se procede a desarmar el material de la muestra del Próctor modificado para sacar una proporción adecuada de la parte media, después de ello se vaciara a una tara para tener un peso adecuado en la balanza y ser llevado al horno para su respectivo secado a una temperatura de 110° centígrados y poder diferenciar el porcentaje de humedad.

INSTRUMENTOS:

- Molde de diámetro de 6 pulgadas con una altura de 7 pulgadas y con un collar de 2 pulgadas de altura.
- Disco espaciador de acero.
- Martillo con un peso de 10 libras Y una altura de caída de 18 pulgadas.
- Trípode y dial deformímetro.
- Pesas de 5 lb.
- Pistón de diámetro de 2 pulg.
- Aparato para aplicar la carga: Prensa hidráulica anular
- Herramientas varias: balanza no electrónica, columna de tamices cronómetro controlado, papel filtro, horno a temperatura a 110°, tanques para inmersión de muestra a saturar o pozo de agua, etc.

2.4.1. Validación y confiabilidad del instrumento

Para la siguiente investigación se emplearán normas técnicas las cuales no requieren de validación por juicio de expertos ni de evaluación de confiabilidad ya que fueron elaboradas por expertos en la materia

2.5. Análisis de datos

La presente investigación se realizó en campo (área de estudio, centro poblado de Cascajal izquierdo) y en laboratorio, para lo cual en el área de estudio se obtuvieron las muestras de suelo con las cuales se realizó la investigación. Con lo cual una vez obtenido las muestras de suelo estas fueron sometidas a los siguientes ensayos:

- Análisis Granulométrico
- Límites de Atterberg
- Próctor Modificado
- CBR

2.6. Aspectos éticos

Para esta investigación se tomó en cuenta la veracidad de los resultados y el respeto a la propiedad intelectual y ética, se respetó los derechos de autor de otras investigaciones utilizadas.

Siendo además este trabajo de investigación de beneficio para la sociedad ya que se realizó con el fin de encontrar otra propuesta con menor presupuesto al momento de estabilizar suelos.

III.Resultados

Ensayo de Difracción de Rayos x

Tabla N°1

Composición química de las cenizas de carbón mineral

Compuesto	Fórmula	Resultados
Óxido Silicio, %	SiO ₂	54.53
Óxido de Silicio y Aluminio,%	Al _{4.54} Si _{1.46} O _{9.73}	24.59
Óxido de Titanio,%	TiO ₂	8.68
Óxido de Hierro,%	Fe ₂ O ₃	2.25
Fosfato de Hierro,%	Fe(PO ₄)	2.22
Oxido de Aluminio, Potasio y Titanio,%	KTi ₃ AlO ₈	7.72

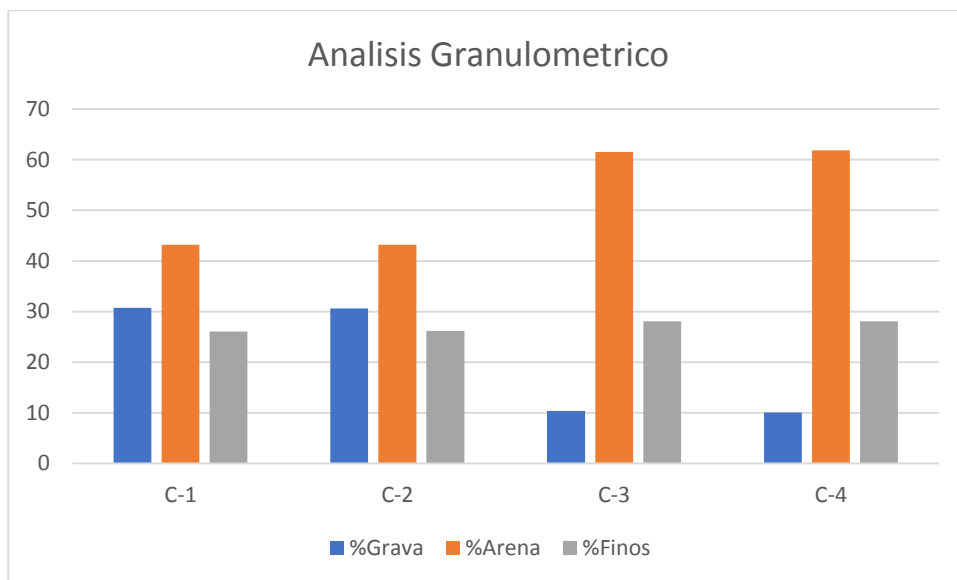
Interpretación: La muestra de cenizas de Carbón mineral, recolectadas de las ladrilleras del distrito de Santa, analizadas en el laboratorio Químico de la Universidad Nacional de Ingeniería, a través del ensayo de Difracción de Rayos X. Este ensayo nos muestra resultados positivos, ya que la muestra analizada tiene como compuestos: Oxido de silicio, Oxido de Aluminio y Óxido de Hierro en un porcentaje de 81.37%. Este análisis resulta positivo ya que estos elementos son parte de la composición del cemento, por ello resultan tener propiedades cementantes que ayudan a darle estabilidad al suelo, ya que los compuestos como el óxido de silicio y el óxido de aluminio, participan en el proceso de endurecimiento del cemento, este es otro indicador de que ayuda a darle estabilidad a los suelos

Ensayos de para determinar el tipo de suelo en el centro poblado de Cascajal Izquierdo

Se presentan los resultados de los ensayos de caracterización física para determinar el tipo de suelo a estabilizar

Grafico N°1:

Análisis granulométrico



Interpretación:

De acuerdo a las muestras extraídas en cada una de las calicatas, luego que fueron ensayadas, nos muestra la siguiente distribución de las partículas encontradas en el suelo: En la calicata número 1 encontramos un total de 30.74% de grava (partículas que se encuentran entre las mallas N.°4<grava<2"); 43.19% de arena (partículas que se encuentran entre las mallas N.200<arena<N°4); finos o arcilla 26.07%(partículas que se encuentran entre las malla: Arcilla o finos <N°200). En la calicata N°2 encontramos un total de 30.6% de grava; 43.18% de arena; finos 26.21%. En la calicata N°3 encontramos un total de 10.37% de grava; 61.55% de arena; finos 28.08%. En la calicata N°4 encontramos un total de 10.06% de grava; 61.55% de arena; finos o arcilla 28.08%. Mientras que en las dos primeras calicatas se encontró una distribución de partículas similares, en las calicatas 3 y 4 se encontró un menor porcentaje de grava, y mayor cantidad de arena

Tabla N°2

Límites de Atterberg

Calicata	C-1	C-2	C-3	C-4
Límite líquido	28	27	26	25
Límite plástico	21	22	22	20
Índice Plástico	7	5	4	5

Interpretación: Se observó que el índice plástico del suelo varía desde un porcentaje de 4% encontrado en la calicata N°3, hasta 7% encontrado en la calicata N°1, como se mencionó anteriormente estos resultados del índice de plasticidad nos reafirma que el suelo de las calicatas N°1 es la que tendrá una menor resistencia. Además como bien se sabe al encontrar suelos con porcentajes como estos de índice de plasticidad nos quiere decir que estos suelos al estar en contacto con agua, estos retienen dicho líquido y se vuelven más plásticos, lo que hace que el suelo pierda resistencia y estabilidad.

Clasificación de suelos según el sistema AASHTO

Al encontrar distribución de tamaños distintos en el análisis granulométrico, y distintos índices de plasticidad en los ensayos de los límites de Atterberg se tomaron en cuenta solo dos calicatas para determinar el tipo de suelo ya que las calicatas 1 y 2 tienen la misma distribución de partículas y mismos índices de plasticidad; al igual en las calicatas 3 y 4 tienen la misma distribución de partículas y mismos índices de plasticidad

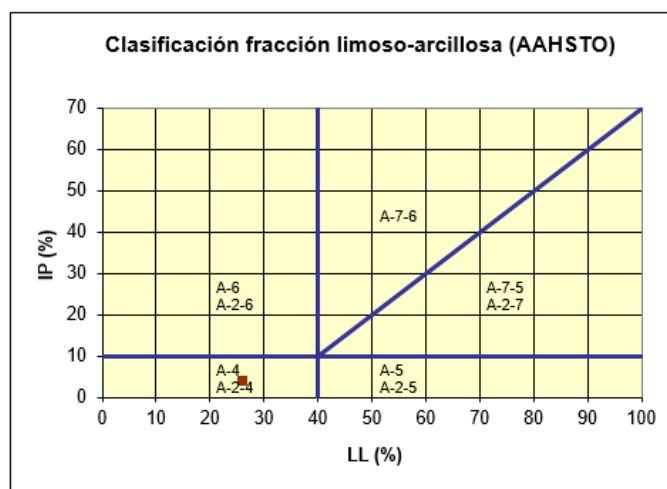
Tabla N°3

Sistema de clasificación AASHTO

Clasificación general	Materiales granulares (35% o menos pasa por el tamiz N° 200)						Materiales limoso arcilloso (más del 35% pasa el tamiz N° 200)				
	A-1		A-3	A-2			A-4	A-5	A-6	A-7	
Grupo:	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6					A-2-7
Porcentaje que pasa: N° 10 (2mm) N° 40 (0,425mm) N° 200 (0,075mm)	50 máx 30 máx 15 máx	- 50 máx 25 máx	- 51 mín 10 máx	- - 35 máx			- - 36 mín				
Características de la fracción que pasa por el tamiz N° 40 Límite líquido Índice de plasticidad	-		-	40 máx 10 máx	41 mín 10 máx	40 máx 11 mín	41 mín 11 mín	40 máx 10 máx	41 mín 10 máx	40 máx 11 mín	41 mín (2) 11 mín
Constituyentes principales	Fragmentos de roca, grava y arena		Arena fina	Grava y arena arcillosa o limosa			Suelos limosos		Suelos arcillosos		
Características como subgrado	Excelente a bueno						Pobre a malo				

Gráfico N°2

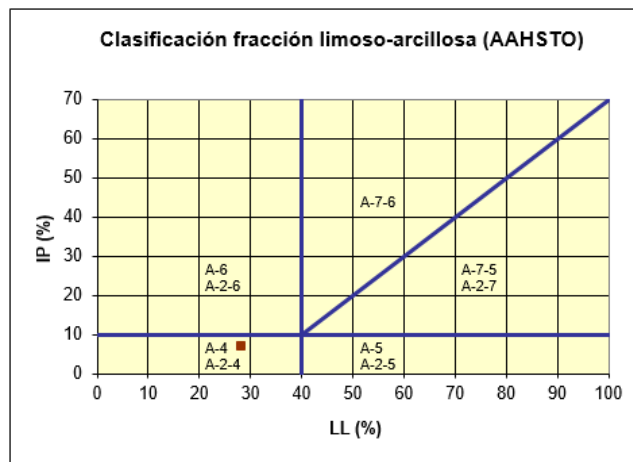
Sistema de clasificación AASHTO: Calicata N°1



Interpretación: Al tener un límite líquido de 28% y un índice plástico 7% como se puede observar en el gráfico tabulamos y nos resulta un tipo de suelo: A-2-4. Para refutar este resultado se tomó en cuenta la distribución de partículas de los tamices N°10, N°40 y N°200, y se observa que en la calicata N°1 pasa menos del 35% por la malla N°200 entonces esto confirma que se trata de un suelo: A-2-4 (grava y arena arcillosa o limosa)

Grafico N°3

Sistema de clasificación AASHTO: Calicata N°3



Interpretación: Al tener un límite líquido de 26% y un índice plástico 4 % como se puede observar en el grafico tabulamos y nos resulta un tipo de suelo: A- 2-4. Para refutar este resultado se tomó en cuenta la distribución de partículas de los tamices N°10, N°40 y N°200, y se observa que en la calicata N°3 pasa menos del 35 % por la malla N°200 entonces esto confirma que se trata de un suelo: A- 2-4 (grava y arena arcillosa o limosa)

Ensayos adicionando 4,8 y 10% de cenizas de carbón mineral

Límites de Atterberg

Grafico N°4

Límite líquido adicionando 4,8 y 10 % de cenizas de carbón mineral

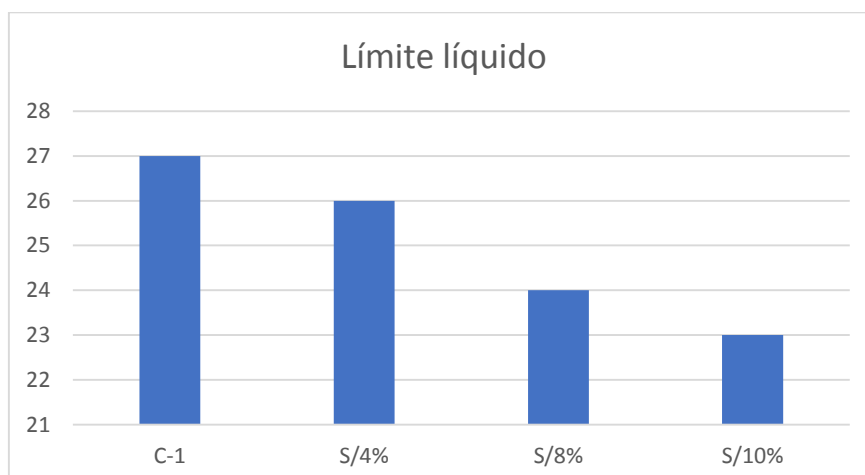


Grafico N°5

Limite plástico adicionando 4,8 y 10 % de cenizas de carbón mineral

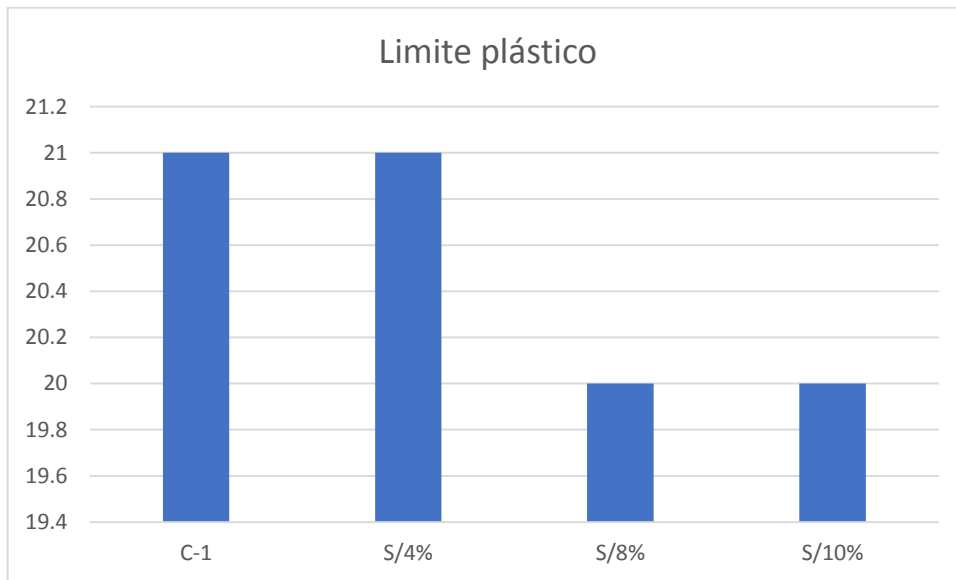
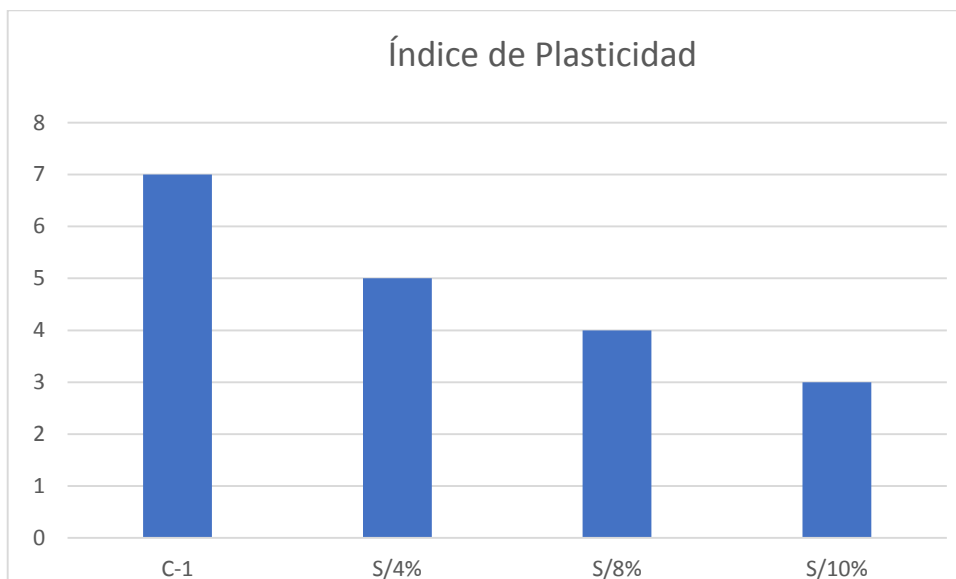


Grafico N°6

Índice de plasticidad adicionando 4,8 y 10 % de cenizas de carbón mineral



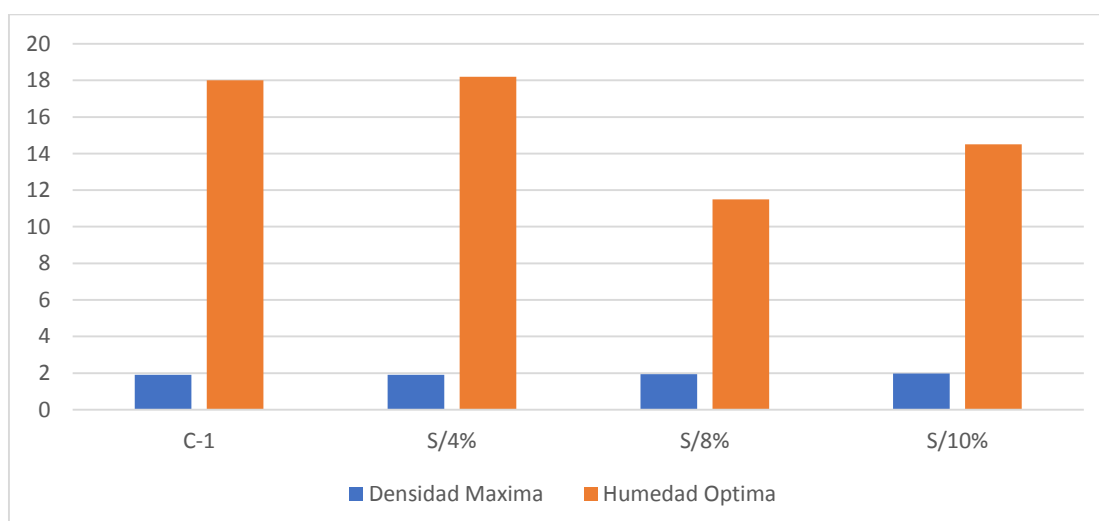
Interpretación

En este ensayo de los límites de Atterberg se trabajó con la calicata la cual resulto tener un índice de plasticidad más alto o se puede decir el suelo con características más inadecuadas para un pavimento, es por ello que se trabajó con las muestras de la calicata N°1, por ello como se observa en las figuras 5,6 y 7 que la muestra patrón con respecto a las muestras de suelo con adición de 8% y 10% de cenizas de carbón mineral tanto el limite líquido, limite plástico e índice de plasticidad disminuye dejando por muy poco al suelo sin índice de plasticidad, siendo beneficioso para un proyecto de pavimentación. A diferencia de la sustitución de suelo en un 4% de cenizas de carbón mineral, donde como se puede observar en los gráficos prácticamente mantiene el límite líquido, limite plástico e índice de plasticidad, como el de la muestra de suelo sin alterar, no tiene efecto positivo sobre el suelo analizado.

Ensayos de caracterización mecánica, del suelo patrón así como del suelo con adiciones de 4,8 y 10 % de cenizas de carbón mineral

Grafico N°7

Próctor modificado: Suelo patrón y suelo con adiciones de 4,8 y 10% de cenizas de carbón mineral



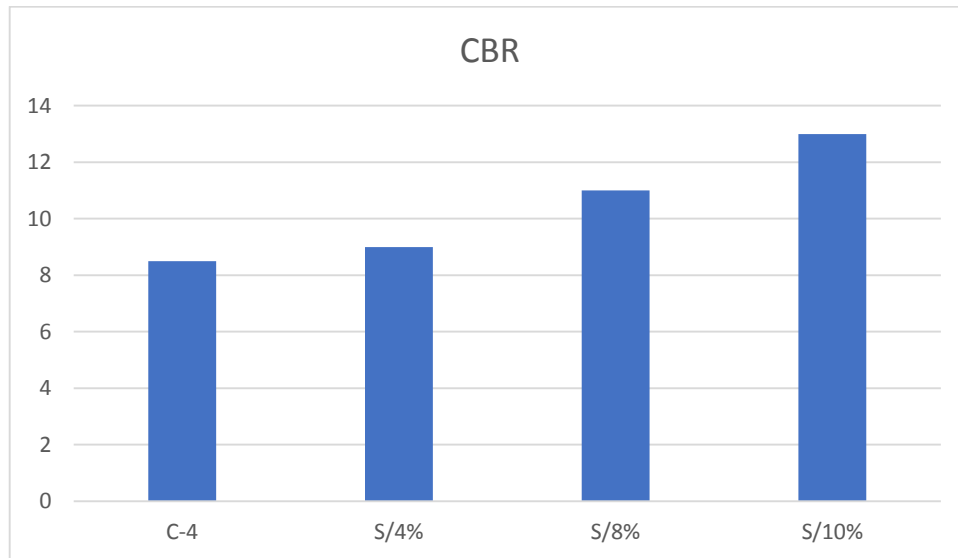
Interpretación

Como se puede observar la humedad óptima con respecto al suelo patrón en el caso de adicionar 4% de cenizas de carbón, esta se mantiene, sin embargo al

adicionar 8y 10% se observa q tiene un efecto contrario disminuye el óptimo contenido de humedad con respecto al suelo patrón, a partir de esto se trabajara con estos porcentajes para lograr obtener la resistencia del suelo analizado

Grafico N°8

CBR: Suelo patrón y suelo con adiciones de 4,8 y 10% de cenizas de carbón mineral



Interpretación:

Con respecto a la muestra de suelo patrón, se observa que este suelo tiene un CBR de 8.5% el cual resulta según la clasificación del manual de carreteras del MTC, como una subrasante con CBR regular, con respecto a las adiciones de cenizas de carbón mineral, al igual que en el ensayo de Próctor modificado, al adicionar 4% de cenizas de carbón mineral esto nos da como resultado un CBR igual al del suelo patrón por lo que se puede deducir que al adiciona 4% de cenizas al suelo este porcentaje no sería suficiente para mejorar sus propiedades.

Como se observa en el grafico N°9 el Valor del CBR aumenta a 13%, teniendo así una subrasante con un CBR buena, esto al adicionar un 10% de cenizas de carbón mineral

IV. DISCUSION

Las cenizas de carbón mineral estudiadas en la presente tesis, al analizar su composición química mediante el análisis de difracción de rayos x se obtuvo una composición con un porcentaje de 79.12% de materiales cementantes, lo cual como nos indica la norma ASTM C 618, se considera estas cenizas de carbón mineral con propiedades cementantes. Además esta norma nos permitió clasificar estas cenizas como Cenizas de clase F. Con estas propiedades presentes en dichas cenizas se permite considerar utilizar estas cenizas para diferentes adiciones tal como nos indica la norma, como por ejemplo para la estabilización de suelos tal como se utilizó en esta investigación, además la norma también nos indica que se puede utilizar como reemplazo o adición en ciertos porcentajes al cemento obteniendo resultados satisfactorios.

En los estudios realizados por Petermann y Saeed, se concluye que la composición química de la ceniza de carbón mineral, principalmente están compuestas por un mínimo de 70% de Oxido de Sílice (SiO_2), Oxido de Aluminio (Al_2O_3), Oxido de fierro (Fe_2O_3), al comparar estos resultados obtenidos con, los porcentajes de elementos químicos obtenidos a través del ensayo de difracción de rayos x en esta tesis, se observa que los porcentajes son similares afirmando que estas cenizas utilizadas contienen propiedades cementantes al igual que en el estudio realizado. Reafirmando que estas cenizas se pueden utilizar para estabilizar suelos y mejorar sus propiedades para poder utilizar estos suelos en proyectos de pavimentación.

Con respecto al suelo analizado del centro poblado de cascajal izquierdo las propiedades encontradas a través de los distintos ensayos de caracterización física y mecánica donde en la calicata N°1 se encuentra valores como:

- Porcentaje de grava: 10.37%
- Porcentaje de arena: 61.55%
- Porcentaje de finos: 28.08%
- Limite liquido: 28

- Limite plástico: 21
- Índice de plasticidad:6

Para lo cual a través de la utilización del método AASHTO teniendo estas características se logró ubicar dentro de los 7 grupos que utiliza este método para poder clasificar el suelo como un tipo A- 2-4 (grava y arena arcillosa o limosa). Al igual que en distintos estudios como el realizado por Pérez Carolina, donde se utiliza este tipo de cenizas de carbón mineral para estabilizar suelos que contienen arcilla donde los resultados que se obtienen son beneficiosos para este tipo de suelo ya que mejoran sus características o propiedades

Con respecto a los ensayos de caracterización mecánica realizados a la muestra de suelos de la Calicata número 1 del centro Poblado de Cascajal Izquierdo se obtuvieron los siguientes valores, los cuales son: ensayo de Próctor modificado y el ensayo de CBR se obtuvieron las siguientes características:

- Óptimo contenido de Humedad: 18%
- Capacidad de Soporte: 8.5%

Donde según el reglamento del Ministerio de Transportes y Comunicaciones EG – 2013 en la sección: SUELOS, GEOLOGÍA, GEOTECNIA Y PAVIMENTOS nos proporciona la información para clasificar la subrasante analizada según la capacidad de soporte obtenida como Subrasante regular

Además, se considera un suelo con rigor obligatorio de estabilizar ya que el reglamento del Ministerio de Transportes y Comunicaciones EG – 2013 en la sección: SUELOS, GEOLOGÍA, GEOTECNIA Y PAVIMENTOS nos indican los criterios necesarios para estabilizar la capa de subrasante, siendo uno de ellos la presencia de arcillas en dicha capa, por ello en esta investigación se considera el suelo del centro poblado de Cascajal Izquierdo como un suelo que además de tener una capacidad de Soporte baja, tiene en la capa de subrasante la presencia de arcillas tal y como se demuestra en los ensayos realizados, concordando con los criterios para estabilizar que nos brinda el manual del MTC.

En cuanto a los resultados obtenidos en su estudio realizado por Pérez, Carolina en donde con respecto a las propiedades físicas se encontró un porcentaje de 3.2% de arena y un porcentaje de finos 96.8%, además de límite líquido de 58%, un límite plástico de 28% resultando un índice de plasticidad de 30%, con estas características el autor clasificó dicho suelo como: arcilla de alta plasticidad. Al añadir los siguientes porcentajes de adición de cenizas de carbón mineral: 10%, 20%, 30% y 40%. Se obtuvo como resultados que a medida que se adiciona la ceniza volante en el suelo arcilloso analizado dicha combinación disminuye la plasticidad de la arcilla, ya que disminuye tanto el límite líquido como límite plástico, con ello disminuye el índice de plasticidad.

En cuanto a los ensayos de caracterización mecánica del suelo, tanto al suelo patrón como al adicionar cenizas de carbón mineral, obtuvo resultados positivos ya que se encontró con un suelo de capacidad de soporte de 8.3%, y al adicionar cenizas de carbón mineral obtuvo un valor de 20.8% de CBR al adicionar 40% de cenizas de carbón mineral.

En comparación con los resultados obtenidos en este trabajo de investigación donde al igual que en el estudio presentado se encontró un suelo con presencia de arcilla y se utilizó cenizas de carbón mineral provenientes de la combustión del material en cuestión, los resultados se ven respaldados ya que en este estudio las características del suelo presentadas mejoran al igual que en el estudio realizado por Pérez Carolina, en ambos se ve que en los resultados disminuye tanto el índice de plasticidad resultando ser una característica importante ya que este criterio nos permitiría utilizar el suelo como subrasante para un proyecto de investigación, al igual como sucede con las propiedades mecánicas como el CBR ya que se evidencia que en ambos esta propiedad aumenta en un gran porcentaje obteniendo una subrasante adecuada para un pavimento, estos resultados nos indican que este tipo de cenizas de carbón mineral, al adicionar a este tipo de suelos arcillosos, esta combinación resulta ser beneficiosa, para mejorar las propiedades.

Los resultados obtenidos por Zuloaga en su proyecto de investigación “indican que existe una tendencia a presentar menor contenido de humedad cuando se aumenta el porcentaje de cenizas de carbón mineral. En el caso de la densidad máxima disminuyó con el aumento del porcentaje de cenizas de carbón mineral. De otro lado Zuloaga comenta “con el uso de 21% de adición de cenizas de carbón mineral, la densidad presentó una disminución respecto al suelo sin adición de cenizas de carbón mineral. En cuanto a la humedad óptima se aumentó en puntos porcentuales.

Esto en comparación con los resultados obtenidos donde en los ensayos de caracterización mecánica con respecto a la calicata número 1 del centro poblado de Cascajal Izquierdo donde el óptimo contenido de humedad obtenido de la muestra patrón es de 18% y al adicionar el 10% de cenizas de carbón mineral el óptimo contenido de humedad disminuyó hasta obtener 14.5%, esto nos indicaría que se necesitaría menor cantidad de agua para poder compactar al 100% este suelo con adición de cenizas de carbón mineral, resultando beneficioso para un proyecto a futuro. Estos resultados respaldados por el estudio realizado por Zuloaga ya que no difieren en estos.

Fonseca nos detalla que la resistencia del suelo se ve afectada por la presencia de arcillas en su composición ya que estas al contacto con el agua tienden a expandirse ya que retienen una mayor cantidad de humedad, haciendo que el suelo pierda estabilidad, obteniendo un suelo con propiedades físicas y mecánicas no aptas para un pavimento, es por ello que es necesario estabilizar el tipo de suelos que contengan arcilla ya que estos no son aptos para proyectos de pavimentación ya que a corto plazo sufrirían fallas y no cumplirían con el tiempo de vida útil para el que fueron diseñados. Comparando lo investigado por Fonseca se pudo evidenciar en nuestros ensayos y en los resultados ya que el suelo estudiado contiene un alto porcentaje de arcillas o materiales finos (mayor a 30%), además de una capacidad de soporte baja de 8.5%, reafirmando lo dicho por Fonseca ya que este tipo de suelos no son aptos para pavimentación por sus pobres características. Tomando estos criterios para utilizar este suelo para estabilizarlo con cenizas de carbón mineral

Cubas Benavides en su tesis valoración de cenizas de carbón mineral para la estabilización de suelos donde al adicionar un porcentaje de cenizas de carbón mineral de 14% siendo este material utilizado extraído de las ladrilleras de Lambayeque logro mejorar la capacidad de soporte del suelo hasta un 20% de su capacidad de soporte.

En comparación con los resultados obtenidos en esta tesis donde la materia prima fue extraída de manera similar ya que también fueron obtenidas de las ladrilleras del distrito de Santa donde también se utiliza el carbón mineral para dicha actividad, obteniendo resultados positivos al igual que en la tesis de Cubas Benavides, mejorando la subrasante de Regular a una subrasante Buena.

V. CONCLUSIONES

1. De acuerdo a los resultados obtenidos a través del ensayo de difracción de rayos x realizados a las cenizas de carbón mineral, se determina que estas las cenizas empleadas se clasifican en cenizas de tipo F, ya que la suma de sus elementos cementantes (silicio, aluminio y hierro) el porcentaje obtenido es mayor a 70%, resultando tener propiedades cementantes.
2. Al analizar las propiedades físicas y mecánicas del suelo del centro Poblado de Cascajal Izquierdo se obtuvieron características las cuales nos permitieron clasificarlo como un tipo de suelo según el método AASHTO A- 2-4 (grava y arena arcillosa o limosa), en este tipo de suelo también al realizar los ensayos necesarios que predomina en su composición los materiales finos, en este caso las arcillas.
3. Al adicionar un 3% de cenizas de carbón mineral al suelo del centro poblado de cascajal izquierdo las características físicas como el índice de plasticidad no tiende a variar, mantiene el mismo porcentaje; lo mismo sucede con las propiedades mecánicas como el valor del CBR ya que no tiende ni a disminuir ni aumentar su capacidad de soporte del suelo. Caso contrario sucede al adicionar un 8% de cenizas de carbón mineral con respecto al peso del suelo ya que modifica sus propiedades físicas, disminuyendo su índice de plasticidad, y al igual con sus propiedades mecánicas aumentando su capacidad de soporte del suelo a un 11%. Finalmente adicionando un 10% de cenizas de carbón mineral con respecto a sus propiedades físicas como el índice de plasticidad este tiende a disminuir, dejando el suelo prácticamente sin plasticidad, con respecto a la capacidad de soporte esta tiende a aumentar hasta un 13% mejorando una subrasante regular a una subrasante buena, siendo esto beneficioso para un proyecto de pavimentación.

4. Las cenizas de carbón mineral influyen positivamente al adicionar al suelo arcilloso del centro poblado de cascajal izquierdo ya que mejora las propiedades física y mecánicas del suelo estudiado dejándolo apto para un proyecto de pavimentación

VI. RECOMENDACIONES

1. Se recomienda utilizar las cenizas de carbón mineral para la estabilización de suelos ya que los porcentajes de elementos cementante superan los recomendados por la norma, mejorando las características de los suelos
2. Se recomienda realizar un mejoramiento al suelo del centro poblado de cascajal izquierdo ya que las características que este presenta no son las adecuadas para un proyecto de pavimentación, el mejoramiento recomendado en esta investigación, se determinó que sería con cenizas de carbón mineral, ya que al realizar un análisis de costos unitarios donde el precio para estabilizar con cenizas de carbón mineral a comparación con mejoramiento con material de reemplazo resultaría un 50% menos del precio total
3. Se recomienda utilizar como porcentaje optimo un 10% de cenizas de carbón mineral para la estabilización de suelos, ya que con este porcentaje se obtuvieron óptimos resultados con respecto a las características del suelo, además se recomienda evaluar las características del suelo con distintos porcentajes de sustitución para poder observar el comportamiento de este

VII. REFERENCIAS

BRAJA, Dass. Fundamentos de ingeniería geotécnica. 3.a ed. New York: Thomson, 2008. 608 pp.

ISBN: 9706860614

CALDAS, Fernando. European Association for Use of the by-products of coal fired power stations. Inglaterra: Ecoba, 2011. 129pp.

CAÑAR, Edwin. Análisis comparativo de las resistencias al corte y estabilización de suelos arenosos finos y arcillosos combinadas con ceniza de carbón. Tesis (Título de ingeniero Civil). Ambato: Universidad técnica de Ambato, 2017. 167pp.

Disponible en: <http://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/25266>

CUBAS, Kevin y FALLEN, José. Evaluación de las cenizas de carbón para la estabilización de suelos mediante activación alcalina y aplicación en carreteras no pavimentadas. Tesis (Título de ingeniero Civil). Pimentel: Universidad Señor de Sipan, 2016. 219pp.

Disponible en: <http://repositorio.uss.edu.pe/xmlui/handle/uss/3134>

EL 89.9% de las carreteras no están pavimentadas a nivel departamental [en línea]. *Perú 21*. PE.4 de abril de 2017. [Fecha de consulta: 17 de mayo de 2018]. Disponible en: <https://peru21.pe/economia/89-9-carreteras-pavimentadas-nivel-departamental-85563>

FONSECA, Alfonso. Ingeniería de Pavimentos. 2. a ed. Bogotá: Agora, 2002. 734pp.

ISBN: 9589603629

INDECOPI (Perú) NTP. 339.128 – SUELOS: Método de ensayo para el análisis granulométrico. Lima: INN, 1999. 32pp.

INDECOPI (Perú). NTP. 339.129 – SUELOS: Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico, e índice de plasticidad de los suelos. Lima: INN, 1999. 32pp.

INDECOPI (Perú). NTP. 339.141 – SUELOS: Método de ensayo para la compactación del suelo en laboratorio utilizando una energía modificada. Lima: INN, 1999.32pp.

JUAREZ, Eulalio y RICO, Alfonso. Fundamentos de la mecánica de suelos. México DF: Limusa, 2005. 644 pp.

ISBN: 9681800699

MARTINEZ, José. Evaluación del mejoramiento de suelos arcillosos empleando materiales cementantes .Tesis (Título de ingeniero civil). México: Universidad Veracruzana, 2012.122pp.

Disponible en: <http://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/UNC/686>

MINISTERIO de transportes y comunicaciones (Perú).NP E 101: Manual de ensayos de materiales. Lima: INN, 2016. 1269 pp.

MINISTERIO de transportes y comunicaciones (Perú).NP, R.D. N°10: Manual de carreteras suelos, geología, geotecnia y pavimentos. Lima: INN, 2016. 302 pp.

MORALES, Daniel. Valoración de las cenizas de carbón para la estabilización de suelos mediante activación alcalina y su uso en vías no pavimentadas. Tesis (Título de ingeniero Civil). Medellín: Universidad de Medellín, 2015. 80pp.

Disponible en: <http://repository.udem.edu.co/handle/11407/1236>

OLGUIN, Coca. Mecánica de suelos. Pachuca: Limusa. 2011.103pp.

PEREZ, Carolina. Estabilización de suelos arcillosos con cenizas de carbón para su uso como subrasante mejorada. Tesis (Título de ingeniero Civil). Lima: Universidad Nacional de Ingeniería, 2014. 151pp.

Disponible en: <http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/4466>

PETERMANN, Jeffrey y SAEED, Athar. Alkali-activated geopolymers. [en línea]. Panama: A literature review. 2010. [fecha de consulta:2 de mayo de 2018].

Disponible en: <http://www.dtic.mil/dtic/tr/fulltext/u2/a559113.pdf>

RONDON, Alexander y REYES, Fredy. Pavimentos; materiales, construcción y diseño. Bogotá: Ecoe. 2011. 553pp.

ISBN: 9789587711752

SALCEDO, Kaite y GUTIERREZ Lizet. Estabilización de suelos cohesivos por medio de aditivos (eco road 2000) para pavimentación Tesis (Título de ingeniero Civil). Huancayo: Universidad peruana Los Andes, 2016.146pp

Disponible en: <http://repositorio.upla.edu.pe/bitstream/handle/UPLA/112/>

SANCHEZ, Zacarías. Estudio de diagnóstico sobre las ladrilleras artesanales en el Peru.Lima:Calandria.2010.83pp

ANEXOS

Anexo N°01

MATRIZ DE CONSISTENCIA

TÍTULO:

“Estabilización de suelos con cenizas de carbón mineral con fines de pavimentación en el centro poblado de Cascajal Izquierdo, provincia de Santa – Ancash - 2018”

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño de infraestructura vial

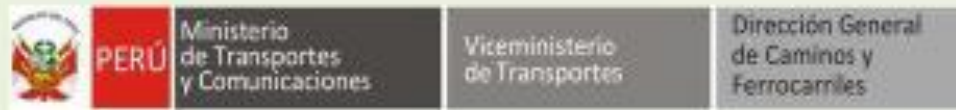
DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA:

El centro poblado de Cascajal Izquierdo perteneciente a la provincia de santa, en donde se encuentran ladrilleras las cuales cuentan con muchos hornos para la cocción del ladrillo de construcción, para lo cual se requiere de materia prima el carbón mineral para la cocción de ladrillo. Al terminar la cocción del carbón mineral, esto produce cenizas, las cuales quedan como desperdicio, y estos son transportados a un botadero, el cual perjudica el medio ambiente y también a la población, causando enfermedades respiratorias. El estado de la infraestructura vial en el caserío de Cascajal Izquierdo no se encuentra en buen estado debido la transitabilidad de vehículos pesados lo que ocasiona ondulaciones en la superficie de rodadura. Otro inconveniente que tienen en el caserío de Cascajal Izquierdo es que no se cuenta con el presupuesto necesario para la ejecución de un proyecto vial, ya que el suelo no es apto para la construcción de un pavimento, además que los tipos de estabilización recomendados por el MTC son muy costosos

FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTO
<p>¿Cómo influyen las cenizas de carbón mineral en la estabilización del suelo con fines de pavimentación en el centro poblado de Cascajal izquierdo, provincia de Santa – Ancash?</p>	<p>General: Determinar la influencia de las cenizas de carbón mineral en la estabilización de suelos con fines de pavimentación en el centro poblado de Cascajal izquierdo provincia de Santa – Ancash.</p> <p>Específicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Determinar la composición química de las cenizas de carbón mineral. • Determinar el tipo de suelo del centro poblado de Cascajal izquierdo mediante la el sistema de clasificación AASHTO. • Determinar las propiedades físicas y mecánicas del suelo adicionando 4,8 y 10% de cenizas de carbón mineral 	<p>Las cenizas de carbón mineral influyen significativamente en la estabilización del suelo, debido al elevado porcentaje de silicio que contienen estas cenizas, ya que tiene la propiedad de ser un elemento cementante.</p>	<p>- Propiedades Químicas.</p> <p>- Porcentajes de adición</p> <p>- Propiedades del suelo</p>	<p>Composición:</p> <ul style="list-style-type: none"> - % De silicio - % De Aluminio - % De Hierro <p>-4%, 8%y10%</p> <p>Propiedades físicas</p> <ul style="list-style-type: none"> - Tamaño de las partículas - Contenido de humedad en porcentajes - Contenido óptimo de humedad - Resistencia potencial 	<p>- Ensayo de Difracción de Rayos X</p> <p>MTC E 107-200(granulometría), MTC E1090 - 200 (limite plástico e índice de plasticidad), MTC E115 – 2000 (Próctor modificado), MTC E 132- 2000 (CBR)</p>

Anexo N°02

NORMAS



MANUAL DE ENSAYO DE MATERIALES



Edición Mayo de 2016





ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO

MTC E 107- 2000

Este Modo Operativo está basado en las Normas ASTM D 422 y AASHTO T 88, las mismas que se han adaptado al nivel de implementación y a las condiciones propias de nuestra realidad. Cabe indicar que este Modo Operativo está sujeto a revisión y actualización continua.

Este Modo Operativo no propone los requisitos concernientes a seguridad. Es responsabilidad del Usuario establecer las cláusulas de seguridad y salubridad correspondientes, y determinar además las obligaciones de su uso e interpretación.

1. OBJETIVO

1.1 La determinación cuantitativa de la distribución de tamaños de partículas de suelo.

1.2 Esta norma describe el método para determinar los porcentajes de suelo que pasan por los distintos tamices de la serie empleada en el ensayo, hasta el de 74 mm (N° 200).

2. APARATOS

2.1 *Dos balanzas.* Una con sensibilidad de 0.01 g para pesar material que pase el tamiz de 4,760 mm (N° 4). Otra con sensibilidad 0.1 % del peso de la muestra, para pesar los materiales retenidos en el tamiz de 4,760 mm (N° 4).

2.2 *Tamices de malla cuadrada*

75 mm (3"), 50,8 mm (2"), 38,1 mm (1½"), 25,4 mm (1"), 19,0 mm (¾"), 9,5 mm (3/8"), 4,76 mm (N° 4), 2,00 mm (N° 10), 0,840 mm (N° 20), 0,425 mm (N° 40), 0,250 mm (N° 60), 0,106 mm (N° 140) y 0,075 mm (N° 200).

Se puede usar, como alternativa, una serie de tamices que, al dibujar la gradación, dé una separación uniforme entre los puntos del gráfico; esta serie estará integrada por los siguientes:

75 mm (3"), 37,5 mm (1-½"), 19,0 mm (¾"), 9,5 mm (3/8"), 4,75 mm (N° 4), 2,36 mm (N° 8), 1,10 mm (N° 16), 600 mm (N° 30), 300 mm (N° 50), 150 mm (N° 100), 75 mm (N° 200).

2.3 *Estufa,* capaz de mantener temperaturas uniformes y constantes hasta de 110 ± 5 °C (230 ± 9 °F).

2.4 *Envases,* adecuados para el manejo y secado de las muestras.

2.5 *Cepillo y brocha,* para limpiar las mallas de los tamices.

3. MUESTRA

3.1 Según sean las características de los materiales finos de la muestra, el análisis con tamices se hace, bien con la muestra entera, o bien con parte de ella después de separar los finos por lavado. Si la necesidad del lavado no se puede determinar por examen visual, se seca en el horno una pequeña porción húmeda del material y luego se examina su resistencia en seco rompiéndola entre los dedos. Si se puede romper fácilmente y el material fino se pulveriza bajo la presión de aquellos, entonces el análisis con tamices se puede efectuar sin previo lavado.

3.2 Prepárese una muestra para el ensayo como se describe en la preparación de muestras para análisis granulométrico (MTC E 106), la cual estará constituida por dos fracciones: una retenida sobre el tamiz de 4,760 mm (N° 4) y otra que pasa dicho tamiz. Ambas fracciones se ensayaran por separado.

3.3 El peso del suelo secado al aire y seleccionado para el ensayo, como se indica en el modo operativo MTC E 106, será suficiente para las cantidades requeridas para el análisis mecánico, como sigue:

- Para la porción de muestra retenida en el tamiz de 4,760 mm (N° 4) el peso dependerá del tamaño máximo de las partículas de acuerdo con la Tabla 1.

Tabla 1

Diámetro nominal de las partículas más grandes mm (pulg)	Peso mínimo aproximado de la porción (gr)
9,5 (3 /8")	500
19,6 (¾")	1000
25,7 (1")	2000
37,5 (1 ½")	3000
50,0 (2")	4000
75,0 (3")	5000

- El tamaño de la porción que pasa tamiz de 4,760 mm (N° 4) será aproximadamente de 115 g, para suelos arenosos y de 65 g para suelos arcillosos y limosos.

3.4 En el modo operativo MTC E 106 se dan indicaciones para la pesada del suelo secado al aire y seleccionado para el ensayo, así como para la separación del suelo sobre el tamiz de 4,760 mm (N° 4) por medio del tamizado en seco, y para el lavado y pesado de las fracciones lavadas y secadas retenidas en dicho tamiz. De estos dos pesos, los porcentajes, retenido y que pasa el tamiz de 4,760 mm (N° 4), pueden calcularse de acuerdo con el numeral 6.1.

- Se puede tener una comprobación de los pesos, así como de la completa pulverización de los terrones, pesando la porción de muestra que pasa el tamiz de 4,760 mm (N° 4) y agregándole este valor al peso de la porción de muestra lavada y secada en el horno, retenida en el tamiz de 4,760 mm (N° 4)

4. ANÁLISIS POR MEDIO DE TAMIZADO DE LA FRACCIÓN RETENIDA EN EL TAMIZ DE 4,760 mm (N° 4).

4.1 Sepárese la porción de muestra retenida en el tamiz de 4,760 mm (N° 4) en una serie de fracciones usando los tamices de:

75 mm (3"), 50 mm (2"), 38,1 mm (1½"), 25,4 mm (1"), 19,0 mm (¾"), 9,5 mm (3 /8"), 4,7 mm (N° 4), o los que sean necesarios dependiendo del tipo de muestra, o de las especificaciones para el material que se ensaya.

4.2 En la operación de tamizado manual se mueve el tamiz o tamices de un lado a otro y recorriendo circunferencias de forma que la muestra se mantenga en movimiento sobre la malla. Debe comprobarse al desmontar los tamices que la operación está terminada; esto se sabe cuando no pasa más del 1 % de la parte retenida al tamizar durante un minuto, operando cada tamiz individualmente. Si quedan partículas apresadas en la malla, deben separarse con un pincel o cepillo y reunir las con lo retenido en el tamiz.

Cuando se utilice una tamizadora mecánica, se pondrá a funcionar por diez minutos aproximadamente; el resultado se puede verificar usando el método manual.

4.3 Se determina el peso de cada fracción en una balanza con una sensibilidad de 0.1 %. La suma de los pesos de todas las fracciones y el peso, inicial de la muestra no debe diferir en más de 1%.

5. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE LA FRACCIÓN FINA

5.1 El análisis granulométrico de la fracción que pasa el tamiz de 4,760 mm (N° 4) se hará por tamizado y/o sedimentación según las características de la muestra y según la información requerida.

- Los materiales arenosos que contengan muy poco limo y arcilla, cuyos terrones en estado seco se desintegren con facilidad, se podrán tamizar en seco.
- Los materiales limo-arcillosos, cuyos terrones en estado seco no rompan con facilidad, se procesarán por la vía húmeda.
- Si se requiere la curva granulométrica completa incluyendo la fracción de tamaño menor que el tamiz de 0,074 mm (N° 200), la gradación de ésta se determinará por sedimentación, utilizando el hidrómetro para obtener los datos necesarios. Ver modo operativo MTC E 109.
- Se puede utilizar procedimientos simplificados para la determinación del contenido de partículas menores de un cierto tamaño, según se requiera.
- La fracción de tamaño mayor que el tamiz de 0,074 mm (N° 200) se analizará por tamizado en seco, lavando la muestra previamente sobre el tamiz de 0,074 mm (N° 200)

5.2 Procedimiento para el análisis granulométrico por lavado sobre el tamiz de 0,074 mm (N° 200).

- Se separan mediante cuarteo, 115 g para suelos arenosos y 65 g para suelos arcillosos y limosos, pesándolos con exactitud de 0.01 g.
- Humedad higroscópica. Se pesa una porción de 10 a 15 g de los cuarteos anteriores y se seca en el horno a una temperatura de 110 ± 5 °C (230 ± 9 °F). Se pesan de nuevo y se anotan los pesos.
- Se coloca la muestra en un recipiente apropiado, cubriéndola con agua y se deja en remojo hasta que todos los terrones se ablanden.

- Se lava a continuación la muestra sobre el tamiz de 0,074 mm (N° 200) con abundante agua, evitando frotarla contra el tamiz y teniendo mucho cuidado de que no se pierda ninguna partícula de las retenidas en él.
- Se recoge lo retenido en un recipiente, se seca en el horno a una temperatura de $110 \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$ ($230 \pm 9 \text{ }^\circ\text{F}$) y se pesa.
- Se tamiza en seco siguiendo el procedimiento indicado en las secciones 4.2 y 4.3.

6. CÁLCULOS

6.1 Valores de análisis de tamizado para la porción retenida en el tamiz de 4,760 mm (N° 4).

- Se calcula el porcentaje que pasa el tamiz de 4,760 mm (N° 4) dividiendo el peso que pasa dicho tamiz por el del suelo originalmente tomado y se multiplica el resultado por 100. Para obtener el peso de la porción retenida en el mismo tamiz, réstese del peso original, el peso del pasante por el tamiz de 4,760 mm (N° 4).
- Para comprobar el material que pasa por el tamiz de 9,52 mm (3/8"), se agrega al peso total del suelo que pasa por el tamiz de 4,760 mm (N° 4) el peso de la fracción que pasa el tamiz de 9,52 mm (3/8") y que queda retenida en el de 4,760 mm (N° 4). Para los demás tamices continúese el cálculo de la misma manera.
- Para determinar el porcentaje total que pasa por cada tamiz, se divide el peso total que pasa entre el peso total de la muestra y se multiplica el resultado por 100.

6.2 Valores del análisis por tamizado para la porción que pasa el tamiz de 4,760 mm (N° 4).

- Se calcula el porcentaje de material que pasa por el tamiz de 0,074 mm (N° 200) de la siguiente forma:

$$\% \text{ Pasa } 0,074 = \frac{\text{Peso Total} - \text{Peso Retenido en la tamiz de } 0,074 \text{ mm}}{\text{Peso Total}} \times 100$$

- Se calcula el porcentaje retenido sobre cada tamiz en la siguiente forma:

$$\% \text{ Retenido} = \frac{\text{Peso retenido en la tamiz}}{\text{Peso Total}} \times 100$$

- Se calcula el porcentaje más fino. Restando en forma acumulativa de 100% los porcentajes retenidos sobre cada tamiz.

$$\% \text{ Pasa} = 100 - \% \text{ Retenido acumulado}$$

6.3 Porcentaje de humedad higroscópica. La humedad higroscópica como la pérdida de peso de una muestra secada al aire cuando se seca posteriormente al horno, expresada como un porcentaje del peso de la muestra secada al horno. Se determina de la manera siguiente:

$$\% \text{ Humedad Higroscópica} = \frac{W - W_1}{W_1} \times 100$$

Donde:

- W = Peso de suelo secado al aire
 W_1 = Peso de suelo secado en el horno

7. OBSERVACIONES

7.1 El informe deberá incluir lo siguiente:

- El tamaño máximo de las partículas contenidas en la muestra.
- Los porcentajes retenidos y los que pasan, para cada uno de los tamices utilizados.
- Toda información que se juzgue de interés.

Los resultados se presentarán: (1) en forma tabulada, o (2) en forma gráfica, siendo esta última forma la indicada cada vez que el análisis comprenda un ensayo completo de sedimentación.

Las pequeñas diferencias resultantes en el empate de las curvas obtenidas por tamizado y por sedimento, respectivamente, se corregirán en forma gráfica.

7.2 Los siguientes errores posibles producirán determinaciones imprecisas en un análisis granulométrico por tamizado.

- Aglomeraciones de partículas que no han sido completamente disgregadas. Si el material contiene partículas finas plásticas, la muestra debe ser disgregada antes del tamizado.
- Tamices sobrecargados. Este es el error más común y más serio asociado con el análisis por tamizado y tenderá a indicar que el material ensayado es más grueso de lo que en realidad es. Para evitar esto, las muestras muy grandes deben ser tamizadas en varias porciones y las porciones retenidas en cada tamiz se juntarán luego para realizar la pesada.
- Los tamices han sido agitados por un período demasiado corto o con movimientos horizontales o rotacionales inadecuados. Los tamices deben agitarse de manera que las partículas sean expuestas a las aberturas del tamiz con varias orientaciones y así tengan mayor oportunidad de pasar a través de él.
- La malla de los tamices está rota o deformada; los tamices deben ser frecuentemente inspeccionados para asegurar que no tienen aberturas más grandes que la especificada.
- Pérdidas de material al sacar el retenido de cada tamiz.
- Errores en las pesadas y en los cálculos.



8. REFERENCIAS NORMATIVAS

ASTM	D 422
AASHTO	T 88

DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO DE LOS SUELOS

MTC E 110 – 2000

Este Modo Operativo está basado en las Normas ASTM D 4318 y AASHTO T 89, las mismas que se han adaptado al nivel de implementación y a las condiciones propias de nuestra realidad. Cabe indicar que este Modo Operativo está sujeto a revisión y actualización continua.

Este Modo Operativo no propone los requisitos concernientes a seguridad. Es responsabilidad del Usuario establecer las cláusulas de seguridad y salubridad correspondientes, y determinar además las obligaciones de su uso e interpretación.

1. OBJETIVO

1.1 El límite líquido de un suelo es el contenido de humedad expresado en porcentaje del suelo secado en el horno, cuando éste se halla en el límite entre el estado plástico y el estado líquido.

1.2 El valor calculado deberá aproximarse al centésimo.

2. APARATOS

2.1 *Recipiente para Almacenaje.* Una vasija de porcelana de 115 mm (4 ½") de diámetro aproximadamente.

2.2 *Espátula.* De hoja flexible de unos 75 a 100 mm (3" – 4") de longitud y 20 mm (¾") de ancho aproximadamente.

2.3 *Aparato del límite líquido (o de Casagrande).*

De operación manual. Es un aparato consistente en una taza de bronce con sus aditamentos, construido de acuerdo con las dimensiones señaladas en la Figura 1.

De operación mecánica. Es un aparato equipado con motor para producir la altura y el número de golpes. Figura 1. El aparato debe dar los mismos valores para el límite líquido que los obtenidos con el aparato de operación manual.

2.4 *Acanalador.* Conforme con las dimensiones críticas indicadas en las figuras 1 y 2.

2.5 *Calibrador.* Ya sea incorporado al ranurador o separado, de acuerdo con la dimensión crítica "d" mostrada en la Figura 1, y puede ser, si fuere separada, una barra de metal de 10.00 ± 0.2 mm (0.394 ± 0.008 ") de espesor y de 50 mm (2") de largo, aproximadamente.

2.6 *Recipientes o Pesa Filtros.* De material resistente a la corrosión, y cuya masa no cambie con repetidos calentamientos y enfriamientos. Deben tener tapas que cierren bien, sin costuras, para evitar las pérdidas de humedad de las muestras antes de la pesada inicial y para evitar la absorción de humedad de la atmósfera tras el secado y antes de la pesada final.

2.7 *Balanza.* Una balanza con sensibilidad de 0.01 gr.

2.8 Estufa. Termostáticamente controlado y que pueda conservar temperaturas de $110 \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$ ($230 \pm 9 \text{ }^\circ\text{F}$) para secar la muestra.

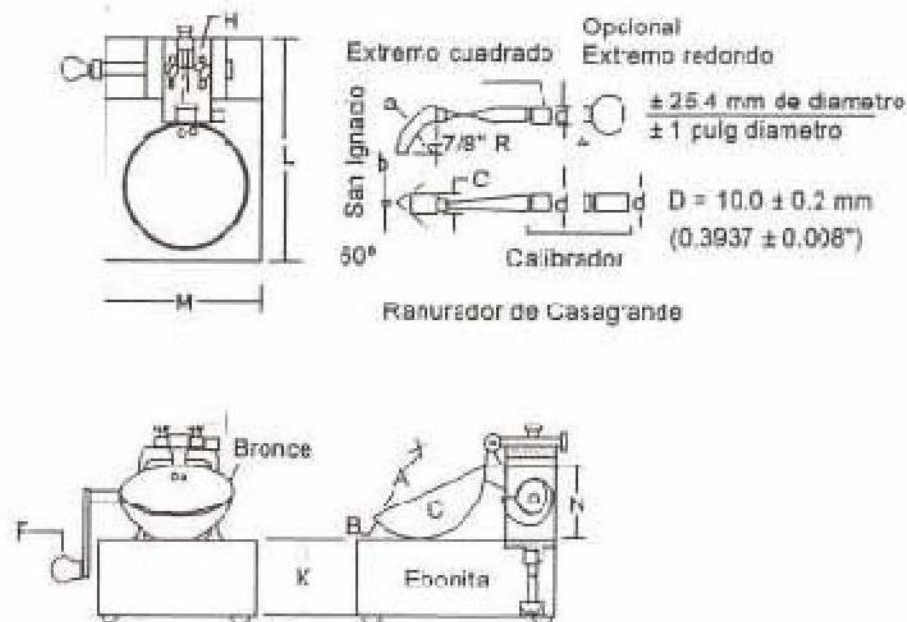


Figura 1. Aparato manual para límite líquido

Tablas de Medidas

Aparato de Límite Líquido								Ranurador		
	Conjunto de la cazuela			Base				Extremo curvado		
Dimensiones	A	B	C	N	K	L	M	a	b	c
Descripción	Radio de la copa	Espesor de la copa	Profundidad de la copa	Copa desde la guía del elevador hasta la base	Espesor	Largo	Ancho	Espesor	Borde cortante	Ancho
Métrico, mm	54	2.0	27	47	50	150	125	10.0	2.0	13.5
Tolerancia, mm	2	0.1	1	1.5	5	5	5	0.1	0.1	0.1
Inglés, pulg	2.13	.079	1.063	1.850	1.97	5.90	4.92	.394	.079	.531
Tolerancia, pulg	.08	.004	.04	.06	.2	.2	.2	.004	.004	.004

Nota:

La platina "H" debe incluir un tornillo de seguridad (I).

Cuando se usan acanaladores podrá admitirse + Q1 mm de tolerancia para "b".

Las patas para la base deberán ser de material resistente.

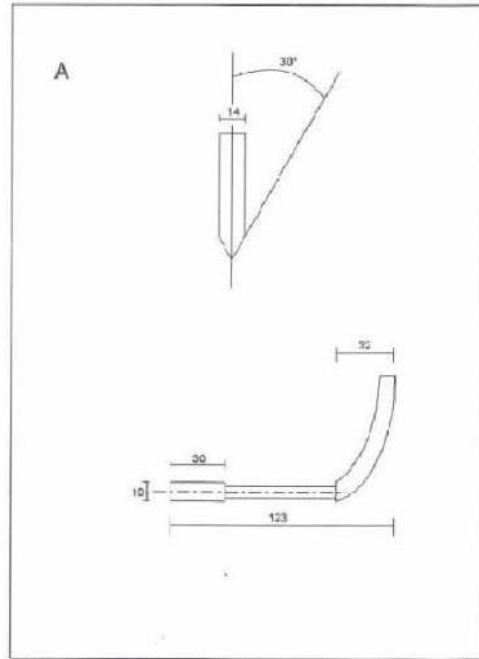


Figura 2. A) Acanalado de la A.S.T.M.

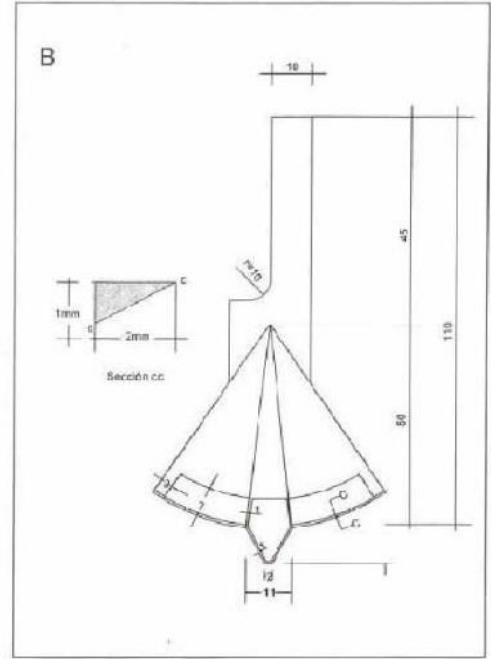


Figura 2. B) Acanalador de hoyanil.

DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO POR EL MÉTODO MULTIPUNTO

3. MUESTRA

Tómese una muestra que pese 150 - 200 g de una porción de material completamente mezclado que pase el tamiz de 0.425 mm (N° 40).

4. AJUSTE DEL APARATO

4.1 Deberá inspeccionarse el aparato de límite líquido para verificar que se halle en buenas condiciones del trabajo. El pin que conecta la taza no debe estar tan gastado que tenga juego lateral, ni el tornillo que la conecta, hallarse tan gastado por el largo uso. Inspecciónese, además, el acanalador para verificar que las dimensiones límites son las indicadas en las figuras 1 y 2.

- Se considera desgaste excesivo, cuando el diámetro del punto de contacto sobre la base de la taza excede de 13 mm (0.5") o cuando cualquier punto sobre el borde de la misma se ha desgastado aproximadamente en la mitad del espesor original. Aun cuando se aprecie una ligera ranura en el centro de la taza, ésta no es objetable. Pero si la ranura se pronuncia antes de que aparezcan otros signos de desgaste, debe considerarse que está excesivamente gastada y deberá reemplazarse.
- Una base que esté excesivamente desgastada puede pulirse; pero hasta cuando la tolerancia mostrada en la Figura 1 no exceda de 2.5 mm (0.1") y la distancia entre la excéntrica de la taza y la base se mantenga dentro de la tolerancia especificada en la Figura 1.

4.2 Por medio del calibrador del mango del ranurador y la platina de ajuste H (Figura 1), ajústese la altura a la cual se levanta la taza, de tal manera que el punto que hace contacto con la base al caer esté exactamente a 1 cm (0.394") sobre ésta. Asegúrese la platina de ajuste H, apretando los tornillos con el calibrador, aún colocado, compruébese el ajuste girando la manija rápidamente varias veces. Si el ajuste es correcto, un sonido de roce se oirá cuando la excéntrica golpea contra la taza, si se levanta del calibrador o no se oye ruido, hágase un nuevo ajuste.

5. PROCEDIMIENTO

5.1 Colóquese la muestra de suelo en la vasija de porcelana y mézclase completamente con 15 a 20 ml de agua destilada, agitándola, amasándola y tajándola con una espátula en forma alternada y repetida. Realizar más adiciones de agua en incrementos de 1 a 3 ml. Mézclase completamente cada incremento de agua con el suelo como se ha descrito previamente, antes de cualquier nueva adición.

- Algunos suelos son lentos para absorber agua, por lo cual es posible que se adicione los incrementos de agua tan rápidamente que se obtenga un límite líquido falso. Esto puede evitarse mezclando más y durante un mayor tiempo, (1 hora aproximadamente).

5.2 Cuando haya sido mezclada suficiente agua completamente con el suelo y la consistencia producida requiera de 30 a 35 golpes de la cazuela de bronce para que se ocasione el cierre,

colóquese una porción de la mezcla en la cazuela sobre el sitio en que ésta reposa en la base, y comprímase hacia abajo, extiéndose el suelo hasta obtener la posición mostrada en la Figura 3 (con tan pocas pasadas de la espátula como sea posible), teniendo cuidado de evitar la inclusión de burbujas de aire dentro de la masa. Nivélase el suelo con la espátula y al mismo tiempo emparéjese hasta conseguir una profundidad de 1 cm en el punto de espesor máximo. Regrésese el exceso de suelo a la Vasija de porcelana.

5.2.1 Divídase el suelo en la taza de bronce por pasadas firmes del acanalador a lo largo del diámetro y a través de la línea central de la masa del suelo de modo que se forme una ranura limpia y de dimensiones apropiadas. Para evitar rasgaduras en los lados de la ranura o escurrimientos de la pasta del suelo a la cazuela de bronce, se permite hacer hasta 6 pasadas de adelante hacia atrás o de atrás hacia adelante, contando cada recorrido como una pasada; con cada pasada el acanalador debe penetrar un poco más profundo hasta que la última pasada de atrás hacia adelante limpie el fondo de la cazuela. Hágase una ranura con el menor número de pasadas posible.



Figura 3. Diagrama ilustrativo del ensayo de límite líquido.

5.3 Elévese y golpéese la taza de bronce girando la manija F, a una velocidad de 1,9 a 2,1 golpes por segundo, hasta que las dos mitades de la pasta de suelo se pongan en contacto en el fondo de la ranura, a lo largo de una distancia de cerca de 13 mm (0.5"). Anótese el número de golpes requeridos para cerrar la ranura.

En lugar de fluir sobre la superficie de la taza algunos suelos tienden a deslizarse. Cuando esto ocurra, deberá agregarse más agua a la muestra y mezclarse de nuevo, se hará la ranura con el acanalador y se repetirá el Punto 5.3; si el suelo sigue deslizándose sobre la taza de bronce a un número de golpes inferior a 25, no es aplicable este ensayo y deberá indicarse que el límite líquido no se puede determinar.

5.4 Sáquese una tajada de suelo aproximadamente del ancho de la espátula, tomándola de uno y otro lado y en ángulo recto con la ranura e incluyendo la porción de ésta en la cual se hizo contacto, y colóquese en un recipiente adecuado.

Pésese y anótese. Colóquese el suelo dentro del pesafiltro en el horno a 110 ± 5 °C (230 ± 9 °F) hasta obtener peso constante y vuélvase a pesar tan pronto como se haya enfriado pero antes de que pueda haber absorbido humedad higroscópica. Anótese este peso, así como la pérdida de peso debida al secamiento y el peso del agua.

5.5 Transfírase el suelo sobrante en la taza de bronce a la cápsula de porcelana. Lávese y séquese la taza de bronce y el ranurador y ámese de nuevo el aparato del límite líquido para repetir el ensayo.

5.6 Repítase la operación anterior por lo menos en dos ensayos adicionales, con el suelo restante en la vasija de porcelana, al que se le ha agregado agua suficiente para ponerlo en un estado de mayor fluidez. El objeto de este procedimiento es obtener muestras de tal consistencia que al menos una de las determinaciones del número de golpes requeridos para cerrar la ranura del suelo se halle en cada uno de los siguientes intervalos: 25-35; 20-30; 15-25. De esta manera, el alcance de las 3 determinaciones debe ser de 10 golpes.

6. CALCULOS

6.1 Calcúlese el contenido de humedad del suelo, expresándolo como porcentaje del peso del suelo secado en el horno, como sigue:

$$\text{Contenido de humedad} = \frac{\text{Peso del agua}}{\text{Peso del suelo secado en el horno}} \times 100$$

- Calcúlese el porcentaje de humedad, con aproximación a un entero.

6.2 Preparación de la curva de fluidez. Trácese una, "curva de fluidez" que represente la relación entre el contenido de humedad y el correspondiente número de golpes de la taza de bronce, en un gráfico de papel semilogarítmico. Con el contenido de humedad como ordenada sobre la escala aritmética, y el número de golpes como Abscisa sobre la escala logarítmica. la curva de flujo es una línea recta promedia, que pasa tan cerca como sea posible a través de los tres o más puntos dibujados.

6.3 Límite líquido. Tómese el contenido de humedad correspondiente a la intersección de la curva de flujo con la ordenada de 25 golpes como límite líquido del suelo y aproxímesese este valor a un número entero.

DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO POR EL MÉTODO DE UN PUNTO

7. APARATOS

Los mismos que se han descrito en el presente modo operativo.

8. PREPARACIÓN DEL ESPÉCIMEN DE ENSAYO

Preparar el espécimen en la misma forma como se describió en las secciones antes descritas, excepto que en el mezclado el contenido de humedad se ajuste a una consistencia que requiere de 20 a 30 golpes de la copa de límite líquido para cerrar la ranura.

9. PROCEDIMIENTO

9.1 El ensayo se efectúa en la misma forma que para el método antes descrito (multipunto) con la diferencia que el contenido de humedad de la muestra se debe tomar cuando el número de golpes requerido para cerrar la ranura esté comprendido entre 20 y 30. Si se requiere menos de 20 o más de 30 golpes, se ajustará el contenido de humedad del suelo y se repetirá el procedimiento.

9.2 Inmediatamente después de remover un espécimen para contenido de humedad como se describe en 5.3 y 5.4, formar nuevamente el suelo en la copa, añadiendo una pequeña cantidad de suelo para reponer la pérdida debida a la ranuración y las orientaciones de muestreo para contenido de humedad. Repetir de 5.2.1 a 5.4 y si el segundo cierre de la ranura requiere el mismo número de golpes o no más de dos golpes de diferencia, tomar otro espécimen para contenido de humedad. De otro modo, mezclar de nuevo todo el espécimen y repetir.

Nota A.1. – El excesivo secado o inadecuado mezclado puede causar variación en el número de golpes.

10. CÁLCULOS

10.1 Determinar el límite líquido para cada espécimen de acuerdo al número de golpes y contenido de humedad, usando una de las siguientes ecuaciones:

$$LL = w^n \left(\frac{N}{25} \right)^{0.121}$$

o:

$$LL = k w^n$$

donde:

N = Número de golpes que causan el cierre de la ranura para el contenido de humedad.

w^n = Contenido de humedad del suelo, para N golpes.

K = factor dado en la Tabla A 1 .

El límite líquido es el promedio de los valores de dos pruebas de límite líquido. Si la diferencia entre las dos pruebas es mayor de uno el ensayo debe repetido.

Tabla A - 1

N (Numero de golpes)	K (Factor para límite líquido)
20	0,974
21	0,979
22	0,985
23	0,990
24	0,995
25	1,000
26	1,005
27	1,009
28	1,014
29	1,018
30	1,022

Tabla 1.- Tabla de estimados de precisión.

Índice de precisión y tipo de ensayo	Desviación Estándar	Rango Aceptable de dos resultados
Precisión de un operador simple Límite Líquido	0,8	2,4
Precisión Multilaboratorio Límite Líquido	3.5	9.9

11. PRECISIÓN Y EXACTITUD

11.1 **PRECISIÓN:** El criterio para juzgar la aceptabilidad de los resultados de los ensayos de Límite Líquido obtenidos por este método de ensayo se da en la Tabla N° 1.

11.2 **EXACTITUD:** No existe un valor de referencia para este método de ensayo; la exactitud no puede ser determinada.

12. REFERENCIA NORMATIVAS.

AASHTO	T 89
ASTM	D 4318



DETERMINACIÓN DEL LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD

MTC E 111 – 2000

Este Modo Operativo está basado en las Normas ASTM D 4318 y AASHTO T 90, las mismas que se han adaptado al nivel de implementación y a las condiciones propias de nuestra realidad. Cabe indicar que este Modo Operativo está sujeto a revisión y actualización continua.

Este Modo Operativo no propone los requisitos concernientes a seguridad. Es responsabilidad del Usuario establecer las cláusulas de seguridad y salubridad correspondientes, y determinar además las obligaciones de su uso e interpretación.

1. OBJETIVO

1.1 Es la determinación en el laboratorio del límite plástico de un suelo y el cálculo del índice de plasticidad (I.P.) si se conoce el límite líquido (L.L.) del mismo suelo.

1.2 Se denomina límite plástico (L.P.) a la humedad más baja con la que pueden formarse barritas de suelo de unos 3,2 mm (1/8") de diámetro, rodando dicho suelo entre la palma de la mano y una superficie lisa (vidrio esmerilado), sin que dichas barritas se desmoronen.

2. APARATOS

2.1 *Espátula, de hoja flexible*, de unos 75 a 100 mm (3" – 4") de longitud por 20 mm (3/4") de ancho.

2.2 *Recipiente para Almacenaje*, de porcelana o similar, de 115 mm (4 1/2") de diámetro.

2.3 *Balanza*, con aproximación a 0.01 g.

2.4 *Horno o Estufa*, termostáticamente controlado regulable a 110 ± 5 °C (230 ± 9 °F).

2.5 Tamiz, de 426 μ m (N° 40).

2.6 Agua destilada.

2.7 Vidrios de reloj, o recipientes adecuados para determinación de humedades.

2.8 Superficie de rodadura. Comúnmente se utiliza un vidrio grueso esmerilado.

3. PREPARACIÓN DE LA MUESTRA

3.1 Si se quiere determinar sólo el L.P., se toman aproximadamente 20 g de la muestra que pase por el tamiz de 426 μ m (N° 40), preparado para el ensayo de límite líquido. Se amasa con agua destilada hasta que pueda formarse con facilidad una esfera con la masa de suelo. Se toma una porción de 1,5 gr a 2,0 gr de dicha esfera como muestra para el ensayo.

- El secado previo del material en horno o estufa, o al aire, puede cambiar (en general, disminuir), el límite plástico de un suelo con material orgánico, pero este cambio puede ser poco importante.

3.2 Si se requieren el límite líquido y el límite plástico, se toma una muestra de unos 15 g de la porción de suelo humedecida y amasada, preparada de acuerdo con la Norma MTC E 110 (determinación del límite líquido de los suelos). La muestra debe tomarse en una etapa del proceso de amasado en que se pueda formar fácilmente con ella una esfera, sin que se pegue demasiado a los dedos al aplastarla. Si el ensayo se ejecuta después de realizar el del límite líquido y en dicho intervalo la muestra se ha secado, se añade más agua.

4. PROCEDIMIENTO

4.1 Se moldea la mitad de la muestra en forma de elipsoide y, a continuación, se rueda con los dedos de la mano sobre una superficie lisa, con la presión estrictamente necesaria para formar cilindros.

4.2 Si antes de llegar el cilindro a un diámetro de unos 3.2 mm (1/8") no se ha desmoronado, se vuelve a hacer una elipsoide y a repetir el proceso, cuantas veces sea necesario, hasta que se desmorone aproximadamente con dicho diámetro.

- El desmoronamiento puede manifestarse de modo distinto, en los diversos tipos de suelo:

En suelos muy plásticos, el cilindro queda dividido en trozos de unos 6 mm de longitud, mientras que en suelos plásticos los trozos son más pequeños.

4.3 La porción así obtenida se coloca en vidrios de reloj o pesa-filtros tarados, se continúa el proceso hasta reunir unos 6 g de suelo y se determina la humedad de acuerdo con la norma MTC E 108.

4.4 Se repite, con la otra mitad de la masa, el proceso indicado en 4.1, 4.2 y 4.3.

5. CÁLCULOS

Calcular el promedio de dos contenidos de humedad. Repetir el ensayo si la diferencia entre los dos contenidos de humedad es mayor que el rango aceptable para los dos resultados listados en la tabla 1 para la precisión de un operador.

Tabla 1.- Tabla de estimados de precisión.

Índice de precisión y tipo de ensayo	Desviación Estándar	Rango Aceptable de dos resultados
Precisión de un operador simple		
Límite Plástico	0,9	2,6
Precisión Multilaboratorio		
Límite Plástico	3.7	10.6

El límite plástico es el promedio de las humedades de ambas determinaciones. Se expresa como porcentaje de humedad, con aproximación a un entero y se calcula así:

$$\text{Límite Plástico} = \frac{\text{Peso de agua}}{\text{Peso de suelo secado al horno}} \times 100$$

6. CÁLCULO DEL ÍNDICE DE PLASTICIDAD

Se puede definir el índice de plasticidad de un suelo como la diferencia entre su límite líquido y su límite plástico.

$$I.P. = L.L. - L.P.$$

donde:

L.L. = Límite Líquido
L.P. = Límite Plástico

L.L. y L.P., son números enteros

- Cuando el límite líquido o el límite plástico no puedan determinarse, el índice de plasticidad se informará con la abreviatura NP (no plástico).
- Así mismo, cuando el límite plástico resulte igual o mayor que el límite líquido, el índice de plasticidad se informará como NP (no plástico).

7. PRECISIÓN Y EXACTITUD

7.1 PRECISIÓN: El criterio para juzgar la aceptabilidad de los resultados de los ensayos de Límite Plástico obtenidos por este método de ensayo se da en la Tabla N° 1.

7.2 EXACTITUD: No existe un valor de referencia para este método de ensayo; la exactitud no puede ser determinada.

8. REFERENCIAS NORMATIVAS

AASHTO	T 90
ASTM	D 4318

COMPACTACION DE SUELOS EN LABORATORIO UTILIZANDO UNA ENERGIA MODIFICADA (56 000 pie-lb/pie³ [2 700 kN-m/m³])

MTC E 115 - 2000

Este Modo Operativo está basado en la Norma ASTM D 1557, la misma que se ha adaptado al nivel de implementación y a las condiciones propias de nuestra realidad. Cabe indicar que este Modo Operativo está sujeto a revisión y actualización continua.

Este Modo Operativo no propone los requisitos concernientes a seguridad. Es responsabilidad del Usuario establecer las cláusulas de seguridad y salubridad correspondientes, y determinar además las obligaciones de su uso e interpretación.

1. OBJETIVO

1.1. Este ensayo abarca los procedimientos de compactación usados en Laboratorio, para determinar la relación entre el Contenido de Agua y Peso Unitario Seco de los suelos (curva de compactación) compactados en un molde de 4 ó 6 pulgadas (101,6 ó 152,4 mm) de diámetro con un pisón de 10 lbf (44,5 N) que cae de una altura de 18 pulgadas (457 mm), produciendo una Energía de Compactación de 56 000 lb-pie/pie³ (2 700 kN-m/m³).

Nota 1: Los suelos y mezclas de suelos-agregados son considerados como suelos finos o de grano grueso o compuestos o mezclas de suelos naturales procesados o agregados tales como grava, limo o piedra partida.

Nota 2: El equipo y procedimiento son los mismos que los propuestos por el Cuerpo de Ingenieros de Estados Unidos en 1945. La prueba de Esfuerzo Modificado es a veces referida como Prueba de Compactación de Proctor Modificado.

1.2. Este ensayo se aplica sólo para suelos que tienen 30% ó menos en peso de sus partículas retenidas en el tamiz de 3/4" pulg (19,0 mm).

Nota 3: Para relaciones entre Peso Unitario y Contenido de Humedad de suelos con 30% ó menos en peso de material retenido en la malla 3/4" (19,0 mm) a Pesos Unitarios y contenido de humedad de la fracción pasante la malla de 3/4" (19,0 mm), ver ensayo ASTM D 4718 ("Método de ensayo para corrección del Peso Unitario y Contenido de Agua en suelos que contienen partículas sobredimensionadas").

1.3. Se proporciona 3 métodos alternativos. El método usado debe ser indicado en las especificaciones del material a ser ensayado. Si el método no está especificado, la elección se basará en la gradación del material.



1.3.1. METODO "A"

1.3.1.1. Molde.- 4 pulg. de diámetro (101,6mm)

1.3.1.2. Material.- Se emplea el que pasa por el tamiz N° 4 (4,75 mm).

1.3.1.3. Capas.- 5

1.3.1.4. Golpes por capa.- 25

1.3.1.5. Uso.- Cuando el 20% ó menos del peso del material es retenido en el tamiz N° 4 (4,75 mm).

1.3.1.6. Otros Usos.- Si el método no es especificado; los materiales que cumplen éstos requerimientos de gradación pueden ser ensayados usando Método B ó C.

1.3.2. METODO "B"

1.3.2.1. Molde.- 4 pulg. (101,6 mm) de diámetro.

1.3.2.2. Materiales.- Se emplea el que pasa por el tamiz de 3/8 pulg (9,5 mm).

1.3.2.3. Capas.- 5

1.3.2.4. Golpes por capa.- 25

1.3.2.5. Usos.- Cuando más del 20% del peso del material es retenido en el tamiz N° 4 (4,75mm) y 20% ó menos de peso del material es retenido en el tamiz 3/8 pulg (9,5 mm).

1.3.2.6. Otros Usos: Si el método no es especificado, y los materiales entran en los requerimientos de gradación pueden ser ensayados usando Método C.

1.3.3. METODO "C"

1.3.3.1. Molde.- 6 pulg. (152,4mm) de diámetro.

1.3.3.2. Materiales.- Se emplea el que pasa por el tamiz ¾ pulg (19,0 mm).

1.3.3.3. Capas.- 5

1.3.3.4. Golpes por Capa.- 56

1.3.3.5. Uso.- Cuando más del 20% en peso del material se retiene en el tamiz 3/8 pulg (9,53 mm) y menos de 30% en peso es retenido en el tamiz 3/4 pulg (19,0 mm).

1.3.4. El molde de 6 pulgadas (152,4 mm) de diámetro no será usado con los métodos A ó B.

Nota 4: Los resultados tienden a variar ligeramente cuando el material es ensayado con el mismo esfuerzo de compactación en moldes de diferentes tamaños.

1.4. Si el espécimen de prueba contiene más de 5% en peso de fracción extradimensionada (fracción gruesa) y el material no será incluido en la prueba se deben hacer correcciones al Peso Unitario y Contenido de Agua del espécimen de ensayo ó la densidad de campo usando el método de ensayo ASTM D-4718.

1.5. Este método de prueba generalmente producirá un Peso Unitario Seco Máximo bien definido para suelos que no drenan libremente. Si el método es usado para suelos que drenan libremente el máximo Peso Unitario Seco no estará bien definida y puede ser menor que la obtenida usando el Método de Prueba ASTM D-4253 (Maximum Index Density and Unit Weight of Soil Using a Vibratory Table).

1.6. Los valores de las unidades en pulgadas-libras son reconocidos como estándar. Los valores dados en unidades del S.I. son proporcionados sólo como información.

1.6.1. En la profesión de Ingeniería es práctica común, usar indistintamente unidades que representan Masa y Fuerza, a menos que se realicen cálculos dinámicos ($F = m \times a$). Esto implícitamente combina dos sistemas de diferentes Unidades, que son el Sistema Absoluto y el Sistema Gravimétrico. Científicamente, no se desea combinar el uso de dos sistemas diferentes en uno estándar. Este método de prueba se ha hecho usando unidades libra-pulgada (Sistema Gravimétrico) donde la libra (lbf) representa a la Unidad de Fuerza. El uso de libra-masa (lbm) es por conveniencia de unidades y no intentar establecer que su uso es científicamente correcto. Las conversiones son dadas en el Sistema Internacional (SI) de acuerdo al ensayo ASTM E-380 ("Practica para el uso de Unidades del Sistema Internacional SI"). El uso de balanzas que registran libra-masa (lbm) ó registran la densidad en lbm/pie^3 no se debe considerar como si no concordase con esta norma.

1.7. Esta norma no hace referencia a todos los riesgos relacionadas con este uso, si los hubiera. Es responsabilidad del usuario establecer la seguridad apropiada y prácticas o pruebas confiables y así determinar la aplicabilidad de limitaciones regulatorias antes de su uso.

2. TERMINOLOGIA

2.1. Definiciones.- Ver Terminología ASTM D-653 para definiciones generales.

2.2. Descripción de Términos Específicos a esta Norma:

2.2.1. Esfuerzo Modificado.- Es el término aplicado para el esfuerzo de compactación de 56 000 lbf/pie³ (2 700 kN-m/m³) aplicado por el equipo y procedimientos de este ensayo.

2.2.2. Máximo Peso Unitario Seco Modificado, $\gamma_{m\acute{a}x}$ (lbf/pie³ ó kN/m³), el máximo valor definido por la curva de compactación del ensayo usando el esfuerzo modificado.

2.2.3. Óptimo Contenido de Humedad Modificado, w_o (%).- Es el contenido de agua al cual el suelo puede ser compactado al máximo Peso Unitario Seco usando el esfuerzo de Compactación Modificada.

2.2.4. Fracción de tamaño mayor (Fracción Gruesa), P_c (%).- Es la porción de la muestra total que no se utiliza en la ejecución del ensayo de compactación; esta puede ser la parte de la muestra total retenida en la malla N° 4 (3,74 mm), 3/8 pulg (9,5 mm) ó 3/4 pulg (19,0 mm).

2.2.5. Fracción Ensayada ó de Prueba (Fracción Fina), P_F (%).- La parte de la muestra total usada en la ejecución de la prueba de compactación; esta puede ser la fracción pasante la malla N°4 (4,75 mm) en el Método A, menor a la malla 3/8 pulg (9,5 mm) en el Método B, ó menor que la malla 3/4 pulg (19,0 mm) en el Método C.

3. RESUMEN DEL ENSAYO

3.1. Un suelo con un contenido de Humedad determinado es colocado en 5 capas dentro de un molde de ciertas dimensiones, cada una de las capas es compactada en 25 ó 56 golpes con un pisón de 10 lbf (44.5 N) desde una altura de caída de 18 pulgadas (457 mm), sometiendo al suelo a un esfuerzo de compactación total de aproximadamente de 56 000 pie-lbf/pie³ (2 700 kN-m/m³). Se determina el Peso Unitario Seco resultante. El procedimiento se repite con un número suficiente de contenidos de agua para establecer una relación entre el Peso Unitario Seco y el Contenido de Agua del Suelo. Estos datos, cuando son plotados, representan una relación curvilínea conocida como curva de Compactación. Los valores de Óptimo Contenido de Agua y Máximo Peso Unitario Seco Modificado son determinados de la Curva de Compactación.

4. IMPORTANCIA Y USO

4.1. El suelo utilizado como relleno en Ingeniería (terraplenes, rellenos de cimentación, bases para caminos) se compacta a un estado denso para obtener propiedades satisfactorias de Ingeniería tales como: resistencia al esfuerzo de corte, compresibilidad ó permeabilidad. También los suelos de cimentaciones son a menudo compactados para mejorar sus propiedades de Ingeniería. Los ensayos de Compactación en Laboratorio proporcionan las bases para determinar el porcentaje de compactación y contenido de agua que se necesitan para obtener las propiedades de Ingeniería requeridas, y para el control de la construcción para asegurar la obtención de la compactación requerida y los contenidos de agua.

4.2. Durante el diseño de los rellenos de Ingeniería, se utilizan los ensayos de corte consolidación permeabilidad u otros ensayos que requieren la preparación de especímenes de ensayo compactado a algún contenido de agua para algún Peso Unitario. Es practica común, primero determinar el óptimo contenido de humedad (w_o) y el Peso Unitario Seco ($\gamma_{m\acute{a}x}$) mediante un ensayo de compactación. Los especímenes de compactación a un contenido de agua seleccionado (w), sea del lado húmedo o seco del óptimo (w_o) ó al óptimo (w_o) y a un Peso Unitario seco seleccionado relativo a un porcentaje del Peso Unitario Seco máximo ($\gamma_{m\acute{a}x}$). La selección del contenido de agua (w), sea del lado húmedo o seco del óptimo (w_o) ó al óptimo (w_o), y el Peso Unitario Seco ($\gamma_{m\acute{a}x}$) se debe basar en experiencias pasadas, o se deberá investigar una serie de valores para determinar el porcentaje necesario de compactación.

5. APARATOS

5.1. **Ensamblaje del Molde.-** Los moldes deben de ser cilíndricos hechos de materiales rígidos y con capacidad que se indican en 5.1.1 ó 5.1.2 y Figuras 1 y 2. Las paredes del molde deberán ser sólidas, partidas o ahusadas. El tipo "partido" deberá tener dos medias secciones circulares, o una sección de tubo dividido a lo largo de un elemento que se pueda cerrar en forma segura formando un cilindro que reúna los requisitos de esta sección. El tipo "ahusado" debe tener un diámetro interno tipo tapa que sea uniforme y no mida más de 0,200 pulg/pie (16,7 mm/m) de la altura del molde. Cada molde tiene un plato base y un collar de extensión ensamblado, ambos de metal rígido y construidos de modo que puedan adherir de forma segura y fácil de desmoldar. El ensamblaje collar de extensión debe tener una altura que sobrepase la parte más alta del molde por lo menos 2,0 pulg (50,8 mm) con una sección superior que sobrepasa para formar un tubo con una sección cilíndrica recta de por lo menos 0,75 pulg. (19,0 mm), por debajo de ésta.

El collar de extensión debe de alinearse con el interior del molde, la parte inferior del plato base y del área central ahuecada que acepta el molde cilíndrico debe ser plana.

5.1.1. **Molde de 4 pulgadas.-** Un molde que tenga en promedio $4,000 \pm 0,016$ pulg ($101,6 \pm 0,4$ mm) de diámetro interior, una altura de $4,584 \pm 0,018$ pulg ($116,4 \pm 0,5$ mm) y un volumen de 0,0333

$\pm 0,0005 \text{ pie}^3$ ($944 \pm 14 \text{ cm}^3$). Un molde con las características mínimas requeridas es mostrado en la Fig. 1.

5.1.2. Molde de 6 pulgadas.- Un molde que tenga en promedio $6,000 \pm 0,026 \text{ pulg}$ ($152,4 \pm 0,7 \text{ mm}$) de diámetro interior, una altura de: $4,584 \pm 0,018 \text{ pulg}$ ($116,4 \pm 0,5 \text{ mm}$) y un volumen de $0,075 \pm 0,0009 \text{ pie}^3$ ($2\,124 \pm 25 \text{ cm}^3$). Un molde con las características mínimas requeridas es mostrando en Fig.2.

5.2. Pisón ó Martillo.- Un pisón operado manualmente como el descrito en 5.2.1. ó mecánicamente como el descrito en 5.2.2. El pisón debe caer libremente a una distancia de $18 \pm 0,05 \text{ pulg}$ ($457,2 \pm 1,6 \text{ mm}$) de la superficie de espécimen. La masa del pisón será $10 \pm 0,02 \text{ lb-m}$ ($4,54 \pm 0,01 \text{ kg}$), salvo que la masa pisón mecánico se ajuste al descrito en el Método de Ensayo ASTM D2168 (ver Nota 5). La cara golpeante del pisón deberá ser plana y circular, excepto el nombrado en 5.2.2.3. con un diámetro de $2,000 \pm 0,005 \text{ pulg}$ ($50,80 \pm 0,13 \text{ mm}$), (Figs. 1 y 2). El pisón deberá ser reemplazado si la cara golpeante se desgasta ó se deforma al punto que el diámetro sobrepase los $2,000 \pm 0,01 \text{ pulg}$ ($50,800 \pm 0,25 \text{ mm}$).

Nota 5: Es práctica común y aceptable en el Sistema de libras-pulgadas asumir que la masa del pisón es igual a su masa determinada utilizado sea una balanza en kilogramos ó libras, y una libra-fuerza es igual a 1 libra-masa ó $0,4536 \text{ kg}$ ó 1 N es igual a $0,2248 \text{ libras-masa}$ ó $0,1020 \text{ kg}$.

5.2.1. Pisón Manual.- El pisón deberá estar equipado con una guía que tenga suficiente espacio libre para que la caída del pisón y la cabeza no sea restringida. La guía deberá tener al menos 4 orificios de ventilación en cada extremo (8 orificios en total) localizados con centros de $\frac{3}{4} \pm 1/16 \text{ pulg}$ ($19,0 \pm 1,6 \text{ mm}$) y espaciados a 90° . Los diámetros mínimo de cada orificio de ventilación deben ser $3/8 \text{ pulg}$ ($9,5 \text{ mm}$). Orificios adicionales ó ranuras pueden ser incorporados en el tubo guía.

5.2.2. Pisón Mecánico Circular.- El pisón puede ser operado mecánicamente de tal manera que proporcione una cobertura completa y uniforme de la superficie del espécimen. Debe haber $0,10 \pm 0,03 \text{ pulg}$ ($2,5 \pm 0,8 \text{ mm}$) de espacio libre entre el pisón y la superficie interna del molde en su diámetro más pequeño. El pisón mecánico debe cumplir los requisitos de calibración requeridos por el Método de Ensayo ASTM D-2168. El pisón mecánico debe estar equipado con medios mecánicos capaz de soportar el pisón cuando no está en operación.

5.2.2.3. Pisón Mecánico - Cara Seccionada.- Cuando es usado un molde de $6,0 \text{ pulg}$. ($152,4 \text{ mm}$), un pisón de cara seccionada puede usarse en lugar del pisón de cara circular. La cara que contacta el espécimen tendrá la forma de un sector circular de radio igual a $2,90 \pm 0,02 \text{ pulg}$. ($73,7 \pm 0,5 \text{ mm}$). El pisón se operará de tal manera los orificios del sector se ubiquen en el centro del espécimen.

5.3. Extractor de Muestras (opcional).- Puede ser una gata, estructura ú otro mecanismo adaptado con el propósito de extraer los especímenes compactados del molde.

5.4. **Balanza.-** Una balanza de tipo GP5 que reúna los requisitos de la Especificación ASTM D – 4753 8”Especificación, Evaluación, Selección y Elección de Balanzas y Escalas para uso en muestras de suelos y rocas”), para una aproximación de 1 gramo.

5.5. **Horno de Secado.-** Con control termostático preferiblemente del tipo de ventilación forzada, capaz de mantener una temperatura uniforme de 230 ± 9 °F (110 ± 5 °C) a través de la cámara de secado.

5.6. **Regla.-** Una regla metálica, rígida de una longitud conveniente pero no menor que 10 pulgadas (254 mm). La longitud total de la regla recta debe ajustarse directamente a una tolerancia de $\pm 0,005$ pulg ($\pm 0,1$ mm). El borde de arrastre debe ser biselado si es más grueso que 1/8 pulg (3 mm).

5.7. **Tamices ó Mallas.-** De $\frac{3}{4}$ pulg (19,0 mm), $\frac{3}{8}$ pulg (9,5 mm) y N° 4 (4,75mm), conforme a los requisitos de la especificaciones ASTM E11 (“Especificación para mallas metálicas con fines de ensayo”).

5.8. **Herramientas de Mezcla.-** Diversas herramientas tales como cucharas, mezclador, paleta, espátula, botella de spray, etc. ó un aparato mecánico apropiado para la mezcla completo de muestra de suelo con incrementos de agua.

6. MUESTRA DE ENSAYO

6.1. La muestra requerida para el Método A y B es aproximadamente 35 lbm (16 kg) y para el Método C es aproximadamente 65 lbm (29 kg) de suelo seco. Debido a esto, la muestra de campo debe tener una peso húmedo de al menos 50 lbm (23 kg) y 100 lbm (45 kg) respectivamente.

6.2. Determinar el porcentaje de material retenido en la malla N° 4 (4,75mm), $\frac{3}{8}$ pulg (9,5mm) ó $\frac{3}{4}$ pulg (19.0mm) para escoger el Método A, B ó C. Realizar esta determinación separando una porción representativa de la muestra total y establecer los porcentajes que pasan las mallas de interés mediante el Método de Análisis por tamizado de Agregado Grueso y Fino (MTC E – 204). Sólo es necesario para calcular los porcentajes para un tamiz ó tamices de las cuales la información es deseada.

7. PREPARACION DE APARATOS

7.1. Seleccionar el molde de compactación apropiado de acuerdo con el Método (A, B ó C) a ser usado. Determinar y anotar su masa con aproximación al gramo. Ensamblar el molde, base y collar de extensión. Chequear el alineamiento de la pared interior del molde y collar de extensión del molde. Ajustar si es necesario.

7.2. Chequear que el ensamblado del pisón este en buenas condiciones de trabajo y que sus partes no estén flojas ó gastado. Realizar cualquier ajuste ó reparación necesario. Si los ajustes ó reparaciones son hechos, el martillo deberá volver a ser calibrado.

8. CALIBRACIÓN

8.1. Las calibraciones se harán antes de iniciar el ensayo, después de reparaciones ú otros casos que puedan afectar los resultados del ensayo, en intervalos no mayores que 1000 muestras ensayadas o anualmente, cualquiera que ocurra primero; para los siguientes aparatos.

8.1.2. **Balanza.**- Evaluar de acuerdo con especificaciones ASTM D4753.

8.1.3. **Moldes.**- Determinar el volumen como se describe en Anexo A1.

8.1.4. **Pisón Manual.**- Verifique la distancia de caída libre, masa del pisón y la cara del pisón de acuerdo con 6.2. Verificar los requisitos de la guía de acuerdo con 6.2.1.

8.1.5. **Pisón Mecánico.**- calibre y ajuste el pisón mecánico de acuerdo al Método de Ensayo D-2168. Además, el espacio libre entre el pisón y la superficie interior del molde debe verificarse de acuerdo a 6.2.2.

9. PROCEDIMIENTO

9.1. SUELOS:

9.1.1. No vuelva a usar el suelo que ha sido compactado previamente en Laboratorio.

9.1.2. Utilice el método de preparación húmedo y cuando se ensaye con suelos que contienen hallosita hidratada o donde la experiencia con determinados suelos indica que los resultados pueden ser alterados por el secado al aire, (ver 9.2).

9.1.3. Preparar los especímenes del suelo para el ensayo de acuerdo al párrafo 9.2 (de preferencia) o con 9.3.

9.2. Método de Preparación Húmeda (Preferido).- Sin secado previo de la muestra, pásela a través del tamiz N° 4 (4,75 mm), 3/8 pulg (9,5 mm) ó ¾ pulg (19,0 mm), dependiendo del Método a ser usado (A, B ó C). Determine el contenido de agua del suelo procesado.

9.2.1. Prepare mínimo cuatro (preferiblemente cinco) especímenes con contenidos de agua de modo que éstos tengan un contenido de agua lo más cercano al óptimo estimado. Un espécimen que tiene un contenido de humedad cercano al óptimo deberá ser preparado primero, por adiciones de agua y mezcla (ver Nota 6). Seleccionar los contenidos de agua para el resto de los especímenes de tal forma que resulten por lo menos dos especímenes húmedos y dos secos de acuerdo al contenido óptimo de agua, que varíen alrededor del 2%. Como mínimo es necesario dos contenidos de agua en el lado seco y húmedo del óptimo para definir exactamente la curva de compactación (ver 9.5). Algunos suelos con muy alto óptimo contenido de agua ó una curva de compactación relativamente plana requieren grandes incrementos de contenido de agua para obtener un Peso Unitario Seco Máximo bien definido. Los incrementos de contenido de agua no deberán excederán de 4%.

Nota 6: Con la práctica es posible juzgar visualmente un punto cercano al óptimo contenido de agua. Generalmente, el suelo en un óptimo contenido de agua puede ser comprimido y quedar así cuando la presión manual cesa, pero se quebrará en dos secciones cuando es doblada. En contenidos de agua del lado seco del óptimo, los suelos tiende a desintegrarse; del lado húmedo del óptimo, se mantienen unidos en una masa cohesiva pegajosa. El óptimo contenido de humedad frecuentemente es ligeramente menor que el límite plástico.

9.2.2. Usar aproximadamente 5 lbm (2,3 kg) del suelo tamizado en cada espécimen que se compacta empleando el Métodos A ó B; ó 13 lbm (5,9 kg) cuando se emplee el Método C. Para obtener los contenidos de agua del espécimen que se indica en 9.2.1, añada o remueva las cantidades requeridas de agua de la siguiente manera: Añada poco a poco el agua al suelo durante la mezcla; para sacar el agua, deje que el suelo se seque en el aire a una temperatura de ambiente o en un aparato de secado de modo que la temperatura de la muestra no exceda de 140 °F (60 °C). Mezclar el suelo continuamente durante el proceso de secado para mantener la distribución del agua en todas partes y luego colóquelo aparte en un contenedor con tapa y ubíquelo de acuerdo con la Tabla N°1 antes de la compactación. Para seleccionar un tiempo de espera, el suelo debe ser clasificado ó seleccionado mediante el método de ensayo ASTM D-2488 ("Método de ensayo para la descripción o identificación de suelos") o mediante datos de otras muestras del mismo material de origen. Para ensayos de determinación, la clasificación deberá ser por Método ASTM D-2487 ("Método de ensayo para clasificación de Suelos").

9.3. Método de Preparación Seca.- Si la muestra está demasiado húmeda, reducir el contenido de agua por secado al aire hasta que el material sea friable. El secado puede ser al aire o por el uso de un aparato de secado tal que la temperatura de la muestra no exceda de 140 °F (60 °C). Disgregar por completo los grumos de tal forma de evitar moler las partículas individuales. Pasar el material por el tamiz apropiado: N°4 (4,75 mm), 3/8 pulg (9,5 mm) ó ¾ pulg (19,0 mm). Durante la

preparación del material granular que pasa la malla $\frac{3}{4}$ pulg para la compactación en el molde de 6 pulgadas, disgregar o separar los agregados lo suficientemente para que pasen el tamiz $\frac{3}{8}$ pulg de manera de facilitar la distribución de agua a través del suelo en el mezclado posterior.

9.3.1. Preparar mínimo cuatro (preferiblemente cinco) especímenes de acuerdo con 9.2.1.

9.3.2. Usar aproximadamente 5 lbm (2,3 kg) del suelo tamizado para cada espécimen a ser compactado cuando se emplee el Método A, B ó 13 libras (5,9 kg) cuando se emplee el Método C. Añadir las cantidades requeridas de agua para que los contenidos de agua de los especímenes tengan los valores descritos en 9.3.1. Seguir la preparación del espécimen por el procedimiento especificado en 9.2.2. para los suelos secos ó adición del agua en el suelo y el curado de cada espécimen de prueba.

9.4. Compactación.- Después del curado si se requiere, cada espécimen se compactará de la siguiente manera:

9.4.1. Determinar y anotar la masa del molde ó molde y el plato de base.

9.4.2. Ensamble y asegure el molde y el collar al plato base. El molde se apoyará sobre un cimiento uniforme y rígido, como la proporcionada por un cilindro o cubo de concreto con una masa no menor de 200 lbm (91kg). Asegurar el plato base a un cimiento rígido. El método de enlace ó unión al cimiento rígido debe permitir un desmolde fácil del molde ensamblado, el collar y el plato base después que se concluya la compactación.

9.4.3. Compactar el espécimen en cinco capas. Después de la compactación, cada capa deberá tener aproximadamente el mismo espesor. Antes de la compactación, colocar el suelo suelto dentro del molde y extenderlo en una capa de espesor uniforme. Suavemente apisonar el suelo antes de la compactación hasta que este no esté en estado suelto o esponjoso, usando el pisón manual de compactación o un cilindro de 2 pulg (5 mm) de diámetro. Posteriormente a la compactación de cada uno de las cuatro primeras capas, cualquier suelo adyacente a las paredes del molde que no han sido compactado o extendido cerca de la superficie compactada será recortada. El suelo recortado puede ser incluido con el suelo adicional para la próxima capa. Un cuchillo ú otro aparato disponible puede ser usado. La cantidad total de suelo usado será tal que la quinta capa compactada se extenderá ligeramente dentro del collar, pero no excederá $\frac{1}{4}$ pulg (6 mm) de la parte superior del molde. Si la quinta capa se extiende en más de $\frac{1}{4}$ pulg (6 mm) de la parte superior del molde, el espécimen será descartado. El espécimen será descartado cuando el último golpe del pisón para la quinta capa resulta por debajo de la parte superior del molde de compactación.

9.4.4. Compactar cada capa con 25 golpes para el molde de 4 pulgadas (101,6 mm) ó 56 golpes para el molde de 6 pulgadas (152,4 mm).

Nota 7: Cuando los especímenes de compactación se humedecen más que el contenido de agua óptimo, pueden producirse superficies compactadas irregulares y se requerirá del juicio del operador para la altura promedio del espécimen.

9.4.5. Al operar el pisón manual del pisón, se debe tener cuidado de evitar la elevación de la guía mientras el pisón sube. Mantener la guía firmemente y dentro de 5° de la vertical. Aplicar los golpes en una relación uniforme de aproximadamente 25 golpes/minuto y de tal manera que proporcione una cobertura completa y uniforme de la superficie del espécimen.

9.4.6. Después de la compactación de la última capa, remover el collar y plato base del molde, excepto como se especifica en 9.4.7. El cuchillo debe usarse para ajustar o arreglar el suelo adyacente al collar, soltando el suelo del collar y removiendo sin permitir el desgarro del suelo bajo la parte superior del molde.

9.4.7. Cuidadosamente enrasar el espécimen compactado, por medio de una regla recta a través de la parte superior e inferior del molde para formar una superficie plana en la parte superior e inferior del molde. Un corte inicial en el espécimen en la parte superior del molde con un cuchillo puede prevenir la caída del suelo por debajo de la parte superior del molde. Rellenar cualquier hoyo de la superficie, con suelo no usado o despejado del espécimen, presionar con los dedos y vuelva a raspar con la regla recta a través de la parte superior e inferior del molde. Repetir las operaciones mencionadas en la parte inferior del espécimen cuando se halla determinado el volumen del molde sin el plato base. Para suelos muy húmedos o muy secos, se perderá suelo o agua si el plato se remueve. Para estas situaciones, dejar el plato base fijo al molde. Cuando se deja unido el plato base, el volumen del molde deberá calibrarse con el plato base unido al molde o a un plato de plástico o de vidrio como se especifica en el anexo A1 (A.1.4.1).

9.4.8. Determine y registre la masa del espécimen y molde con aproximación al gramo. Cuando se deja unido el plato base al molde, determine y anote la masa del espécimen, molde y plato de base con aproximación al gramo.

9.4.9. Remueva el material del molde. Obtener un espécimen para determinar el contenido de agua utilizando todo el espécimen (se refiere este método) o una porción representativa. Cuando se utiliza todo el espécimen, quíbrelo para facilitar el secado. De otra manera se puede obtener una porción cortando axialmente por el centro del espécimen compactado y removiendo 500 gr del material de los lados cortados. Obtener el contenido de humedad de acuerdo al Método MTC E 108.

9.5. Después de la compactación del último espécimen, comparar los Pesos Unitarios Húmedos para asegurar que el patrón deseado de obtención de datos en cada lado del óptimo contenido de humedad sea alcanzado en la curva de compactación para cada Peso Unitario Seco y Plotear el Peso Unitario Húmedo y Contenido de Agua de cada espécimen compactado puede ser una ayuda para realizar esta evaluación. Si el patrón deseado no es obtenido, serán necesarios compactar

especímenes adicionales. Generalmente, un valor de contenido de agua mayor que el contenido de agua definido por el máximo Peso Unitario Húmedo es suficiente para asegurar los datos del lado más húmedo que el óptimo contenido de agua para el máximo Peso Unitario seco.

10. CALCULOS

10.1. Calcule el Peso Unitario Seco y Contenido de Agua para cada espécimen compactado como se explica en 10.3 y 10.4. Plotee los valores y dibuje la curva de compactación como una curva suave a través de los puntos (ver ejemplo, Fig.3). Plotee el Peso Unitario Seco con aproximación 0,1 lbf /pie³ (0,2 kN/m³) y contenido de agua aproximado a 0,1%. En base a la curva de compactación, determine el Óptimo Contenido de Agua y el Peso Unitario Seco Máximo. Si más de 5% en peso del material sobredimensionado (tamaño mayor) fue removido de la muestra, calcular el máximo Peso Especifico y óptimo contenido de Humedad corregido del material total usando la Norma ASTM D4718 (“Método de ensayo para la corrección del Peso Unitario y Contenido de Agua en suelos que contienen partículas sobredimensionadas”). Esta corrección debe realizarse en el espécimen de ensayo de densidad de campo, más que al espécimen de ensayo de laboratorio.

10.2. Plotear la curva de saturación al 100%. Los valores de contenido de agua para la condición de 100% de saturación puede ser calculadas como se explica en 10.5 (ver ejemplo, Fig.3).

Nota 8: La curva de saturación al 100% es una ayuda en el bosquejo de la curva de compactación. Para suelos que contienen más de 10% de finos a contenidos de agua que superan el óptimo, las dos curvas generalmente llegan a ser aproximadamente paralelas con el lado húmedo de la curva de compactación entre 92% á 95% de saturación. Teóricamente, la curva de compactación no puede trazarse a la derecha de la curva de 100% de saturación. Si esto ocurre, hay un error en la gravedad específica, en las mediciones, en los cálculos, en procedimientos de ensayo o en el ploteo.

Nota 9: La curva de 100% de saturación se denomina algunas veces como curva de relación de vacíos cero o la curva de saturación completa.

10.3. Contenido de Agua, w.- Calcular de acuerdo con Método de Ensayo MTC E 108.

10.4. Peso Unitario Seco.- Calcular la densidad húmeda (Ec 1), la densidad seca (Ec 2) y luego el Peso Unitario Seco (Ec 3) como sigue:

$$\rho_m = \frac{(M_t - M_{md})}{1000 * V} \quad (1)$$

donde:

p_m	=	Densidad Húmeda del espécimen compactado	(Mg/m ³)
M_t	=	Masa del espécimen húmedo y molde	(kg)
M_{md}	=	Masa del molde de compactación	(kg)
V	=	Volumen del molde de compactación	(m ³) (Ver Anexo A1)

$$p_d = \frac{p_m}{1 + \frac{w}{100}} \quad (2)$$

donde:

p_d	=	Densidad seca del espécimen compactado	(Mg/m ³)
w	=	contenido de agua	(%)

$$\begin{aligned} \gamma_d &= 62,43 p_d && \text{en} && \text{lb/ft}^3 && (3) \\ \gamma_d &= 9,807 p_d && \text{en} && \text{kN/m}^3 \end{aligned}$$

donde:

$$\gamma_d = \text{peso unitario seco del espécimen compactado.}$$

10.5. En el cálculo de los puntos para el ploteo de la curva de 100% de saturación o curva de relación de vacíos cero del peso unitario seco, seleccione los valores correspondientes de contenido de agua a la condición de 100% de saturación como sigue:

$$W_{\text{sat}} = \frac{(\gamma_w)(G_s) - \gamma_d}{(\gamma_d)(G_s)} \times 100 \quad (4)$$

donde:

W_{sat}	=	Contenido de agua para una saturación completa (%).
γ_w	=	Peso unitario del agua 62,43 lbf/ pie ³ ó (9,807kN/m ³).
γ_d	=	Peso unitario seco del suelo.
G_s	=	Gravedad específica del suelo.

Nota 10.- La gravedad específica puede ser calculada para los especímenes de prueba en base de datos de ensayos de otras muestras de la misma clasificación de suelo y origen. De otro modo sería necesario el ensayo de Gravedad Específica.

11. INFORME

11.1. Reportar la siguiente información:

11.1.1. Procedimiento usado (A, B o C).

11.1.2. Método usado para la preparación (húmedo ó seco).

11.1.3. El contenido de agua recibida, si se determinó.

11.1.4. El óptimo Contenido de Agua Modificado, con aproximación al 0,5.%.

11.1.5. El Peso Unitario Seco Máximo, con aproximación a 0,5 lbf/pie³.

11.1.6. Descripción del Pisón (Manual ó Mecánico).

11.1.7. Datos del tamizado del suelo para la determinación del procedimiento (A, B ó C) empleado.

11.1.8. Descripción o Clasificación del material usado en la prueba.

11.1.9. Gravedad Específica y Método de Determinación.

11.1.10. Origen del material usado en el ensayo, por ejemplo, proyecto, localización, profundidad y similares.

11.1.11. La Curva de Compactación mostrando los puntos de compactación utilizados para establecerla y la curva de 100% saturación, el punto de Peso Unitario Seco Máximo y Optimo Contenido de Agua.



11.1.12. El dato de Corrección por Fracción Sobredimensionada si es usado, incluyendo la fracción sobredimensionada (Fracción Gruesa), Pc en %.

12.PRECISIÓN Y CONFIABILIDAD

12.1. **Precisión.-** Los datos son evaluados para determinar la precisión de este ensayo.

12.2. **Confiabilidad.-** No es posible obtener la información sobre la confiabilidad por que no existe otros métodos de determinación de valores de máximo Peso Unitario Seco Modificada y Optimo Contenido de Humedad.



CBR DE SUELOS (LABORATORIO)

MTC E 132 - 2000

Este Modo Operativo está basado en las Normas ASTM D 1883 y AASHTO T 193, las mismas que se han adaptado al nivel de implementación y a las condiciones propias de nuestra realidad. Cabe indicar que este Modo Operativo está sujeto a revisión y actualización continua.

Este Modo Operativo no propone los requisitos concernientes a seguridad. Es responsabilidad del Usuario establecer las cláusulas de seguridad y salubridad correspondientes, y determinar además las obligaciones de su uso e interpretación.

1. OBJETIVO

1.1 Describe el procedimiento de ensayo para la determinación de un índice de resistencia de los suelos denominado valor de la relación de soporte, que es muy conocido, como CBR (California Bearing Ratio). El ensayo se realiza normalmente sobre suelo preparado en el laboratorio en condiciones determinadas de humedad y densidad; pero también puede operarse en forma análoga sobre muestras inalteradas tomadas del terreno.

1.2 Este índice se utiliza para evaluar la capacidad de soporte de los suelos de subrasante y de las capas de base, subbase y de afirmado.

1.3 Este modo operativo hace referencia a los ensayos para determinación de las relaciones de Peso Unitario - Humedad, usando un equipo modificado.

2. APARATOS Y MATERIALES

2.1 Prensa similar a las usadas en ensayos de compresión, utilizada para forzar la penetración de un pistón en el espécimen. El pistón se aloja en el cabezal y sus características deben ajustarse a las especificadas en el numeral 2.7.

El desplazamiento entre la base y el cabezal se debe poder regular a una velocidad uniforme de 1,27 mm (0.05") por minuto. La capacidad de la prensa y su sistema para la medida de carga debe ser de 44.5 kN (10000 lbf) o más y la precisión mínima en la medida debe ser de 44 N (10 lbf) o menos.

2.2 Molde, de metal, cilíndrico, de 152,4mm \pm 0.66 mm (6 \pm 0.026") de diámetro interior y de 177,8 \pm 0.46 mm (7 \pm 0.018") de altura, provisto de un collar de metal suplementario de 50.8 mm (2.0") de altura y una placa de base perforada de 9.53 mm (3/8") de espesor. Las perforaciones de la base no excederán de 1,6 mm (28 1/16") las mismas que deberán estar uniformemente espaciadas en la circunferencia interior del molde de diámetro (Figura 1a). La base se deberá poder ajustar a cualquier extremo del molde.

2.3 Disco espaciador, de metal, de forma circular, de 150.8 mm (5 15/16") de diámetro exterior y de $61,37 \pm 0,127$ mm ($2,416 \pm 0,005$ ") de espesor (Figura 1b), para insertarlo como falso fondo en el molde cilíndrico durante la compactación.

2.4 Pisón de compactación como el descrito en el modo operativo de ensayo Proctor Modificado, (equipo modificado).

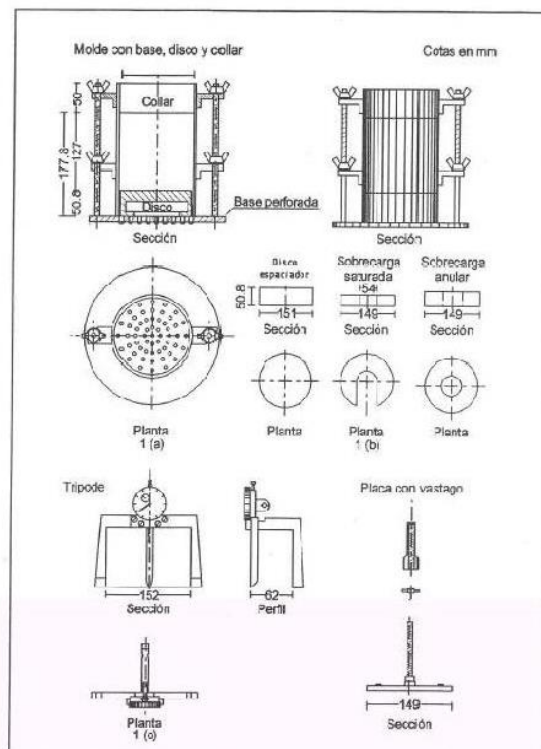


Figura 1.

2.5 Aparato medidor de expansión compuesto por:

- Una placa de metal perforada, por cada molde, de 149.2 mm (5 7/8") de diámetro, cuyas perforaciones no excedan de 1,6 mm (1/16") de diámetro. Estará provista de un vástago en el centro con un sistema de tornillo que permita regular su altura (Figura 1d).
- Un trípode cuyas patas puedan apoyarse en el borde del molde, que lleve montado y bien sujeto en el centro un dial (deformímetro), cuyo vástago coincida con el de la placa, de forma que permita controlar la posición de éste y medir la expansión, con aproximación de 0.025 mm (0.001") (véase Figura 1c).

2.6 Pesas. Uno o dos pesas anulares de metal que tengan una masa total de $4,54 \pm 0,02$ kg y pesas ranuradas de metal cada una con masas de $2,27 \pm 0,02$ kg. Las pesas anular y ranurada deberán tener $5 \frac{7}{8}$ " a $5 \frac{15}{16}$ " (149,23 mm a 150,81 mm) en diámetro; además de tener la pesa, anular un agujero central de $2 \frac{1}{8}$ " aproximado (53,98 mm) de diámetro.

2.7 Pistón de penetración, metálico de sección transversal circular, de $49.63 \pm 0,13$ mm ($1,954 \pm 0,005$ " de diámetro, área de 19.35 cm² (3 pulg²) y con longitud necesaria para realizar el ensayo de penetración con las sobrecargas precisas de acuerdo con el numeral 3.4, pero nunca menor de 101.6 mm (4").

2.8 Dos diales con recorrido mínimo de 25 mm (1") y divisiones lecturas en 0.025 mm (0.001"), uno de ellos provisto de una pieza que permita su acoplamiento en la prensa para medir la penetración del pistón en la muestra.

2.9 Tanque, con capacidad suficiente para la inmersión de los moldes en agua.

2.10 Estufa, termostáticamente controlada, capaz de mantener una temperatura de 110 ± 5 °C (230 ± 9 °F).

2.11 Balanzas, una de 20 kg de capacidad y otra de 1000 g con sensibilidades de 1 g y 0.1 g, respectivamente.

2.12 Tamices, de 4.76 mm (No. 4), 19.05 mm (3/4") y 50,80 mm (2").

2.13 Misceláneos, de uso general como cuarteador, mezclador, cápsulas, probetas, espátulas, discos de papel de filtro del diámetro del molde, etc.

3. PROCEDIMIENTO

El procedimiento es tal que los valores de la relación de soporte se obtienen a partir de especímenes de ensayo que posean el mismo peso unitario y contenido de agua que se espera encontrar en el terreno. En general, la condición de humedad crítica (más desfavorable) se tiene cuando el material está saturado. Por esta razón, el método original del Cuerpo de Ingenieros de E.U.A. contempla el ensayo de los especímenes después de estar sumergidos en agua por un período de cuatro (4) días confinados en el molde con una sobrecarga igual al peso del pavimento que actuará sobre el material.

3.1 Preparación de la Muestra.- Se procede como se indica en las normas mencionadas (Relaciones de peso unitario-humedad en los suelos, con equipo estándar o modificado). Cuando más del 75 % en peso de la muestra pase por el tamiz de 19.1 mm (3/4"), se utiliza para el ensayo el material que pasa por dicho tamiz. Cuando la fracción de la muestra retenida en el tamiz de 19.1 mm (3/4") sea

superior a un 25% en peso, se separa el material retenido en dicho tamiz y se sustituye por una proporción igual de material comprendido entre los tamices de 19.1 mm (3/4") y de 4.75 mm (No. 4), obtenida tamizando otra porción de la muestra.

De la muestra así preparada se toma la cantidad necesaria para el ensayo de apisonado, más unos 5 kg por cada molde CBR.

Se determina la humedad óptima y la densidad máxima por medio del ensayo de compactación elegido. Se compacta un número suficiente de especímenes con variación en su contenido de agua, con el fin de establecer definitivamente la humedad óptima y el peso unitario máximo. Dichos especímenes se preparan con diferentes energías de compactación. Normalmente, se usan la energía del Proctor Estándar, la del Proctor Modificado y una Energía Inferior al Proctor Estándar. De esta forma, se puede estudiar la variación de la relación de soporte con estos dos factores que son los que la afectan principalmente. Los resultados se grafican en un diagrama de contenido de agua contra peso unitario.

Se determina la humedad natural del suelo mediante secado en estufa, según la norma MTC E 108.

Conocida la humedad natural del suelo, se le añade la cantidad de agua que le falte para alcanzar la humedad fijada para el ensayo, generalmente la óptima determinada según el ensayo de compactación elegido y se mezcla íntimamente con la muestra.

3.2 Elaboración de especímenes. Se pesa el molde con su base, se coloca el collar y el disco espaciador y, sobre éste, un disco de papel de filtro grueso del mismo diámetro.

Una vez preparado el molde, se compacta el espécimen en su interior, aplicando un sistema dinámico de compactación (ensayos mencionados, ídem Proctor Estándar o Modificado), pero utilizando en cada molde la proporción de agua y la energía (número de capas y de golpes en cada capa) necesarias para que el suelo quede con la humedad y densidad deseadas (véase Figura 2a). Es frecuente utilizar tres o nueve moldes por cada muestra, según la clase de suelo granular o cohesivo, con grados diferentes de compactación. Para suelos granulares, la prueba se efectúa dando 55, 26 y 12 golpes por capa y con contenido de agua correspondiente a la óptima. Para suelos cohesivos interesa mostrar su comportamiento sobre un intervalo amplio de humedades. Las curvas se desarrollan para 55, 26 y 12 golpes por capa, con diferentes humedades, con el fin de obtener una familia de curvas que muestran la relación entre el peso específico, humedad y relación de capacidad de soporte.

Nota 1. En este procedimiento queda descrito cómo se obtiene el índice CBR para el suelo colocado en un solo molde, con una determinada humedad y densidad. Sin embargo, en cada caso, al ejecutar el ensayo deberá especificarse el número de moldes a ensayar, así como la Humedad y Peso Unitario a que habrán de compactarse.

Si el espécimen se va a sumergir, se toma una porción de material, entre 100 y 500g (según sea fino o tenga grava) antes de la compactación y otra al final, se mezclan y se determina la humedad del Suelo de acuerdo con la Norma MTC E 108. Si la muestra no va a ser sumergida, la porción de material para determinar la humedad se toma del centro de la probeta resultante de compactar el suelo en el molde, después del ensayo de penetración. Para ello el espécimen se saca del molde y se rompe por la mitad.

Terminada la compactación, se quita el collar y se enrasa el espécimen por medio de un enrasador o cuchillo de hoja resistente y bien recta. Cualquier depresión producida al eliminar partículas gruesas durante el enrase, se rellenará con material sobrante sin gruesos, comprimiéndolo con la espátula.

Se desmonta el molde y se vuelve a montar invertido, sin disco espaciador, colocando un papel filtro entre el molde y la base. Se pesa.

3.3 Inmersión. Se coloca sobre la superficie de la muestra invertida la placa perforada con vástago, y, sobre ésta, los anillos necesarios para completar una sobrecarga tal, que produzca una presión equivalente a la originada por todas las capas de materiales que hayan de ir encima del suelo que se ensaya, la aproximación quedará dentro de los 2,27 kg (5,5 lb) correspondientes a una pesa. En ningún caso, la sobrecarga total será menor de 4,54 kg (10 lb) (véase Figura 2b).

Nota 2: A falta de instrucciones concretas al respecto, se puede determinar el espesor de las capas que se han de construir por encima del suelo que se ensaya, bien por estimación o por algún método aproximado. Cada 15 cm (6") de espesor de estructura del pavimento corresponde aproximadamente a 4,54 kg (10 lb) de sobrecarga.

Se toma la primera lectura para medir el hinchamiento colocando el trípode de medida con sus patas sobre los bordes del molde, haciendo coincidir el vástago del dial con el de la placa perforada. Se anota su lectura, el día y la hora. A continuación, se sumerge el molde en el tanque con la sobrecarga colocada dejando libre acceso al agua por la parte inferior y superior de la muestra. Se mantiene la probeta en estas condiciones durante 96 horas (4 días) "con el nivel de agua aproximadamente constante. Es admisible también un período de inmersión más corto si se trata de suelos granulares que se saturan de agua rápidamente y si los ensayos muestran que esto no afecta los resultados (véase Figura 2c).

Al final del período de inmersión, se vuelve a leer el deformímetro para medir el hinchamiento. Si es posible, se deja el trípode en su posición, sin moverlo durante todo el período de inmersión; no obstante, si fuera preciso, después de la primera lectura puede retirarse, marcando la posición de las patas en el borde del molde para poderla repetir en lecturas sucesivas. La expansión se calcula como un porcentaje de la altura del espécimen.

Después del periodo de inmersión se saca el molde del tanque y se vierte el agua retenida en la parte superior del mismo, sosteniendo firmemente la placa y sobrecarga en su posición. Se deja escurrir el molde durante 15 minutos en su posición normal y a continuación se retira la sobrecarga y la placa perforada. Inmediatamente se pesa y se procede al ensayo de penetración según el proceso del numeral siguiente.

Es importante que no transcurra más tiempo que el indispensable desde cuando se retira la sobrecarga hasta cuando vuelve a colocarse para el ensayo de penetración.

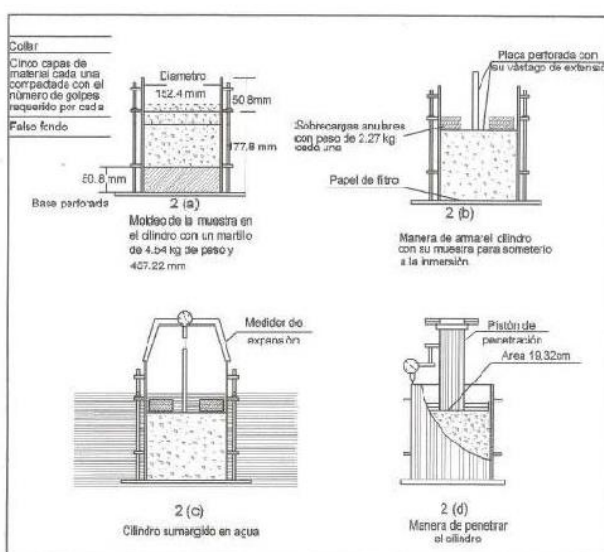


Figura 2. Determinación del valor de la relación de soporte en el laboratorio

3.4 Penetración. Se aplica una sobrecarga que sea suficiente, para producir una intensidad de carga igual al peso del pavimento (con ± 2.27 kg de aproximación) pero no menor de 4.54 kg (10 lb). Para evitar el empuje hacia arriba del suelo dentro del agujero de las pesas de sobrecarga, es conveniente asentar el pistón luego de poner la primera sobrecarga sobre la muestra. Llévase el conjunto a la prensa y colóquese en el orificio central de la sobrecarga anular, el pistón de penetración y añada el resto de la sobrecarga si hubo inmersión, hasta completar la que se utilizó en ella. Se monta el dial medidor de manera que se pueda medir la penetración del pistón y se aplica una carga de 50N (5 kg) para que el pistón asiente. Seguidamente se sitúan en cero las agujas de los diales medidores, el del anillo dinamométrico, u otro dispositivo para medir la carga, y el de control de la penetración (véase Figura 2d). Para evitar que la lectura de penetración se vea afectada por la lectura del anillo de carga, el control de penetración deberá apoyarse entre el pistón y la muestra o molde.

Se aplica la carga sobre el pistón de penetración mediante el gato o mecanismo correspondiente de la prensa, con una velocidad de penetración uniforme de 1.27 mm (0.05") por minuto. Las prensas

manuales no preparadas para trabajar a esta velocidad de forma automática se controlarán mediante el deformímetro de penetración y un cronómetro. Se anotan las lecturas de la carga para las siguientes penetraciones:

Penetración

Milímetros	Pulgadas
0.63	0.025
1.27	0.050
1.90	0.075
2.54	0.100
3.17	0.125
3.81	0.150
5.08	0.200
7.62	0.300
10.16	0.400
12.70	0.500

* Estas lecturas se hacen si se desea definir la forma de la curva, pero no son indispensables.

Finalmente, se desmonta el molde y se toma de su parte superior, en la zona próxima a donde se hizo la penetración, una muestra para determinar su humedad.

4. CÁLCULOS

4.1 Humedad de compactación. El tanto por ciento de agua que hay que añadir al suelo con su humedad natural para que alcance la humedad prefijada, se calcula como sigue:

$$\% \text{ de agua a añadir} = \frac{H - h}{100 + h} \times 100$$

donde:

H = Humedad prefijada
h = Humedad natural

4.2 Densidad o peso unitario. La densidad se calcula a partir del peso del suelo antes de sumergirlo y de su humedad, de la misma forma que en los métodos de ensayo citados. Proctor normal o modificado, para obtener la densidad máxima y la humedad óptima.

4.3 Agua absorbida. El cálculo para el agua absorbida puede efectuarse de dos maneras. Una, a partir de los datos de las humedades antes de la inmersión y después de ésta (numerales 3.2 y 3.4); la diferencia entre ambas se toma normalmente como tanto por ciento de agua absorbida. Otra, utilizando la humedad de la muestra total contenida en el molde. Se calcula a partir del peso seco de la muestra (calculado) y el peso húmedo antes y después de la inmersión.

Ambos resultados coincidirán o no, según que la naturaleza del suelo permita la absorción uniforme del agua (suelos granulares), o no (suelos plásticos). En este segundo caso debe calcularse el agua absorbida por los dos procedimientos.

4.4 Presión de penetración. Se calcula la presión aplicada por el penetrómetro y se dibuja la curva para obtener las presiones reales de penetración a partir de los datos de prueba; el punto cero de la curva se ajusta para corregir las irregularidades de la superficie, que afectan la forma inicial de la curva (véase Figura 3)

4.5 Expansión. La expansión se calcula por la diferencia entre las lecturas del deformímetro antes y después de la inmersión, numeral 3.2. Este valor se refiere en tanto por ciento con respecto a la altura de la muestra en el molde, que es de 127 mm (5").

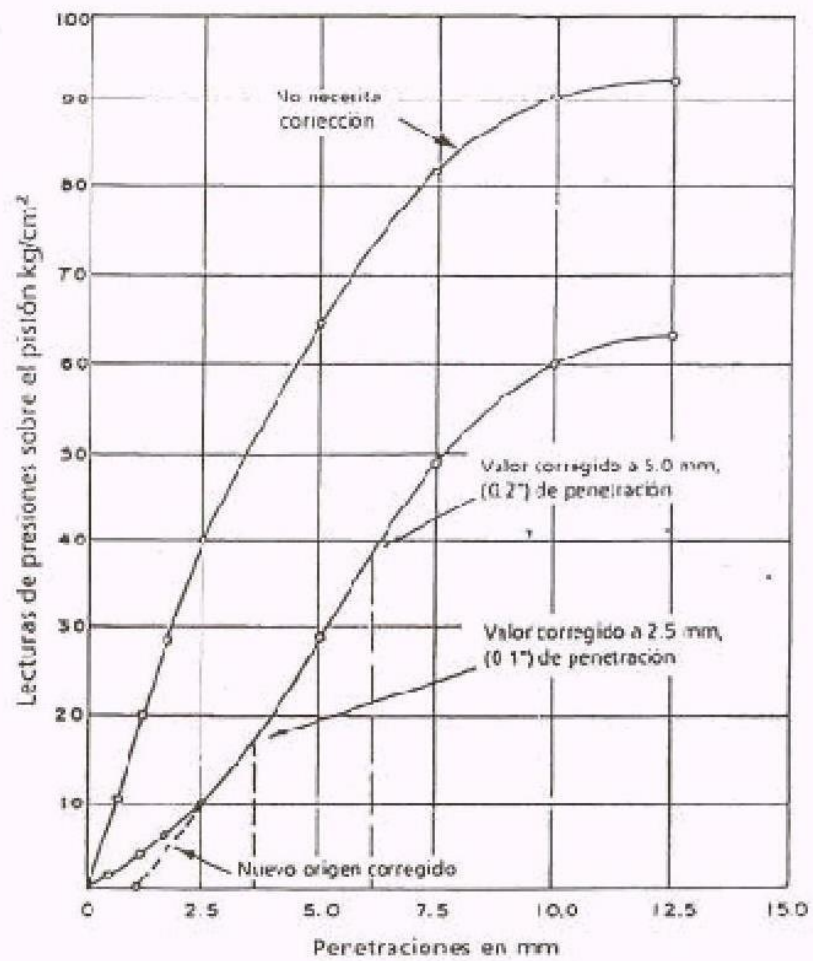


Figura 3.

Es decir:

$$\% \text{ Expansión} = \frac{L_2 - L_1}{127} \times 100$$

Siendo

- L_1 = Lectura inicial en mm.
 L_2 = Lectura final en mm.

4.6 Valor de la relación de soporte (índice resistente CBR). Se llama valor de la relación de soporte (índice CBR), al tanto por ciento de la presión ejercida por el pistón sobre el suelo, para una penetración determinada, en relación con la presión correspondiente a la misma penetración en una muestra patrón. Las características de la muestra patrón son las siguientes:

Penetración		Presión		
Mm	Pulgadas	MN/m ²	kgf/cm ²	lb/plg ²
2,54	0,1	6,90	70,31	1,000
5,08	0,2	10,35	105,46	1,500

Para calcular el índice CBR se procede como sigue:

- Se dibuja una curva que relacione las presiones (ordenadas) y las penetraciones (abscisas), y se observa si esta curva presenta un punto de inflexión. Si no presenta punto de inflexión se toman los valores correspondientes a 2,54 y 5,08 mm (0,1" y 0,2") de penetración. Si la curva presenta un punto de inflexión, la tangente en ese punto cortará el eje de abscisas en otro punto (o corregido), que se toma como nuevo origen para la determinación de las presiones correspondientes a 2,54 y 5,08 mm.
- De la curva corregida tómanse los valores de esfuerzo-penetración para los valores de 2,54 mm y 5,08 mm y calcúlense los valores de relación de soporte correspondientes, dividiendo los esfuerzos corregidos por los esfuerzos de referencia 6,9 MPa (10001b/plg²) y 10,3 MPa (1500 lb/plg²) respectivamente, y multiplíquese por 100. La relación de soporte reportada para el suelo es normalmente la de 2,54 mm (0,1") de penetración. Cuando la relación a 5,08 mm (0,2") de penetración resulta ser mayor, se repite el ensayo. Si el ensayo de comprobación da un resultado similar, úsese la relación de soporte para 5,08 mm (0,2") de penetración.

5. PROCEDIMIENTO PARA EL ENSAYO SOBRE MUESTRAS INALTERADAS

En el caso de muestras inalteradas se procede como sigue:

- Se trabajará en una calicata de aproximadamente 0.80 x 0.80 m.
- Se nivela la superficie y se coloca el molde en el centro del área de trabajo. El molde se le debe haber adicionado el anillo cortador.
- Posteriormente se excava suavemente alrededor del molde, presionándolo para que corte una delgada capa de suelo a su alrededor.
- Se clava el molde en el suelo poco a poco, con ayuda de herramientas apropiadas, hasta llenarlo, haciendo uso de la técnica para la toma de muestras inalteradas que se describe en la norma MTC E 112. Debe entenderse que por ningún motivo la muestra debe ser golpeada, tanto en el proceso de recuperación en el campo, como en su transporte y trabajo de laboratorio

- Una vez lleno el molde, se parafinan sus caras planas y, cuidando de no golpearlo, se traslada al laboratorio. Cuando se vaya a efectuar el ensayo se quita la parafina de ambas caras y, con ayuda de la prensa y el disco espaciador o de un extractor de muestras, se deja un espacio vacío en el molde equivalente al del disco espaciador, enrasando el molde por el otro extremo. A continuación se procede como con las muestras preparadas en el laboratorio. La operación para dejar ese espacio vacío no es necesaria ($7,0" \pm 0,16"$) si se utiliza un molde con 127 mm (5") de altura, en vez de los 177,8 mm, y se monta el collar antes de proceder al ensayo de penetración.

6. INFORME

Los datos y resultados de la prueba que deberán suministrarse son los siguientes:

- Método usado para la preparación y compactación de los especímenes.
- Descripción e identificación de la muestra ensayada.
- Humedad al fabricar el espécimen.
- Peso unitario.
- Sobrecarga de saturación y penetración.
- Expansión del espécimen.
- Humedad después de la saturación.
- Humedad óptima y densidad máxima determinados mediante la norma MTC E 115.
- Curva presión-penetración.
- Valor de relación de soporte (C.B.R.).

7. CORRESPONDENCIA CON OTRAS NORMAS

ASTM	D 1883
AASHTO	T 193

Certificado de ensayos



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE CIENCIAS
LABICER (Laboratorio N° 12)
ANÁLISIS QUÍMICO, CONSULTORÍA E INVESTIGACIÓN




INFORME TÉCNICO N° 1808 – 18 – LABICER

1. DATOS DEL SOLICITANTE
 - 1.1 NOMBRE DEL SOLICITANTE : JERY PAREDES MINAYA
JOSÉ CABRERA NOLE
 - 1.2 D.N.I. : 70225763
73421685
2. CRONOGRAMA DE FECHAS
 - 2.1 FECHA DE RECEPCIÓN : 27 / 09 / 2018
 - 2.2 FECHA DE ENSAYO : 28 / 09 / 2018
 - 2.3 FECHA DE EMISIÓN : 01 / 01 / 2018
3. ANÁLISIS SOLICITADO : ANÁLISIS DE COMPOSICIÓN QUÍMICA
4. DATOS REFERENCIALES DE LA MUESTRA SEGÚN SOLICITANTE
 - 4.1 IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA : 01 MUESTRA DE CENIZA DE CARBÓN MINERAL
5. LUGAR DE RECEPCIÓN : LABORATORIO LABICER - FACULTAD DE CIENCIAS
6. CONDICIONES AMBIENTALES : Temperatura: 19.8°C; Humedad relativa: 64%
7. EQUIPOS UTILIZADOS : DIFRACTÓMETRO DE RAYOS X. PANALYTICAL, EMPYREAN.
8. RESULTADOS

COMPUESTO	FÓRMULA	RESULTADOS	MÉTODO UTILIZADO
Óxido de silicio, %	SiO ₂	54.53	Difracción de Rayos X ^(*)
Óxido de silicio y aluminio, %	Al _{4.54} Si _{1.46} O _{9.73}	24.59	
Óxido de titanio, %	TiO ₂	8.68	
Óxido de hierro, %	Fe ₂ O ₃	2.25	
Fosfato de hierro, %	Fe(PO ₄)	2.22	
Óxido de aluminio, potasio y titanio, %	KT ₃ AlO ₈	7.72	

(*) Ver difractograma en Anexo.

9. VALIDEZ DEL INFORME TÉCNICO
Los resultados de este Informe técnico son válido solo para la muestra proporcionada por el solicitante del servicio en las condiciones indicadas del presente informe técnico.


Bach. Kevin Sulca Q.
Analista
LABICER –UNI


M.Sc. Otilia Acha de la Cruz
Responsable de Análisis
Jefa de Laboratorio
CQP 202

El Laboratorio no se responsabiliza del muestreo ni de la procedencia de la muestra.

ANEXO

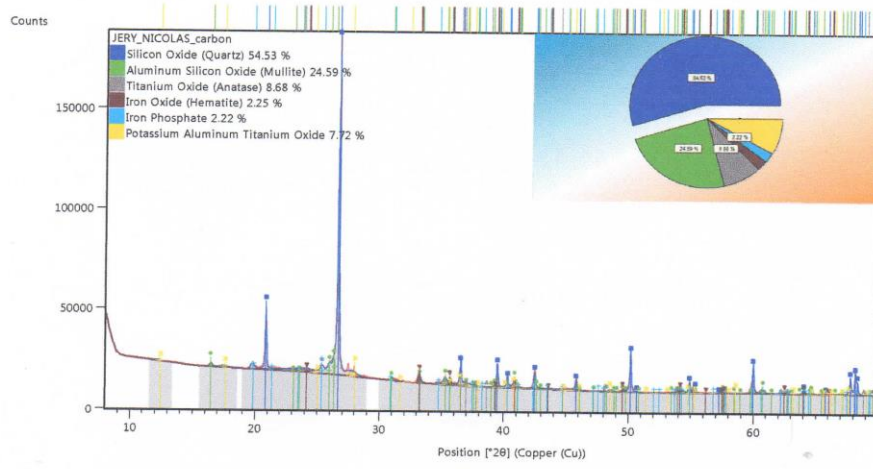


Figura N°1. Difractograma obtenido de la muestra.



Figura N°2. Fotografía de la muestra de ceniza de carbón.





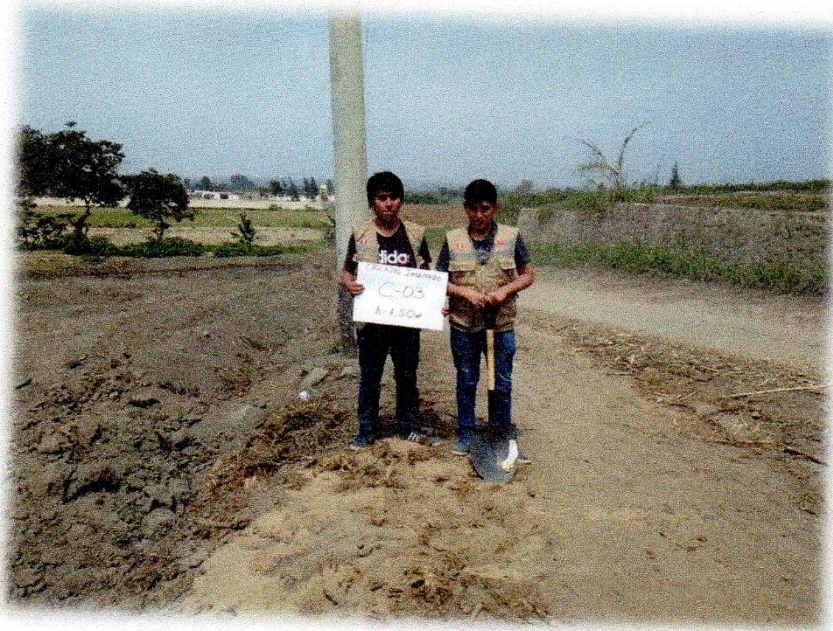
UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

INFORME TÉCNICO DE ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

“ESTABILIZACIÓN DE LOS SUELOS CON CENIZAS DE CARBON MINERAL PARA FINES DE PAVIMENTACION EN EL CENTRO POBLADO DE CASCAJAL IZQUIERDO – SANTA - ANCASH - 2018”



Solicitante: Cabrera Nole Jose Isaac

Paredes Minaya Jery Nicolas

Apoyo técnico: Lener H. Villanueva Vásquez

NUEVO CHIMBOTE, SETIEMBRE DE 2018


Mg. Erika Magaly Mozo Castañeda
Coordinadora de la Escuela de Ingeniería Civil

CAMPUS CHIMBOTE
Av. Central Mz. H Lt. 1
Urb. Buenos Aires - Nuevo Chimbote
Tel.: (043) 483 030 Anx.: 4000


Lener Hamilton Villanueva Vásquez
TÉCNICO DE LABORATORIO



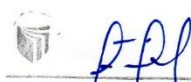
fb/ucv.peru
@ucv_peru
#saliradelante
ucv.edu.pe



INDICE

1.0.- ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS.....3
1.1 GENERALIDADES.....3
1.2 METODOLOGIA DE TRABAJO.....4
2.0.- UBICACIÓN DEL AREA DE ESTUDIO.....6
2.1 CLIMA Y TEMPERATURA.....8
3.0.- GEOLOGIA DEL AREA EN ESTUDIO.....9
4.0.- GEOLOGIA REGIONAL.....13
4.1.- GEOLOGIA LOCAL.....13
4.2.- TECTONISMO.....14
5.0.- TRABAJOS DE CAMPO.....14
6.0.- ENSAYOS DE LABORATORIO.....15
7.0.- ENSAYOS ESTANDAR.....15
8.0.-CLASIFICACION DE SUELOS.....16
9.0.-CARACTERISTICAS DEL TERRENO DE FUNDACION.....16
10.- DETERMINACION DEL POTENCIAL DE EXPANSION.....16
11.- DE LOS TERRENOS COLINDANTES.....17
12.- DATOS GENERALES DE LA ZONA.....17
13.- EFECTO DE SISMO.....19
14.- DESCRIPCION DEL PERFIL ESTRATIGRAFICO.....23
15.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....25


Mg Erika Magaly Mozo Castañeda
Coordinadora de la Escuela de Ingeniería Civil


Lener Hamilton Villanueva Vásquez
TÉCNICO DE LABORATORIO





INFORME TECNICO

1.00 ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS.

1.1. - GENERALIDADES

Objetivos

El objetivo principal del presente estudio de investigación consiste en realizar el estudio de geotecnia y mecánica de suelos, en el marco de la mejora del Estudio Definitivo del Proyecto de investigación "Estabilización de los Suelos con Cenizas de Carbón Mineral para Fines de Pavimentación en el Centro Poblado de Cascajal Izquierdo – santa - ancash - 2018"

El estudio de suelos está orientado a determinar las características físico-mecánicas en las áreas donde se emplazará el proyecto de investigación, con el propósito de estimar su comportamiento así como sus propiedades de esfuerzo y deformación, proporcionándose las condiciones mínimas, capacidad portante admisible, asentamientos diferenciales y las recomendaciones necesarias.

Para alcanzar el objetivo principal, se requiere alcanzar los siguientes objetivos específicos:

- ✓ Elaboración de un estudio geológico que sirva de marco para las investigaciones geotécnicas.
- ✓ Realización de los ensayos de laboratorio de mecánica de suelos.
- ✓ Interpretación de los resultados de las investigaciones geotécnicas de campo y los ensayos de laboratorio.
- ✓ Elaboración de los perfiles estratigráficos y establecimiento de las consideraciones geotécnicas.
- ✓ Elaboración de las recomendaciones técnicas y tipo de edificación.


Mg Erika Magaly Mozo Castañeda
Coordinadora de la Escuela de Ingeniería Civil


Lener Hamilton Villandeva Vásquez
TÉCNICO DE LABORATORIO



Los objetivos secundarios fueron alcanzados mediante la implementación de una metodología de estudio adecuada y la ejecución de un plan de trabajo, que guardaron correspondencia con los términos de referencia establecidos para el presente estudio.

1.2.- Metodología y plan de trabajo

Metodología

El conjunto de actividades de campo, laboratorio y gabinete contemplados en la ejecución de las investigaciones geotécnicas, ha sido implementado en tres fases:

a) Fase preliminar

Esta fase de trabajo estuvo programada para desarrollarse en un lapso de quince días, durante el cual se realizaron las siguientes actividades:

- Recopilación de información básica existente.
- Planeamiento de las distintas actividades de campo y laboratorio de mecánica de suelos, incluyendo el desplazamiento e instalación del personal técnico, equipos de laboratorio y el apoyo logístico correspondiente.

b) Fase de campo y ensayos de laboratorio

- Exploración de campo para el estudio geológico del área de estudio con fines geotécnicos.

Clasificación visual manual de las muestras, Se tomaron muestras alteradas y disturbadas para su análisis en el laboratorio anotando en una libreta sus propiedades físicas observables para complementar los resultados que se obtengan en el laboratorio para los correspondientes ensayos de mecánica de suelos

Los resultados tanto de laboratorio como de campo son plasmados en un perfil estratigráfico que representa la variabilidad de los suelos que conforman el terreno de fundación.



Mg Erika Magaly Mozo Castañeda
Coordinadora de la Escuela de Ingeniería Civil

CAMPUS CHIMBOTE
Av. Central Mz. H Lt. 1
Urb. Buenos Aires - Nuevo Chimbote
T. (042) 422 020 Fax: 4000



Lener Hamilton Villanueva Vásquez
TÉCNICO DE LABORATORIO



fb/ucv.peru
@ucv_peru
#saliradelante
ucv.edu.pe



De los materiales encontrados en los diversos estratos (capas), se tomaron muestras selectivas en forma representativa, los cuales se colocaron en bolsas de polietileno (doble), las que fueron descritas e identificadas siguiendo la norma ASTM D-2488 "Practica Recomendable para la Descripción de Suelos", para posteriormente ser trasladados al laboratorio.

c) Fase de gabinete

Interpretación de los resultados de las investigaciones geotécnicas de campo, ensayos de laboratorio de mecánica de suelos.

- Elaboración de los perfiles geotécnicos representativos del suelo donde se emplazará la obra en mención. Asimismo, la presentación de las profundidades de las napas freáticas encontradas (en caso de presentarse) y los parámetros físicos de suelo con fines de cimentación.
- Recomendaciones técnicas y diseño estructural de cimentación, consideraciones constructivas y sismo resistentes de las obras.
- Conclusiones y recomendaciones del estudio geotécnico.

1.3.- Plan de trabajo

a) Planteamiento del estudio

El planeamiento del estudio geotécnico, ha sido realizado como una parte del sistema interno de control de calidad. Esto incluyó:

- La definición del área del estudio.
- Identificación de las tareas de campo, laboratorio y gabinete a ser emprendidas, y los alcances de las mismas.
- Elaboración de metodologías para cada una de las actividades de campo, laboratorio y trabajos de gabinete.
- Establecimiento de la secuencia de actividades y la interdependencia de las mismas.


Mg Erika Magaly Mozo Castañeda
Coordinadora de la Escuela de Ingeniería Civil

CAMPUS CHIMBOTE
Av. Central Mz. H Lt. 1
Urb. Buenos Aires - Nuevo Chimbote
T. (051) 199 600 4000


Lener Hamilton Vilanueva Vásquez
TECNICO DE LABORATORIO

fb/ucv.peru
@ucv_peru
#saliradelante
ucv.edu.pe





- Procedimientos de interpretación y discusión de los resultados de campo y laboratorio.
- Estimación de los recursos requeridos para el cumplimiento de cada una de las tareas, y determinación de las tareas críticas en cuanto al tiempo y recursos que demanden.

Para el estudio geotécnico, las actividades han sido agrupadas en dos frentes de trabajo:

- Frente de excavación de calicatas.
- Frente de ensayos de laboratorio de mecánica de suelos granulometría, límites de consistencia, contenido de humedad.

El planteamiento del estudio ha sido basado en los mejores datos disponibles en la literatura técnica, normas y manuales técnicos, y la experiencia en campo del técnico.

b) Programa de actividades y recursos logísticos

La empresa, ha cumplido con los recursos humanos y logísticos ofrecidos en su propuesta técnica-económica, es decir, se ha mantenido el staff de ingenieros y personal técnico, así como los recursos logísticos ofrecidos y obrero en su totalidad.

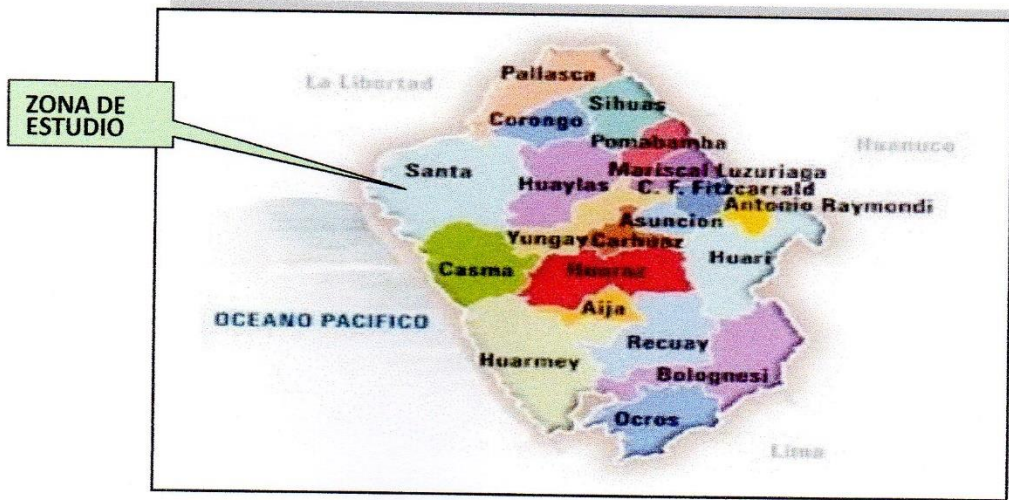
2.0.- Ubicación del área de estudio

El presente proyecto de investigación se ejecutará en el caserío de cascajal izquierdo perteneciente al Distrito de Chimbote, Provincia del Santa, Departamento de Ancash, Región Ancash. Específicamente el proyecto de investigación es "Estabilización de los Suelos con Cenizas de Carbón Mineral para Fines de Pavimentación en el Centro Poblado de Cascajal Izquierdo – santa - ancash - 2018"


Mg. Erika Magaly Mozo Castañeda
Coordinadora de la Escuela de Ingeniería Civil


Lener Hoytilon Vinaso Vásquez
TÉCNICO DE LABORATORIO





FIGURA

Nº 01: Mapa provincial del departamento de Ancash. La zona en estudio se encuentra en la Provincia de Santa.

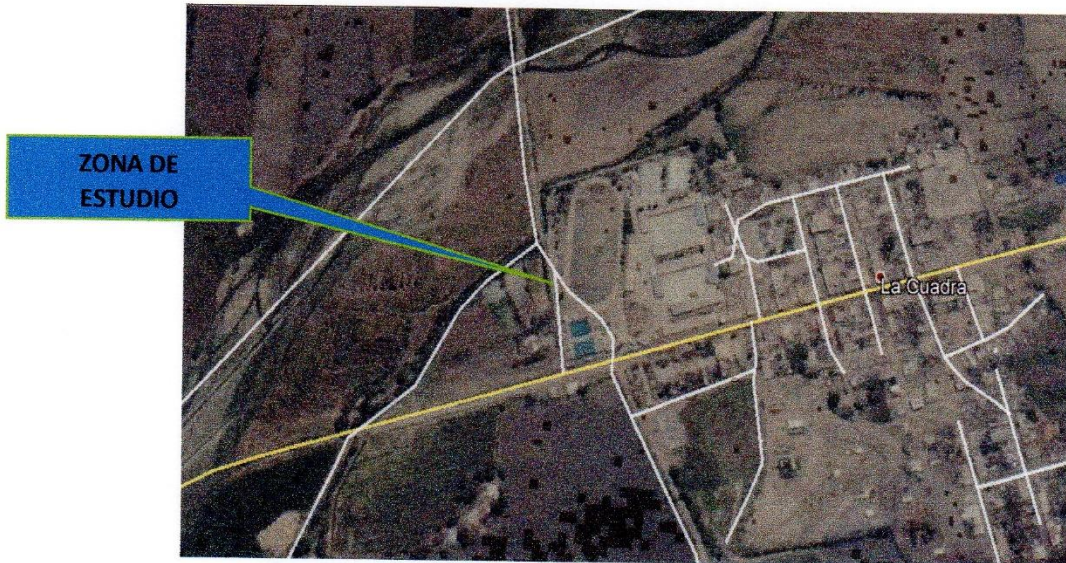


FIGURA Nº 02: La zona en estudio se encuentra en las zonas rurales del caserío de cascajal izquierdo.



CAMPUS CHIMBOTE
 Av. Central Mz. H Lt. 1
 Urb. Buenos Aires - Nuevo Chimbote
 Tel.: (043) 483 030 Anx.: 4000

Mg. Erika Magaly Mozo Castañeda
 Coordinadora de la Escuela de Ingeniería Civil

Lener Hamilton Villanueva Vásquez
 TÉCNICO DE LABORATORIO

fb/ucv.peru
 @ucv_peru
 #saliradelante
 ucv.edu.pe

2.1.- CLIMA Y TEMPERATURA:

El distrito de Chimbote presenta un clima soleado. Las temperaturas en el área varían entre 23°C a 26°C en promedio durante los meses de verano (Noviembre a Abril) y a una temperatura promedio mínima de 15 °C durante los meses de invierno (Mayo a Octubre). El promedio de temperatura en verano es de 26°C y el promedio en invierno es de 18°C.

PRECIPITACION:

Muy raras veces llueve en la región y se sabe de décadas que transcurren sin ella. El régimen de lluvias en la cuenca es relativamente homogéneo, conteniendo en el año dos épocas definidas, una humedad correspondiente a los meses de verano y otra seca ocurriendo básicamente en los meses restantes se pueden considerar como transición entre estas épocas. Se ha observado que el mes de máximas precipitaciones en todas las estaciones analizadas es el mes de marzo y el de mínimas precipitaciones es el mes de Julio.

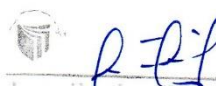
HUMEDAD ATMOSFÉRICA:

Como es normal para las zonas costeras, se considera el distrito de Chimbote está en una zona húmeda. El vapor de agua desempeña un rol importante en la evolución de los fenómenos atmosféricos y en las características fundamentales del clima. Una de las formas de expresar el contenido de vapor de agua del aire es por medio de la humedad relativa en las cuatro estaciones meteorológicas ubicadas en Santa. La humedad relativa media mensual histórica es de 73%. Se dispone de información de horas de sol en las estaciones del Puerto de Chimbote y Rinconada en las cuales se establece que el promedio de horas de brillo solar varía de 7 a 9 horas en los meses de verano y en los meses de invierno varía de 5 a 7 horas.



Mg Erika Magaly Mozo Castañeda
Coordinadora de la Escuela de Ingeniería Civil

CAMPUS CHIMBOTE
Av. Central Mz. H Lt. 1
Urb. Buenos Aires - Nuevo Chimbote
Tel.: (043) 483 030 Anx.: 4000



Lener Hamilton Villanueva Vásquez
TÉCNICO DE LABORATORIO



fb/ucv.peru
@ucv_peru
#saliradelante
ucv.edu.pe



3.0.- GEOLOGIA DEL AREA EN ESTUDIO

3.1. GEOMORFOLOGIA

3.1.1 PRINCIPALES AGENTES MODELADORES

Dentro de los principales que han dado origen a las geoformas actuales, se tiene el agua y el viento como los que han jugado un papel muy importante. Las intensas lluvias que se producen en la región costanera después de largos periodos de sequía, origina grandes torrentes que descienden por las diversas quebradas, los materiales acarreados por dichos torrentes se han acumulado en las planicies bajas en formas de grandes abanicos.

3.1.2. UNIDADES GEOMORFOLOGICAS.

Las unidades geomorfológicas mayores son la faja costanera, los valles de la vertiente pacífica y las estribaciones de la cordillera occidental, dentro de las cuales se pueden identificar en la zona las siguientes unidades menores.

Cuadrángulo de Chimbote, los afloramientos de gabros y rocas asociados se encuentran en la Isla Blanca, cerró señal Taricay y cerro Tambo. Los afloramientos de gabros tienen coloraciones oscuras que se diferencian de las rocas adyacentes por su mayor resistencia a la erosión. En algunos casos tienen morfología resaltante, como el caso del Cerro Tortugas, Cerro Prieto, Cerro Samanco, etc.

Los componentes intrusivos iniciales del Batolito de la costa Varían en un rango desde gabro a diorita, según sus características jeroglíficas se han separado en los mapas geológicos respectivos cuerpos de gabro, diorita, microdiorita a diablia y un complejo de diques, cada uno de ellos tiene una forma y distribución espacial.

3.2. SUPER UNIDAD SANTA ROSA

El lado Oeste del Batolito está compuesto por un complejo muy variado de tonalita acida. Las características petrográfica y de campo de este complejo son muy similares a las del complejo de la región Chancay – Huaura (Cobbing yPitcher, 1972). Ya que el complejo de la tonalita acida de la región de Casma representa claramente

la continuación hacia el norte, del Complejo Tonalita Santa Rosa de Cobbing y Pitcher; Child R. (1976) prefiere mantener el nombre y sin embargo cambia la denominación de "Complejo" por la de "Super Unidad"

La súper unidad Santa Rosa es la más amplia de las unidades intrusivas que forman el Batolito cubriendo aproximadamente el 60 % del área total, correspondiente a las rocas intrusivas. Aflora en una extensa franja que va desde Chimbote en el Norte, hasta la quebrada Berna Puquio en el Sur (Culebras) y se prolonga más hacia el Sur a los Cuadrángulos adyacentes

3.2.1. DEPOSITOS CUATERNARIOS

La evidencia del levantamiento y erosión de la región se sustenta en la presencia de terrazas marinas levantadas, depósitos marinos recientes, terrazas aluviales levantadas, depósitos aluviales recientes, depósitos eólicos estabilizados y acumulaciones eólicas en actividad, etc. Todos estos depósitos fluvio-aluviales depósitos residuales y aun los deslizamientos constituyen la cobertura del material reciente que recubren gran parte del área de estudio y por simplificación de le ha agrupado como depósitos marinos, eólicos y aluviales.

3.2.2. DEPOSITOS MARINOS

Se encuentran distribuidos a lo largo del litoral, especialmente en las bahías y efirantes; consiste de arenas semiconsolidadas con estratificación sesgada, cuyos componentes son cuarzo de 1 a 3 milímetros, granos oscuros de rocas volcánicas finas en algunos casos con fragmentos de conchas en una matriz de arena gruesa. Los remanentes de depósitos marinos levantados en general se inclinan suavemente hacia el Oeste.

3.2.3. DEPOSITOS EOLICOS

Se pueden distinguir dos tipos de arenas eólicas; los montículos de arenas eólicas; los montículos de arena estabilizadas y depósitos de arena en movimiento o continua evolución.





Las arenas estabilizadas se observan al Este de la ciudad de Chimbote, al Sur de Samanco, etc.

Los procesos eólicos trabajan rápidamente las arenas y cubren los depósitos de playas, estos últimos representan la fuente principal del material eólico que se transporta hacia el continente, El avance continuo de las arenas ha definido cuerpos alargados, longitudinales conocidos como médanos que avanzan hacia el continente sobre yaciendo a rocas cretáceas.

3.2.4 DEPOSITOS ALUVIALES

Como se observa en los mapas geológicos los depósitos aluviales son más abundantes en el cuadrángulo de Casma, en estrecha relación con la mayor extensión de rocas plutónicas, las cuales son más fácilmente erosionables, originando depósitos arenosos gruesos y limoarcillas

En los depósitos aluviales se incluyen la terrazas los rellenos de quebradas y valles, así como los depósitos recientes que constituyen las pampas o llanuras aluviales, las terrazas están formadas por gravas arenas y limos que en algunos casos sobreyacen directamente al basamento rocosos, en otros casos constituyen una secuencia gruesa de depósitos aluviales mal seleccionados con clastos de litologías diversas.

En general los depósitos aluviales son más gruesos a heterogéneos hacia el Este, en cambio hacia el Oeste son de fragmentometría más fina y características más homogéneas, por lo que son explotados como agregados y material de construcción.

GEOLOGÍA GENERAL:

La ciudad de Chimbote y sus alrededores está enmarcada dentro de las siguientes geomorfologías:

Unidad de playas.

Unidad de pantano.

CAMPUS CHIMBOTE

Av. Central Mz. H Lt. 1

Urb. Buenos Aires - Nuevo Chimbote

Tel.: (043) 423 030 Fax: 4000



Mg. Erika Magaly Mozo Castañeda
Coordinadora de la Escuela de Ingeniería Civil



Lener Hamilton Villanueva Vésquez
TÉCNICO DE LABORATORIO

fb/ucv.peru
@ucv_peru
#saliradelante

ucv.edu.pe





UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

Unidad de depósitos aluviales de Shisho.

Unidad de colinas.

Unidad de dunas.

c) Unidad de playas

Se ubica a lo largo de la costa de la bahía de Chimbote y Santa, con un ancho promedio de 10 a 30 m. Está constituido de arenas gruesas, arenas finas y conchas marinas, con intercalaciones de arcillas en los laterales.

d) Unidad de pantanos

Limitada por la unidad de playas y ubicada dentro del gran abanico aluvial de Santa, presentándose con nivel freático casi superficial y en las áreas distantes del cono aluvial a consecuencia de la crecida del río Shisho, cuyas aguas se infiltran y fluyen subterráneamente hacia el mar.

En épocas de ocurrencia del Fenómeno "El Niño", el área de pantanos aumenta de extensión superficial, provocando inestabilidades.

e) Unidad de depósitos aluviales del río Shisho

Se encuentra a lo largo del cono aluvial, ensanchándose cerca a la desembocadura del río Shisho en el Océano Pacífico. Los depósitos aluviales se extienden desde Chimbote hasta Santa.

Dentro de esta unidad se encuentra el cauce fluvial del río Shisho, que en épocas de crecidas produce la erosión local y general del cauce e inundación de las planicies inundables, comprometiendo la seguridad de las obras de ingeniería emplazadas en el cauce y faja marginal del río.

Dicha unidad está constituida de arenas, limos y gravas en profundidades de 5 m a 10 m. El nivel freático varía desde 0,00 m (pantano) hasta 1.50 m de profundidad (áreas limítrofes del abanico).



CAMPUS CHIMBOTE

Av. Central Mz. H Lt. 1
Urb. Buenos Aires - Nuevo Chimbote
Tel.: (043) 483 030 Anx.: 4000


Mg. Erika Magaly Mozo Castañeda
Coordinadora de la Escuela de Ingeniería Civil


Lener Hamilton Vinueza Vásquez
TÉCNICO DE LABORATORIO

fb/ucv.peru
@ucv_peru
#saliradelante
ucv.edu.pe



f) Unidad de colinas

Es parte de la vertiente andina, constituida de rocas graníticas cubiertas superficialmente con arenas eólicas, formando colinas suaves y onduladas cuyas pendientes varían de 3° a 10°, como se observa en el reservorio R-III y alrededores. En esta unidad se aprecian depósitos coluviales y proluviales, de granulometría heterométrica.

g) Unidad de dunas

Son depósitos eólicos ubicados en la margen derecha del río Shisho tienen un espesor de 10 m a 20 m aproximadamente.

4.0.- GEOLOGÍA REGIONAL:

Geológicamente, a nivel regional se han reconocido las siguientes unidades estratigráficas:

a) Cretáceo.-

Grupo Casma

Es una secuencia volcánica andesítica, conformada por lavas y brechas, de composición básicamente de andesita y porfirítica que presentan fenocristales de plagioclasas anfíboles y en menor proporción piroxenos. También se observan alteraciones de tipo propilítico, cloritización y silicificación incipiente. En la ciudad de Chimbote el volcánico se encuentra expuesto principalmente en el extremo norte por los cerros Chimbote y Tambo Real, y en el extremo Sur-Este por los cerros Península y División.

La edad de los depósitos anteriores ha sido ubicada a fines del periodo jurásico y cretácico superior.

b) Intrusivos.-

Este segundo tipo de afloramiento existente en la zona se encuentra representado por formaciones de granodiorita, cuya coloración oscila entre gris oscuro y gris claro, su grano varía entre medio y grueso; teniendo su mejor exposición en el lado Este de la ciudad, en las colinas de las Pampas de Chimbote.

CAMPUS CHIMBOTE

Av. Central Mz. H Lt. 1

Urb. Buenos Aires - Nuevo Chimbote

Tel.: (043) 483 030 Anx.: 4000


Mg. Erika Magaly Mozo Castañeda
Coordinadora de la Escuela de Ingeniería Civil


Lener Hamilton Camacho Vásquez
TÉCNICO DE LABORATORIO

fb/ucv.peru

@ucv_peru

#saliradelante

ucv.edu.pe





c) Cuaternario.-

Son los más predominantes en el área de estudio, formada por extensos depósitos la arena eólica, formando muchas veces colinas de poca elevación. Se nota la presencia de materiales aluvionales y fluviales formando depósitos a lo largo del lecho antiguo del Río Shisho, así como en el extremo Norte de la ciudad, conocidos como Cascajal, La Mora, etc. y están constituidos principalmente por los siguientes depósitos:

4.2.- Tectonismo

Esta región es considerada como un área de concentración sísmica caracterizada por movimientos con hipocentros entre 40 y 70 Km. de profundidad frente al litoral de Chimbote y en la falla de Cerro península en Samanco, con relación a los focos sísmicos indicados se estima que en 70 años se puede alcanzar una magnitud de 6.9 mb y una aceleración de 0.28g para condiciones medidas de cimentación en material blando.

5.0.- Trabajo de campo

Calicata.

Con la finalidad de definir el perfil estratigráfico se realizó la apertura de una calicata a cielo abierto de aproximadamente 1.50 mts. De profundidad, el promedio de mi calicata dentro del Sector, denominándola como C-1, C-2, C-3 y C-4, la cual se ubican en el área de estudio, la ubicación de dicha calicata se muestra en el croquis adjunto.

El plano mostrando la ubicación de los sondeos efectuadas, se presenta en el Anexo.

- La relación resumida de las prospecciones realizadas así como los registros de excavaciones se incluyen en el Anexo.




Mg. Erika Magaly Mozo Castañeda
Coordinadora de la Escuela de Ingeniería Civil


Lener Hamilton Villanueva Vásquez
TECNICO DE LABORATORIO



5.1.- Muestreo: se tomaron muestras alteradas o disturbadas de cada estrato, las cuales fueron guardadas y selladas y enviadas al laboratorio, realizándose ensayos con fines de identificación y clasificación.

Registro de sondaje

Paralelamente al avance de las excavaciones de los sondeos, se realizó el registro de excavación vía clasificación manual visual según ASTM D2488, descubriéndose las principales características de los suelos encontrados tales como; espesor tipo de suelo, color, plasticidad, humedad, compacidad etc.

Una apropiada inferencia de los diferentes estratos constitutivos del subsuelo del lugar del emplazamiento de la obra.

6.0.- Ensayos de laboratorio.-

Ensayos de laboratorio de mecánica de suelos

Con las muestras alteradas obtenidas de los sondeos realizados, se han ejecutado los siguientes ensayos estándar: 4 ensayo de análisis granulométrico por tamizado, 4 ensayos de límite líquido y 4 límite plástico, 4 ensayo de contenido de humedad, Las muestras fueron ensayadas en el laboratorio de Universidad Cesar Vallejo, han sido clasificadas utilizando el Sistema Unificado de


Clasificación (SUCS) y American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO).

Los ensayos fueron realizados de acuerdo a las

Norma Peruana E.050 de Mecánica de Suelos, American Society for Testing and Materials (ASTM), American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO).

Los resultados de los ensayos de mecánica de suelos estándar se presentan en el Anexo.


Mg. Erika Magaly Mozo Castañeda
Coordinadora de la Escuela de Ingeniería Civil


Lener Hamilton Villanueva Vásquez
TÉCNICO DE LABORATORIO





7.0.- ENSAYOS ESTARDAR: con las muestras representativas extraídas se realizaron los siguientes ensayos:

1. Análisis Granulométrico. ASTM D 422
2. Contenidos de Humedad. ASTM D 2216
3. Clasificación de los suelos SUCS, ASTM D 2487
4. Descripción visual de los suelos ASTM D 2487

8.0.- CLASIFICACION DE SUELO

Las muestras ensayadas se han clasificado de acuerdo a American Association of State Highway Oficial (AASHTO) y al Sistema Unificado de Clasificación de Suelo (SUCCS).

9.0.- CARACTERISTICAS DEL TERRENO DE FUNDACION.-

De acuerdo al análisis efectuado de la estratigrafía del subsuelo y a los ensayos de laboratorio realizado, se concluye que el suelo natural más desfavorable encontrado en el área de estudio, es del tipo A-2-4, está conformado por un material que presenta las siguientes características:

- | | |
|-----------------------------------|--------|
| -Permeabilidad | - Alta |
| - Expansión | - Baja |
| - Valor como terreno de fundación | - Baja |
| - Característica de Drenaje | - Baja |

10.- DETERMINACION DEL POTENCIAL DE EXPANSIÓN.

De acuerdo a Seed, Woodward y Lundgren, establecieron la siguiente tabla de potencial de expansión determinada en laboratorio

CAMPUS CHIMBOTE
Av. Central Mz. H Lt. 1
Urb. Buenos Aires - Nuevo Chimbote
Tel. (043) 483 030 Anx.: 4000


Mg. Erika Magaly Mozo Castañeda
Coordinadora de la Escuela de Ingeniería Civil


Lener Hamilton Vilamueva Vósquez
TECNICO DE LABORATORIO
fb/ucv.peru
@ucv_peru
#saliradelante
ucv.edu.pe



INDICE DE PLASTICIDAD	POTENCIAL DE EXPANSION
0 -15	BAJO
15 -35	MEDIO
35 – 55	ALTO
>55	MUY ALTO

Se ha estimado el potencial de expansión para cada uno de los puntos de investigación del área en estudio, según los ensayos realizados se desprende que hay presencia de suelos poco o nada expansibles.

11.00.- DE LOS TERRENOS COLINDANTES

- En el área del proyecto de investigación no se ha podido verificar otros estudios Similares al presente.
- ✓ *De las cimentaciones adyacentes*
 - Se ha verificado que la mayoría de las edificaciones adyacentes son de material rustico de tan solo 01 piso. Por la ubicación de las obras previstas en el proyecto, las edificaciones adyacentes no afectaran a las edificaciones a realizarse.

12.00.- DATOS GENERALES DE LA ZONA.

a) **Geodinámica Externa.** – Respecto a este fenómeno lo que se puede anotar es que la zona en estudio se encuentra dentro de la región Media de Sismicidad en el Perú en la Zona 4 cuyo factor es $Z = 0.45$, el cual se interpreta como la aceleración máxima horizontal en suelo rígido con una probabilidad de 10 % de ser excedida en 50 años. El factor Z se expresa como una fracción de la aceleración de la gravedad.

Como un antecedente relativamente cercano tenemos el terremoto del 31 de Mayo de 1970, el cual fue uno de los más catastróficos de la Historia, su epicentro fue localizado a 9.4° Latitud Sur y 79.3° Longitud Oeste, el cual produjo una



CAMPUS CHIMBOTE

Av. Central Mz. H Lt. 1

Urb. Buenos Aires - Nuevo Chimbote

Tel.: (043) 483 030 Anx.: 4000



Mg. Erika Magaly Mozo Castañeda
Coordinadora de la Escuela de Ingeniería Civil



Lener Hamilton
TÉCNICO DE LABORATORIO

fb/ucv.peru

@ucv_peru

#saliradelante

ucv.edu.pe

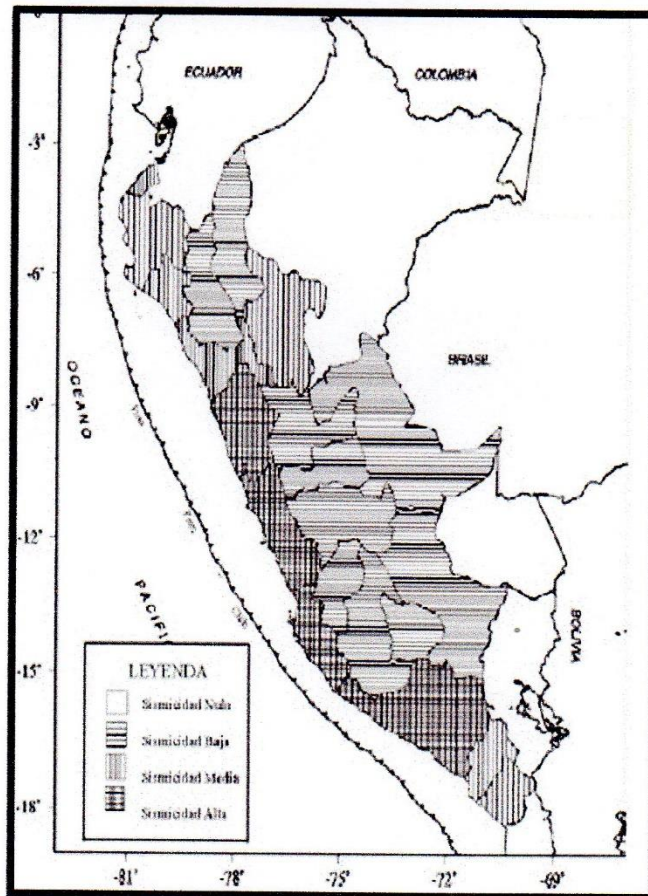


aceleración de 0.24g. La magnitud calculada fue de 7.5° en la escala de Richter, la cual fue menor al Sismo del 26 de febrero de 1619 que alcanzó 7.8° en la escala de Richter.

**Tabla N° 1
FACTORES DE ZONA "Z"**

ZONA	Z
4	0,45
3	0,35
2	0,25
1	0,10

Fuente: Norma Técnica E.030 "Diseño Sismo resistente" Del Reglamento Nacional De Edificaciones 2016.





- b) **terrenos colindantes.**- Adyacentes al terreno se encuentran viviendas y construcciones de la población

13.00- EFECTO DE SISMO

La zona de estudio corresponde al distrito de Chimbote en el departamento de Ancash, la cual se encuentra dentro de la zona 4 del mapa de zonificación sísmica del Perú de acuerdo a la Norma de Diseño Sismorresistente E-030 del Reglamento Nacional de Edificaciones (2016) como se puede observar en la figura 1.

En la figura 2 se muestra el mapa de distribución de máximas intensidades en el Perú. Las fuerzas sísmicas horizontales pueden calcularse de acuerdo a las normas de diseño sismorresistente según la siguiente relación:

$$V = \frac{ZUCS}{R} .P$$

- ✓ Para la zona donde se cimentara, el suelo de cimentación es arena limosa el cual tendrá los siguientes parámetros sísmicos: S es el factor Suelo con un valor de $S=1.1$, para un periodo predominante de $T_p=1.0$ s, y Z es el factor de la zona 4 resultando $Z=0.45g$.

Para el análisis seudo estático se ha empleado una aceleración máxima de $0.42g$, y según la literatura técnica internacional para la selección del coeficiente del análisis seudo estático se ha considerado la mitad de la aceleración máxima de la zona y cuyo valor es 0.21 .





14.00 - DESCRIPCION DEL PERFIL ESTRATIGRAFICO.

En base a los ensayos de campo se deduce la siguiente conformación:

La calicata N° 01, 02, 03 y 04, Tiene una profundidad de 1.50 m. No presenta nivel freático a la profundidad de 1.50 m; Está conformado por una capa uniforme de un suelo arena arcillosa limosa con grava, además presenta 0.10 m de tierra de cultivo por acarreo de avenida de color gris oscuro, con presencia de finos plásticos, condición in situ: no saturado y en estado compacto.

15.0- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Basándose en los trabajos de campo y ensayos de laboratorio realizados, así como el análisis efectuado, se puede concluir lo siguiente:

- El suelo encontrado en esta zona presenta una capa superficial de terreno de cultivo, luego una capa uniforme de suelo de arena arcillosa limosa con grava, arcilla de baja plasticidad arenosa la cual nos da una inestabilidad al encontrarse en contacto con agua..
- No se cuenta con napa freática.





ENSAYO DE ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

(NORMA TECNICA PERUANA NTP 400.012, ASTM D422)

PROYECTO: "ESTABILIZACIÓN DE LOS SUELOS CON CENIZAS DE CARBON MINERAL PARA FINES DE PAVIMENTACION EN EL CENTRO POBLADO DE CASCAJAL IZQUIERDO – SANTA – ANCASH - 2018"

SOLICITANTE: CABRERA NOLE JOSE ISAAC - PAREDES MINAYA JERY NICOLAS

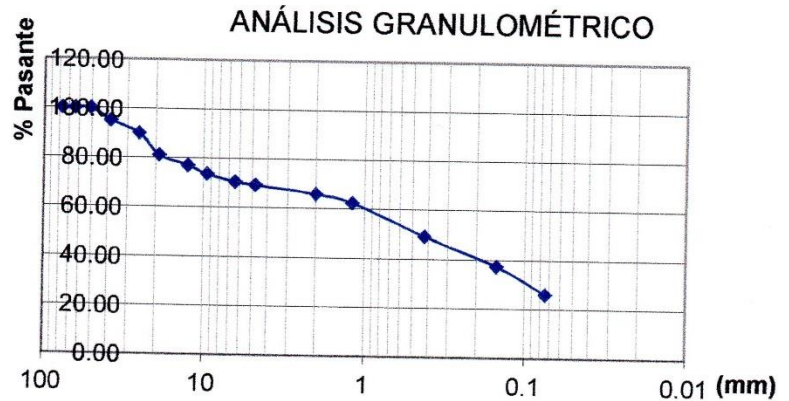
ASUNTO : ENSAYO DE ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

LUGAR : CASCAJAL

UNIDAD : MUESTRA C - 01

TABLA: ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

Desing. del Tamiz US	A Peso Retenido gr.	B % Pasante
4		
3	0.00	0.00
1 1/2	99.90	5.00
1	103.60	5.18
3/4	175.00	8.75
1/2	81.20	4.06
3/8	70.20	3.51
1/4	60.40	3.02
Nº 4	24.60	1.23
Nº 10	66.60	3.33
Nº 16	68.60	3.43
Nº 40	265.60	13.28
Nº 100	238.40	11.92
Nº 200	224.50	11.23
P Nº 200	521.40	26.07



Grava (%)	30.74
Arena (%)	43.19
Finos (%)	26.07
Limite Líquido	28
Limite Plástico	21
Indice Plasticidad	7
Clasif. SUCS	SC-SM
Clasif. AASHTO	A2-4
Contenido de Humedad	1.56

Nota:

SUCS: Arena arcillosa limosa con grava

AASHTO: Grava y arena arcillosa o limosa

Las muestras fueron analizadas por el solicitante en el laboratorio



CAMPUS CHIMBOTE
Av. Central Mz. H Lt. 1
Urb. Buenos Aires - Nuevo Chimbote
Tel.: (043) 483 030 Anx.: 4000

Mg. Erika Magaly Mozo Castañeda
Coordinadora de la Escuela de Ingeniería Civil

Lener Hamilton Villanueva Vásquez
TÉCNICO DE LABORATORIO
#saliradelante
fb/ucv.peru
@ucv_peru
ucv.edu.pe



ENSAYO DE ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

(NORMA TECNICA PERUANA NTP 400.012, ASTM D422)

PROYECTO: “ESTABILIZACIÓN DE LOS SUELOS CON CENIZAS DE CARBON MINERAL PARA FINES DE PAVIMENTACION EN EL CENTRO POBLADO DE CASCAJAL IZQUIERDO – SANTA – ANCASH - 2018”

SOLICITANTE: CABRERA NOLE JOSE ISAAC - PAREDES MINAYA JERY NICOLAS

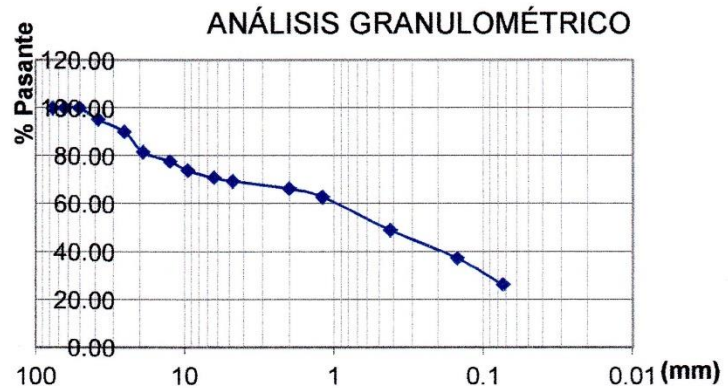
ASUNTO : ENSAYO DE ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

LUGAR : CASCAJAL

UNIDAD : MUESTRA C - 02

TABLA: ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

Desing. del Tamiz US	A Peso Retenido gr,	B % Pasante
4		
3	0.00	0.00
1 1/2	97.40	4.87
1	101.70	5.09
3/4	168.30	8.42
1/2	78.90	3.95
3/8	74.50	3.73
1/4	63.80	3.19
Nº 4	27.30	1.37
Nº 10	63.50	3.18
Nº 16	69.10	3.46
Nº 40	275.40	13.77
Nº 100	236.50	11.83
Nº 200	219.30	10.97
P Nº 200	524.30	26.22



Grava (%)	30.60
Arena (%)	43.18
Finos (%)	26.21
Limite Líquido	27
Limite Plástico	22
Índice Plástico	5
Clasif. SUCS	SC-SM
Clasif. AASHTO	A2-4
Contenido de Humedad	1.35

Nota:

SUCS: Arena arcillosa limosa con grava

AASHTO: Grava y arena arcillosa o limosa

Las muestras fueron analizadas por el solicitante en el laboratorio



CAMPUS CHIMBOTE

Av. Central Mz. H Lt. 1

Urb. Buenos Aires - Nuevo Chimbote

Tel.: (043) 483 030 Anx.: 4000

Mg. Erika Magaly Mozo Castañeda
 Coordinadora de la Escuela de Ingeniería Civil

Lener Hamilton Véliz Vázquez
 TÉCNICO DE LABORATORIO

fb/ucv.peru
 @ucv_peru
 #saliradelante
ucv.edu.pe



ENSAYO DE ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

(NORMA TECNICA PERUANA NTP 400.012, ASTM D422)

PROYECTO: "ESTABILIZACIÓN DE LOS SUELOS CON CENIZAS DE CARBON MINERAL PARA FINES DE PAVIMENTACION EN EL CENTRO POBLADO DE CASCAJAL IZQUIERDO – SANTA – ANCASH - 2018"

SOLICITANTE: CABRERA NOLE JOSE ISAAC - PAREDES MINAYA JERY NICOLAS

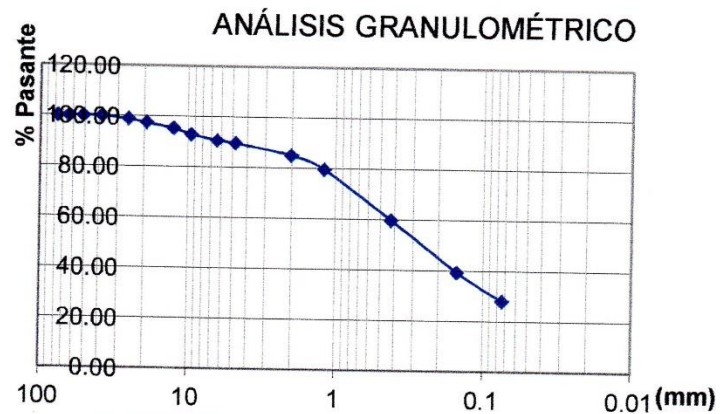
ASUNTO : ENSAYO DE ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

LUGAR : CASCAJAL

UNIDAD : MUESTRA C - 03

TABLA: ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

Desing. del Tamiz US	A Peso Retenido gr.	B % Retenido
4		
3	0.00	0.00
1 1/2	0.00	0.00
1	25.80	1.29
3/4	27.70	1.39
1/2	42.90	2.15
3/8	44.80	2.24
1/4	46.40	2.32
Nº 4	19.80	0.99
Nº 10	91.80	4.59
Nº 16	111.60	5.58
Nº 40	395.20	19.76
Nº 100	407.00	20.35
Nº 200	225.40	11.27
P Nº 200	561.60	28.08



Grava (%)	10.37
Arena (%)	61.55
Finos (%)	28.08
Límite Líquido	26
Límite Plástico	22
Índice Plasticidad	4
Clasif. SUCS	SM
Clasif. AASHTO	A2-4
Contenido de Humedad	1.59

Nota:

SUCS: Arena limosa.

AASHTO: Grava y arena arcillosa o limosa

Las muestras fueron analizadas por el solicitante en el laboratorio



CAMPUS CHIMBOTE

Av. Central Mz. H Lt. 1

Urb. Buenos Aires - Nuevo Chimbote

Tel.: (043) 483 030 Anx.: 4000



Mg. Erika Magaly Mozo Castañeda
Coordinadora de la Escuela de Ingeniería Civil



Lener Hamilton Cármona Vásquez
TÉCNICO DE LABORATORIO

fb/ucv.peru

@ucv_peru

#saliradelante

ucv.edu.pe



ENSAYO DE ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

(NORMA TECNICA PERUANA NTP 400.012, ASTM D422)

PROYECTO: "ESTABILIZACIÓN DE LOS SUELOS CON CENIZAS DE CARBON MINERAL PARA FINES DE PAVIMENTACION EN EL CENTRO POBLADO DE CASCAJAL IZQUIERDO – SANTA – ANCASH - 2018"

SOLICITANTE: CABRERA NOLE JOSE ISAAC - PAREDES MINAYA JERY NICOLAS

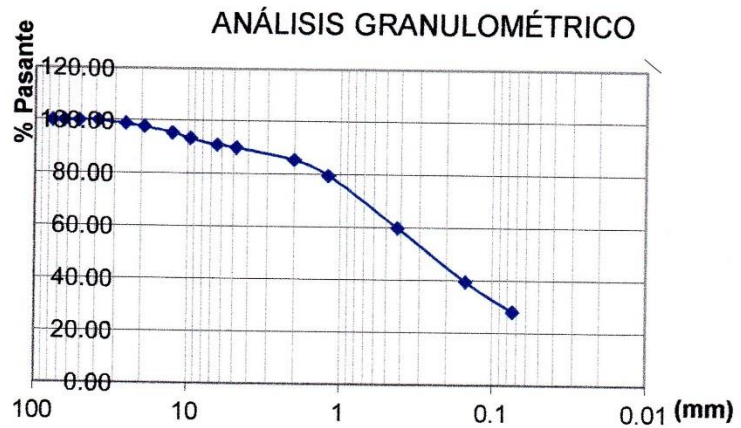
ASUNTO : ENSAYO DE ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

LUGAR : CASCAJAL

UNIDAD : MUESTRA C - 04

TABLA: ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

Desing. del Tamiz US	A Peso Retenido gr.	B % Retenido
4		
3	0.00	0.00
1 1/2	0.00	0.00
1	25.80	1.29
3/4	22.60	1.13
1/2	41.70	2.09
3/8	44.80	2.24
1/4	46.40	2.32
Nº 4	19.80	0.99
Nº 10	91.80	4.59
Nº 16	117.90	5.90
Nº 40	395.20	19.76
Nº 100	407.00	20.35
Nº 200	225.40	11.27
P Nº 200	561.60	28.08





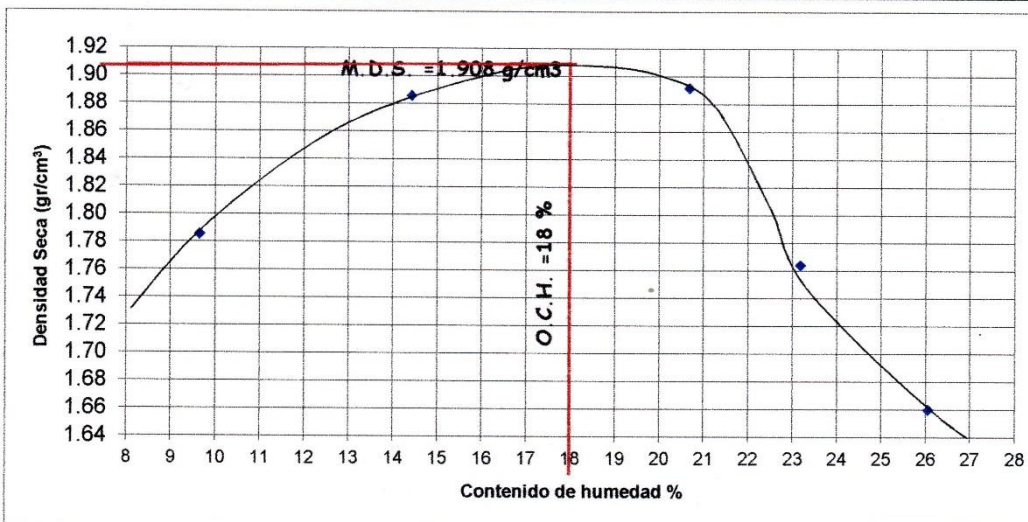
ENSAYO DE COMPACTACIÓN (PROCTOR MODIFICADO)
ASTM D 1556

SOLICITANTE CABRERA NOLE JOSE ISAAC - PAREDES
MINAYA JERY NICOLAS **UBICACIÓN** CASCAJAL

PROYECTO "ESTABILIZACIÓN DE LOS SUELOS CON
CENIZAS DE CARBON MINERAL PARA FINES
DE PAVIMENTACION EN EL CENTRO POBLADO
DE CASCAJAL IZQUIERDO - SANTA - ANCASH
- 2018" **PROFUNDIDAD MUESTRA (m.)** 1.50

CALICATA PATRON **MUESTRA** M-1

MOLDE N°	1	Volumen de Molde (cc) :	921.36	Tipo de Molde:	4"	Temperatura Secado (°C):	110
CAPAS N°	5	Golpes (N°) :	25	Peso de Molde (gr.):	4037.6	Método :	B
MUESTRA	N°		1	2	3	4	5
PESO SUELO HUMEDO+MOLDE	Gr.		5841.5	6025.2	6140.8	6039.6	5965.5
PESO DEL MOLDE	Gr.		4037.6	4037.6	4037.6	4037.6	4037.6
PESO DEL SUELO HUMEDO	Gr.		1803.9	1987.6	2103.2	2002	1927.9
DENSIDAD DE SUELO HUMEDO	Gr./c.c.		1.96	2.16	2.28	2.17	2.09
CONTENIDO DE HUMEDAD							
RECIPIENTE	N°		15	6	18	2	9
PESO SUELO HUMEDO+CAPSULA	Gr.		52.8	46.6	54.4	69.5	72.4
PESO SUELO SECO+CAPSULA	Gr.		50.0	43.3	48.9	60.6	61.9
PESO DE LA CAPSULA	Gr.		21.0	20.4	22.3	22.2	21.6
PESO DEL AGUA	Gr.		2.8	3.3	5.5	8.9	10.5
PESO DEL SUELO SECO	Gr.		29.0	22.9	26.6	38.4	40.3
HUMEDAD	%		9.7	14.4	20.7	23.2	26.1
DENSIDAD DE SUELO SECO	Gr./c.c.		1.79	1.89	1.8916	1.7640	1.66



DENSIDAD MAXIMA = 1.908 HUMEDAD OPTIMA = 18



CAMPUS CHIMBOTE
Av. Central Mz. H Lt. 1
Urb. Buenos Aires - Nuevo Chimbote
Tel.: (043) 483 030 Anx.: 4000

Mg. Erika Magaly Mozo Castañeda
Coordinadora de la Escuela de Ingeniería Civil

Genier Camilla Vivianueva Vásquez
TÉCNICO DE LABORATORIO

fb/ucv.peru
@ucv_peru
#saliradelante
ucv.edu.pe



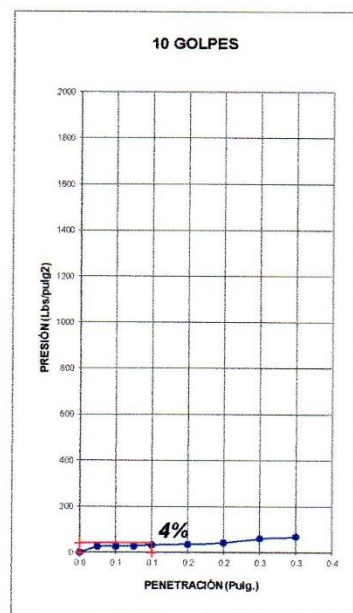
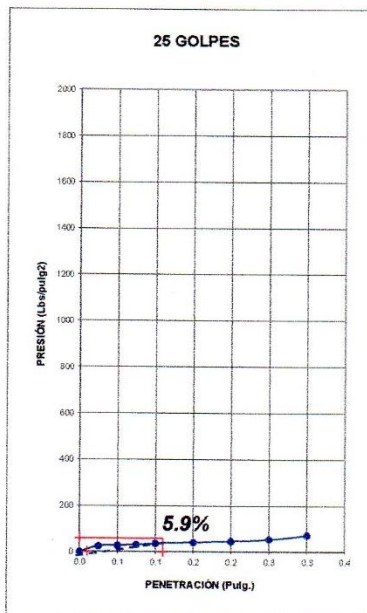
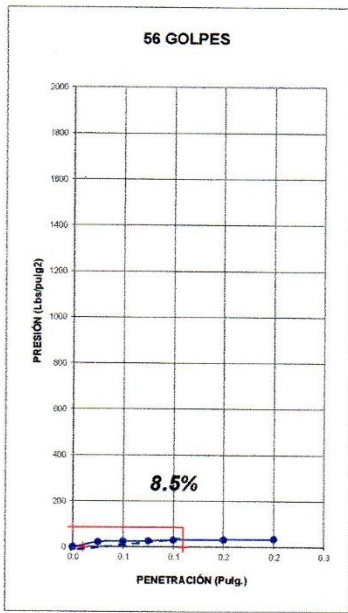
UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

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

SOLICITANTE CABRERA NOLE JOSE ISAAC - PAREDES
MINAYA JERY NICOLAS **UBICACIÓN** CASCAJAL

PROYECTO "ESTABILIZACIÓN DE LOS
SUELOS CON CENIZAS DE CARBON
MINERAL PARA FINES DE PAVIMENTACION EN EL CENTRO
POBLADO DE CASCAJAL **PROFUNDIDAD MUESTRA (m.)** 1.50

CALICATA PATRON **MUESTRA** M-1



PENETRACIÓN (PULG.)	C.B.R. A 95% DE MAXIMA DENSIDAD SECA	C.B.R. A 100% DE MAXIMA DENSIDAD SECA
0,1"	5.225%	8.5%




Mg. Erika Magaly Mozo Castañeda
Coordinadora de la Escuela de Ingeniería Civil


Lener Camilton Villanueva Vásquez
TÉCNICO DE LABORATORIO

CAMPUS CHIMBOTE
Av. Central Mz. H Lt. 1
Urb. Buenos Aires - Nuevo Chimbote
Tel.: (043) 483 030 Anx.: 4000

fb/ucv.peru
@ucv_peru
#saliradelante
ucv.edu.pe



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

SOLICITANTE CABRERA NOLE JOSE ISAAC - **UBICACIÓN** CASCAJAL
PAREDES MINAYA JERY NICOLAS

"ESTABILIZACIÓN DE LOS SUELOS
CON CENIZAS DE CARBON

PROYECTO MINERAL PARA FINES DE **PROFUNDIDAD**
PAVIMENTACION EN EL CENTRO **MUESTRA (m.)** 1.50
POBLADO DE CASCAJAL

CALICATA 4 % CENIZA C.A. **MUESTRA** M-1

MOLDE N°	1		X		3	
	5		5		5	
N° DE CAPAS	56		25		10	
N° DE GOLPES POR CAPA	56		25		10	
MUESTRA	SATURADA	SIN SATURAR	SATURADA	SIN SATURAR	SATURADA	SIN SATURAR
VOLUMEN DE MOLDE	3363.96		3339.85		3339.84	
PESO DE MOLDE	7732.3		7771.9		7939.4	
PESO DE MOLDE + SUELO HUMEDO	12460.8		12501.1		12577.2	
PESO DEL SUELO HUMEDO	4728.5		4729.2		4637.8	
DENSIDAD HUMEDA	1.41		1.42		1.39	
RECIPIENTE N°	18		7		2	
PESO DE RECIPIENTE	21.7		21.2		20.8	
PESO DE RECIPIENTE + SUELO HUM.	164.1		122.6		173.8	
PESO DE RECIPIENTE + SUELO SECO	140.5		106.1		147.3	
PESO DE AGUA	23.6		16.5		26.5	
PESO DE SUELO SECO	118.8		84.9		126.5	
CONTENIDO DE HUMEDAD	19.9		19.4		20.9	
DENSIDAD SECA	1.17		1.19		1.15	

EXPANCIÓN

FECHA	HORA	TIEMPO	56 GOLPES			25 GOLPES			10 GOLPES		
			DIAL	EXPANCIÓN		DIAL	EXPANCIÓN		DIAL	EXPANCIÓN	
				Pulg.	%		Pulg.	%		Pulg.	%

SI EXPANSIVO

PENETRACIÓN

PENETRACIÓN (pulg.)	PATRÓN (Lb/pulg ²)	56 GOLPES			25 GOLPES			10 GOLPES		
		DIAL	CARGA	CARGA UNITARIA	DIAL	CARGA	CARGA UNITARIA	DIAL	CARGA	CARGA UNITARIA
0.025		2.1	75	25	1.9	73	24	1.3	68	23
0.050		3.6	90	30	2.7	81	27	2.1	75	25
0.075		6.9	123	41	3.9	93	31	2.8	82	27
0.100	1000	12.5	179	60	5.4	108	36	3.7	91	30
0.150		21.3	266	89	7	124	41	4.5	99	33
0.200	1500	35.7	408	136	8.6	140	47	5.6	110	37
0.250		46.8	518	173	11.1	165	55	7.7	131	44
0.300		63.9	688	229	16.7	220	73	11.9	173	58
0.400		79.3	841	280	20.6	259	86	15.5	208	69
0.500		96.2	1008	336	24.3	295	98	32.9	381	127

CAMPUS CHIMBOTE
Av. Central Mz. H Lt. 1
Urb. Buenos Aires - Nuevo Chimbote
Tel.: (043) 483 030 Anx.: 4000

Mg. Erika Magaly Mozo Castañeda
Coordinadora de la Escuela de Ingeniería Civil

Lency Hamilton Villanueva Vásquez
TÉCNICO DE LABORATORIO

fb/ucv.peru
@ucv_peru
#saliradelante
ucv.edu.pe



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

ENSAYO DE COMPACTACIÓN (PROCTOR MODIFICADO) ASTM D 1556

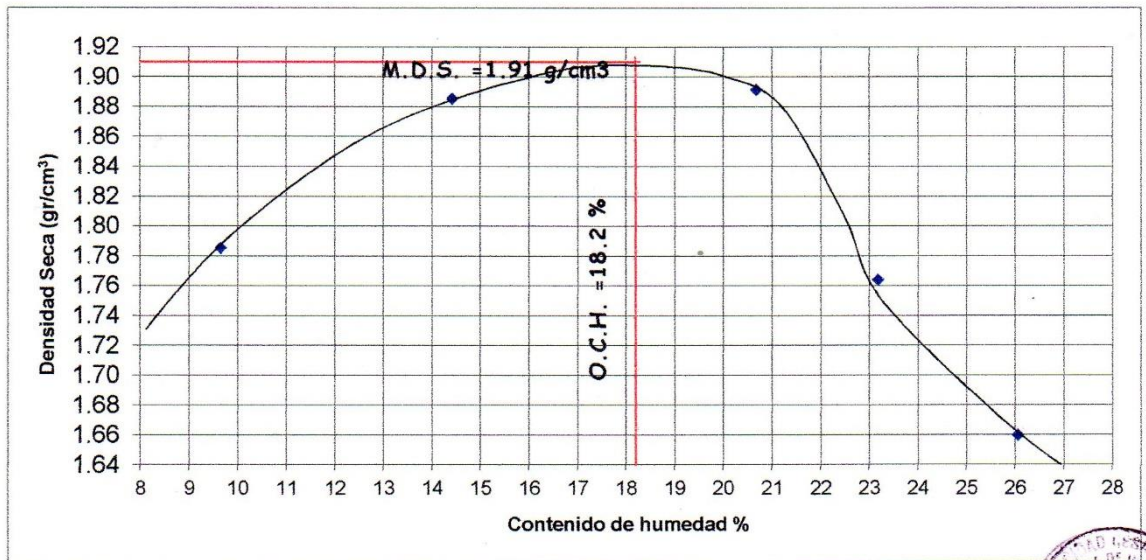
SOLICITANTE CABRERA NOLE JOSE ISAAC - PAREDES **UBICACIÓN** CASCAJAL
MINAYA JERY NICOLAS

PROYECTO "ESTABILIZACIÓN DE LOS SUELOS CON CENIZAS DE CARBON MINERAL PARA FINES DE PAVIMENTACION EN EL CENTRO POBLADO DE CASCAJAL IZQUIERDO - SANTA - ANCASH - 2018"

CALICATA 4 % CENIZA C.A. **PROFUNDIDAD MUESTRA (m.)** 1.50

MUESTRA M-1

MOLDE N°	1	Volumen de Molde (cc):	921.36	Tipo de Molde:	4"	Temperatura Secado (°C):	110
CAPAS N°	5	Golpes (N°):	25	Peso de Molde (gr.):	4037.6	Método:	B
MUESTRA	N°	1	2	3	4	5	
PESO SUELO HUMEDO+MOLDE	Gr.	5841.5	6025.2	6140.8	6039.6	5965.5	
PESO DEL MOLDE	Gr.	4037.6	4037.6	4037.6	4037.6	4037.6	
PESO DEL SUELO HUMEDO	Gr.	1803.9	1987.6	2103.2	2002	1927.9	
DENSIDAD DE SUELO HUMEDO	Gr/c.c.	1.96	2.16	2.28	2.17	2.09	
CONTENIDO DE HUMEDAD							
RECIPIENTE	N°	15	6	18	2	9	
PESO SUELO HUMEDO+CAPSULA	Gr.	52.8	46.6	54.4	69.5	72.4	
PESO SUELO SECO+CAPSULA	Gr.	50.0	43.3	48.9	60.6	61.9	
PESO DE LA CAPSULA	Gr.	21.0	20.4	22.3	22.2	21.6	
PESO DEL AGUA	Gr.	2.8	3.3	5.5	8.9	10.5	
PESO DEL SUELO SECO	Gr.	29.0	22.9	26.6	38.4	40.3	
HUMEDAD	%	9.7	14.4	20.7	23.2	26.1	
DENSIDAD DE SUELO SECO	Gr/c.c.	1.79	1.89	1.8916	1.7640	1.66	



DENSIDAD MAXIMA = **1.91** HUMEDAD OPTIMA = **18.2**

CAMPUS CHIMBOTE
Av. Central Mz. H Lt. 1
Urb. Buenos Aires - Nuevo Chimbote
Tel.: (043) 483 030 Anx.: 4000

Mg. Erika Magaly Mozo Castañeda
Coordinadora de la Escuela de Ingeniería Civil

Lener Hamilton Villanueva Vásquez
TÉCNICO DE LABORATORIO

fb/ucv.peru
@ucv_peru
#saliradelante
ucv.edu.pe



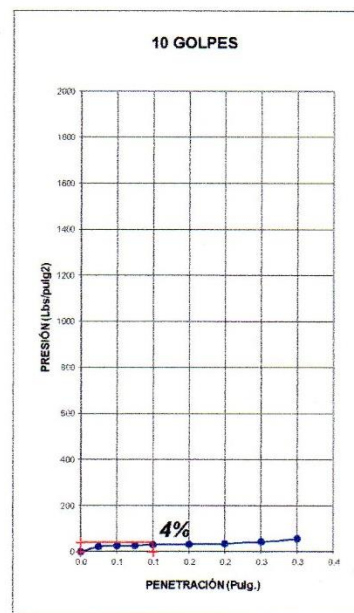
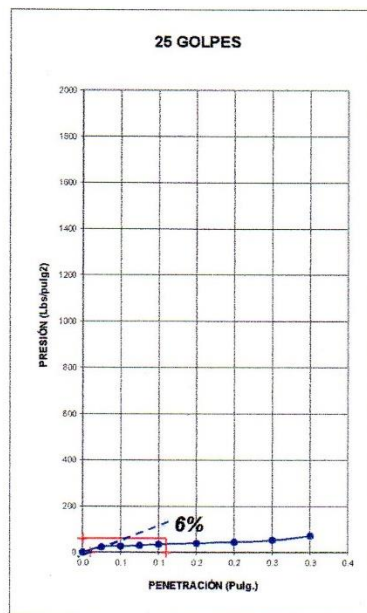
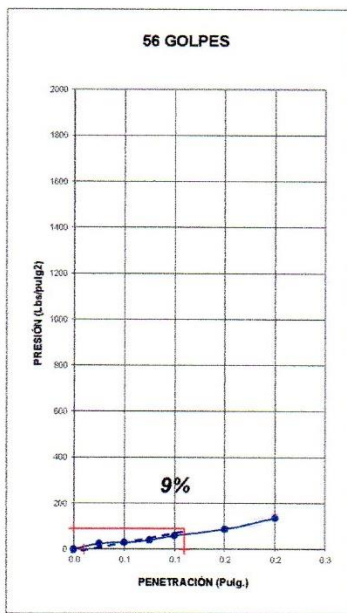
UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

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

SOLICITANTE CABRERA NOLE JOSE ISAAC - PAREDES
MINAYA JERY NICOLAS **UBICACIÓN** CASCAJAL

PROYECTO "ESTABILIZACIÓN DE LOS
SUELOS CON CENIZAS DE CARBON
MINERAL PARA FINES DE PAVIMENTACION EN EL CENTRO
POBLADO DE CASCAJAL **PROFUNDIDAD MUESTRA (m.)** 1.50

CALICATA 4 % CENIZA C.A. **MUESTRA** M-1



PENETRACION (PULG.)	C.B.R. A 95% DE MAXIMA DENSIDAD SECA	C.B.R. A 100% DE MAXIMA DENSIDAD SECA
0,1"	8.55%	9%



Mg. Erika Magaly Mozo Castañeda
Coordinadora de la Escuela de Ingeniería Civil

Lenier Hamilton Manueva Vásquez
TÉCNICO DE LABORATORIO

CAMPUS CHIMBOTE
Av. Central Mz. H Lt. 1
Urb. Buenos Aires - Nuevo Chimbote
Tel.: (043) 483 030 Anx.: 4000

fb/ucv.peru
@ucv_peru
#saliradelante
ucv.edu.pe



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

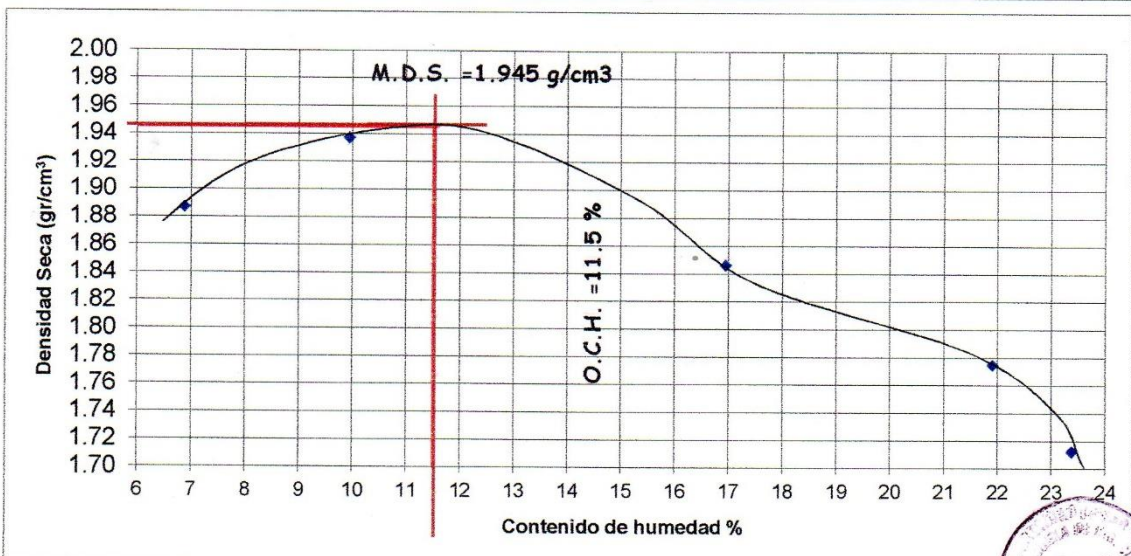
ENSAYO DE COMPACTACIÓN (PROCTOR MODIFICADO) ASTM D 1556

SOLICITANTE CABRERA NOLE JOSE ISAAC - PAREDES
MINAYA JERY NICOLAS **UBICACIÓN** CASCAJAL

PROYECTO "ESTABILIZACIÓN DE LOS SUELOS CON
CENIZAS DE CARBON MINERAL PARA FINES
DE PAVIMENTACION EN EL CENTRO POBLADO
DE CASCAJAL IZQUIERDO - SANTA -
ANCASH - 2018" **PROFUNDIDAD MUESTRA (m.)** 1.50

CALICATA 8% C.C.M. **MUESTRA** M-1

MOLDE N°	1	Volumen de Molde (cc) :	921.36	Tipo de Molde:	4"	Temperatura Secado (°C):	110
CAPAS N°	5	Golpes (N°) :	25	Peso de Molde (gr.):	4037.6	Método :	B
MUESTRA	N°	1	2	3	4	5	
PESO SUELO HUMEDO+MOLDE	Grs.	5896	6000	6027.2	6031.2	5984.4	
PESO DEL MOLDE	Grs.	4037.6	4037.6	4037.6	4037.6	4037.6	
PESO DEL SUELO HUMEDO	Grs.	1858.4	1962.4	1989.6	1993.6	1946.8	
DENSIDAD DE SUELO HUMEDO	Grs/c.c.	2.02	2.13	2.16	2.16	2.11	
CONTENIDO DE HUMEDAD							
RECIPIENTE	N°	15	6	18	2	9	
PESO SUELO HUMEDO+CAPSULA	Grs.	56.6	95.2	63.5	60.3	79.7	
PESO SUELO SECO+CAPSULA	Grs.	54.4	88.5	57.4	53.2	68.5	
PESO DE LA CAPSULA	Grs.	22.4	21.1	21.4	20.8	20.6	
PESO DEL AGUA	Grs.	2.2	6.7	6.1	7.1	11.2	
PESO DEL SUELO SECO	Grs.	32.0	67.4	36.0	32.4	47.9	
HUMEDAD	%	6.9	9.9	16.9	21.9	23.4	
DENSIDAD DE SUELO SECO	Grs/c.c.	1.89	1.94	1.8465	1.7748	1.71	



DENSIDAD MAXIMA = **1.945** HUMEDAD OPTIMA = **11.5**

CAMPUS CHIMBOTE
Av. Central Mz. H Lt. 1
Urb. Buenos Aires - Nuevo Chimbote
Tel.: (043) 483 030 Anx.: 4000

Mg. Erika Magaly Mozo Castañeda
Coordinadora de la Escuela de Ingeniería Civil

Lener Hamilton Vinueza Vasquez
TÉCNICO DE LABORATORIO

fb/ucv.peru
@ucv_peru
#saliradelante
ucv.edu.pe



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

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

SOLICITANTE CABRERA NOLE JOSE ISAAC - **UBICACIÓN** CASCAJAL
 PAREDES MINAYA JERY NICOLAS

PROYECTO "ESTABILIZACIÓN DE LOS
 SUELOS CON CENIZAS DE CARBON
 MINERAL PARA FINES DE **PROFUNDIDAD** 1.50
 PAVIMENTACION EN EL CENTRO **MUESTRA (m.)**
 POBLADO DE CASCAJAL
 IZQUIERDO - SANTA - ANCASH -
CALICATA 8% C.C.M. **MUESTRA** M-1

MOLDE N°	1	X	3			
N° DE CAPAS	5	5	5			
N° DE GOLPES POR CAPA	56	25	10			
MUESTRA	SATURADA	SIN SATURAR	SATURADA	SIN SATURAR	SATURADA	SIN SATURAR
VOLUMEN DE MOLDE	3229.96		3309.37		3211.81	
PESO DE MOLDE	7626.25		7355.7		7731.1	
PESO DE MOLDE + SUELO HUMEDO	12626.5		12304		12689.6	
PESO DEL SUELO HUMEDO	5000.25		4948.3		4958.5	
DENSIDAD HUMEDA	1.55		1.50		1.54	
RECIPIENTE N°	18		7		2	
PESO DE RECIPIENTE	21.1		20.9		20.8	
PESO DE RECIPIENTE + SUELO HUM	188.5		150.4		135.2	
PESO DE RECIPIENTE + SUELO SECC	168.1		133.1		119.3	
PESO DE AGUA	20.4		17.3		15.9	
PESO DE SUELO SECO	147.0		112.2		98.5	
CONTENIDO DE HUMEDAD	13.9		15.4		16.1	
DENSIDAD SECA	1.36		1.30		1.33	

EXPANCIÓN

FECHA	HORA	TIEMPO	56 GOLPES		25 GOLPES		10 GOLPES				
			DIAL	EXPANCIÓN		DIAL	EXPANCIÓN		DIAL	EXPANCIÓN	
				Pulg.	%		Pulg.	%		Pulg.	%
SI EXPANSIVO											

PENETRACIÓN

PENETRACIÓN (pulg.)	PATRON (Lb/pulg ²)	56 GOLPES			25 GOLPES			10 GOLPES		
		DIAL	CARGA	CARGA UNITARIA	DIAL	CARGA	CARGA UNITARIA	DIAL	CARGA	CARGA UNITARIA
0.025		2.7	81	27	2.3	77	26	1.4	69	23
0.050		6.7	121	40	6.4	118	39	4.9	103	34
0.075		10.5	159	53	13.5	188	63	10.6	160	53
0.100	1000	15.9	212	71	20.8	261	87	17.1	224	75
0.150		21.8	271	90	28.5	337	112	24.1	293	98
0.200	1500	28.3	335	112	36.7	418	139	31.4	366	122
0.250		40.1	452	151	55.5	605	202	48.7	537	179
0.300		64.6	695	232	94.9	995	332	83.9	886	295
0.400		90.7	954	318	126.2	1305	435	104.1	1086	362
0.500		114.1	1186	395	154.5	1586	529	126.7	1310	437

CAMPUS CHIMBOTE
 Av. Central Mz. H Lt. 1
 Urb. Buenos Aires - Nuevo Chimbote
 Tel.: (043) 483 030 Anx.: 4000

Mg. Erika Magaly Mozo Castañeda
 Coordinadora de la Escuela de Ingeniería Civil

Laboratorio de Mecánica de Suelos

fb/ucv.peru
 @ucv_peru
 #saliradelante
 ucv.edu.pe



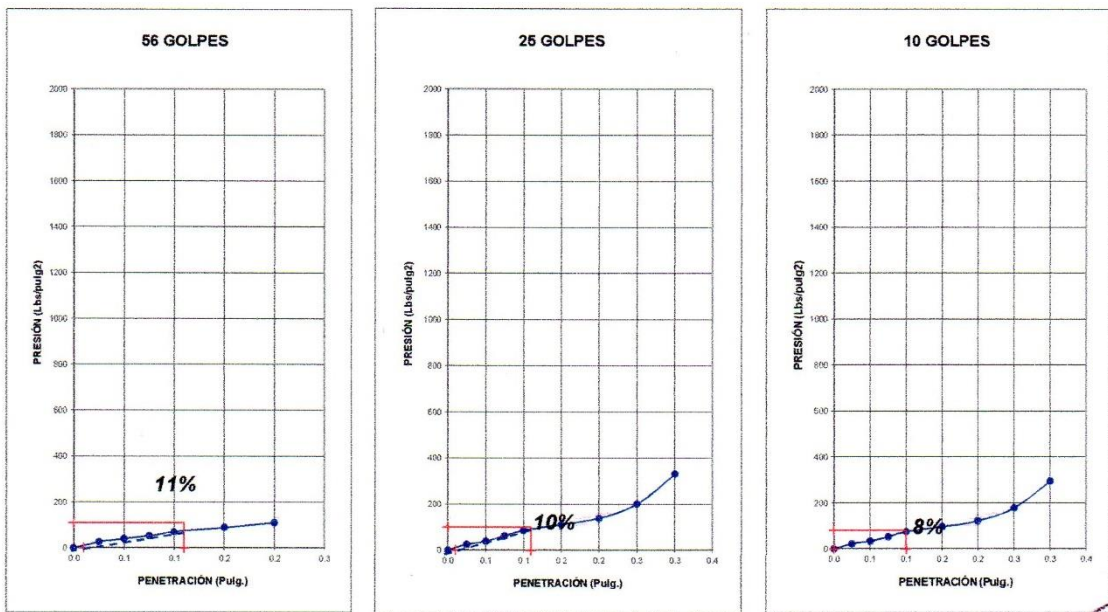
UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

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

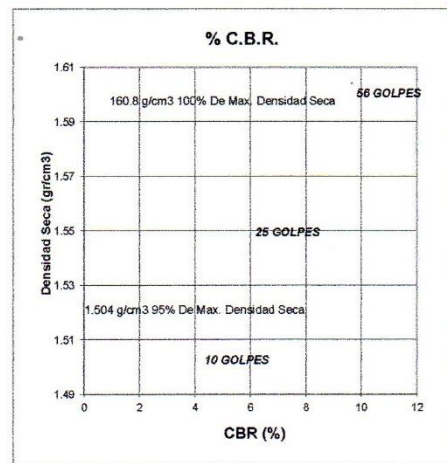
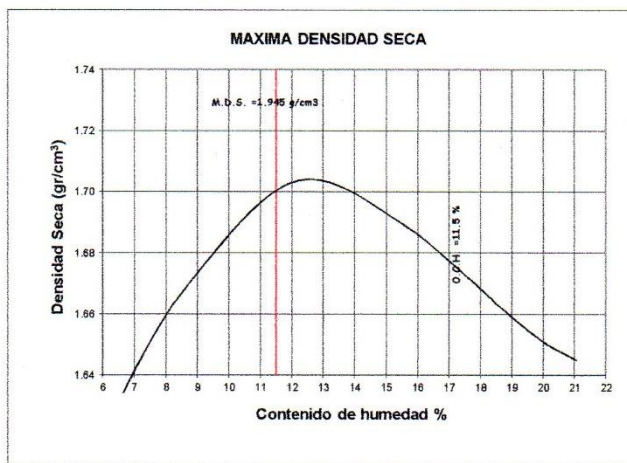
SOLICITANTE CABRERA NOLE JOSE ISAAC - PAREDES **UBICACIÓN** CASCAJAL
MINAYA JERY NICOLAS

PROYECTO "ESTABILIZACIÓN DE LOS SUELOS CON CENIZAS DE CARBON MINERAL PARA FINES DE PAVIMENTACION EN EL CENTRO POBLADO DE CASCAJAL IZQUIERDO - SANTA - ANCASH -

CALICATA 8% C.C.M. **MUESTRA** M-1 **PROFUNDIDAD MUESTRA (m.)** 1.50



PENETRACIÓN (PULG.)	C.B.R. A 95% DE MAXIMA DENSIDAD SECA	C.B.R. A 100% DE MAXIMA DENSIDAD SECA
0,1"	10.45%	11%



CAMPUS CHIMBOTE
Av. Central Mz. H Lt. 1
Urb. Buenos Aires - Nuevo Chimbote
Tel.: (043) 483 030 Anx.: 4000

Mg. Erika Magaly Mozo Castañeda
Coordinadora de la Escuela de Ingeniería Civil

Ing. Hamilton Valdivia Vásquez
TECNICO DE LABORATORIO

fb/ucv.peru
@ucv_peru
#saliradelante
ucv.edu.pe



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

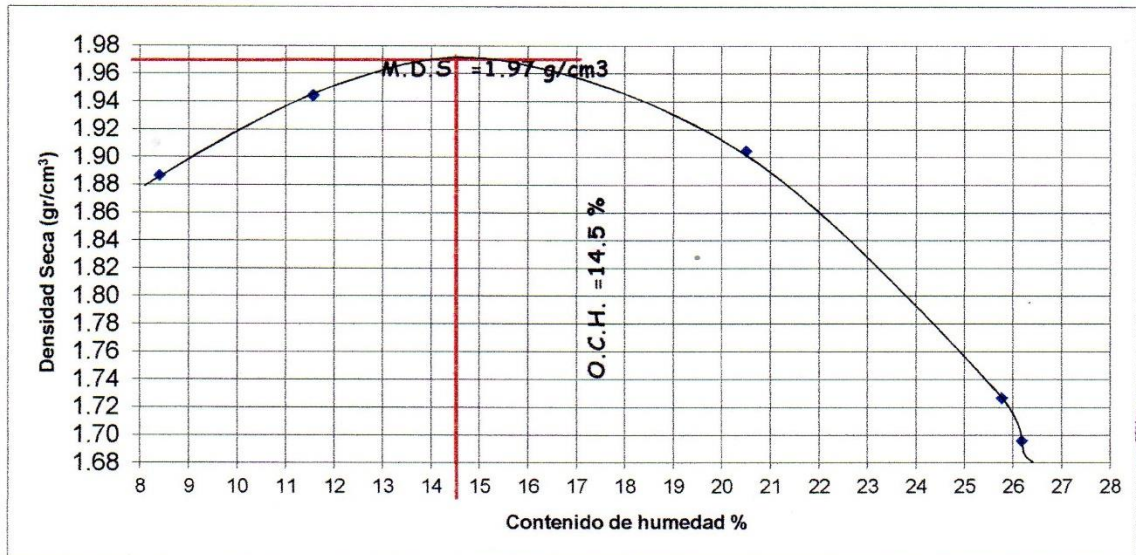
ENSAYO DE COMPACTACIÓN (PROCTOR MODIFICADO) ASTM D 1556

SOLICITANTE CABRERA NOLE JOSE ISAAC - PAREDES
MINAYA JERY NICOLAS **UBICACIÓN** CASCAJAL

PROYECTO "ESTABILIZACIÓN DE LOS SUELOS CON
CENIZAS DE CARBON MINERAL PARA FINES
DE PAVIMENTACION EN EL CENTRO POBLADO
DE CASCAJAL IZQUIERDO - SANTA -
ANCASH - 2018" **PROFUNDIDAD MUESTRA (m.)** 1.50

CALICATA 10% CENIZA C.C.M **MUESTRA** M-1

MOLDE N°	1	Volumen de Molde (cc):	921.36	Tipo de Molde:	4"	Temperatura Secado (°C):	110
CAPAS N°	5	Golpes (N°):	25	Peso de Molde (gr.):	4037.6	Método:	B
MUESTRA	N°	1	2	3	4	5	
PESO SUELO HUMEDO+MOLDE	Grs.	5921.8	6036.4	6152	6038.6	6009.6	
PESO DEL MOLDE	Grs.	4037.6	4037.6	4037.6	4037.6	4037.6	
PESO DEL SUELO HUMEDO	Grs.	1884.2	1998.8	2114.4	2001	1972	
DENSIDAD DE SUELO HUMEDO	Grs/c.c.	2.05	2.17	2.29	2.17	2.14	
CONTENIDO DE HUMEDAD							
RECIPIENTE	N°	15	6	18	2	9	
PESO SUELO HUMEDO+CAPSULA	Grs.	67.6	53.2	55.5	81.5	76.5	
PESO SUELO SECO+CAPSULA	Grs.	64.1	49.8	49.7	69.0	64.9	
PESO DE LA CAPSULA	Grs.	22.4	20.4	21.4	20.5	20.6	
PESO DEL AGUA	Grs.	3.5	3.4	5.8	12.5	11.6	
PESO DEL SUELO SECO	Grs.	41.7	29.4	28.3	48.5	44.3	
HUMEDAD	%	8.4	11.6	20.5	25.8	26.2	
DENSIDAD DE SUELO SECO	Grs/c.c.	1.89	1.94	1.9045	1.7268	1.70	



DENSIDAD MAXIMA = **1.97** HUMEDAD OPTIMA = **14.5**

CAMPUS CHIMBOTE
Av. Central Mz. H Lt. 1
Urb. Buenos Aires - Nuevo Chimbote
Tel.: (043) 483 030 Anx.: 4000

Mg. Erika Magaly Mozo Castañeda
Coordinadora de la Escuela de Ingeniería Civil



fb/ucv.peru
@ucv_peru
#saliradelante
ucv.edu.pe



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

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

SOLICITANTE CABRERA NOLE JOSE ISAAC - **UBICACIÓN** CASCAJAL
 PAREDES MINAYA JERY NICOLAS

PROYECTO "ESTABILIZACIÓN DE LOS SUELOS CON CENIZAS DE CARBON MINERAL PARA FINES DE PAVIMENTACION EN EL CENTRO POBLADO DE CASCAJAL IZQUIERDO - SANTA - ANCASH -
PROFUNDIDAD 1.50
MUESTRA (m.)

CALICATA 10% CENIZA C.C.M **MUESTRA** M-1

MOLDE N°	1		X		3	
	5		5		5	
N° DE CAPAS	56		25		10	
N° DE GOLPES POR CAPA	56		25		10	
MUESTRA	SATURADA	SIN SATURAR	SATURADA	SIN SATURAR	SATURADA	SIN SATURAR
VOLUMEN DE MOLDE	3211.81		3619.11		3504.029	
PESO DE MOLDE	8892.7		8893.2		8080.8	
PESO DE MOLDE + SUELO HUMEDO	13689.6		13640		12851	
PESO DEL SUELO HUMEDO	4796.9		4746.8		4770.2	
DENSIDAD HUMEDA	1.49		1.31		1.36	
RECIPIENTE N°	18		7		2	
PESO DE RECIPIENTE	22.4		21.5		21.5	
PESO DE RECIPIENTE + SUELO HUM	110.1		155.6		130.1	
PESO DE RECIPIENTE + SUELO SECO	97.2		136.3		114.1	
PESO DE AGUA	12.9		19.4		16.0	
PESO DE SUELO SECO	74.8		114.8		92.6	
CONTENIDO DE HUMEDAD	17.2		16.9		17.3	
DENSIDAD SECA	1.27		1.12		1.16	

EXPANCIÓN

FECHA	HORA	TIEMPO	56 GOLPES			25 GOLPES			10 GOLPES		
			DIAL	EXPANCIÓN		DIAL	EXPANCIÓN		DIAL	EXPANCIÓN	
				Pulg.	%		Pulg.	%		Pulg.	%

SI EXPANSIVO

PENETRACIÓN

PENETRACIÓN (pulg.)	PATRON (Lb/pulg ²)	56 GOLPES			25 GOLPES			10 GOLPES		
		DIAL	CARGA	CARGA UNITARIA	DIAL	CARGA	CARGA UNITARIA	DIAL	CARGA	CARGA UNITARIA
0.025		3.9	93	31	2.1	75	25	1.1	66	22
0.050		8.9	143	48	5.3	107	36	3.7	91	30
0.075		13.6	189	63	10.1	155	52	8.4	138	46
0.100	1000	18.4	237	79	18.4	237	79	14.8	201	67
0.150		25.7	309	103	25.4	306	102	20.6	259	86
0.200	1500	31.7	369	123	32.8	380	127	27.6	328	109
0.250		46.8	518	173	54.7	597	199	41.2	463	154
0.300		78.9	837	279	95.8	1004	335	79.6	844	281
0.400		104.5	1090	363	121.6	1260	420	91.2	959	320
0.500		128.9	1332	444	147.9	1521	507	99.4	1040	347

CAMPUS CHIMBOTE

Av. Central Mz. H Lt. 1
 Urb. Buenos Aires - Nuevo Chimbote
 Tel.: (043) 483 030 Anx.: 4000

Mg. Erika Magaly Mozo Castañeda
 Coordinadora de la Escuela de Ingeniería Civil

Milton Viquez
 LABORATORIO

fb/ucv.peru
 @ucv_peru
 #saliradelante
 ucv.edu.pe



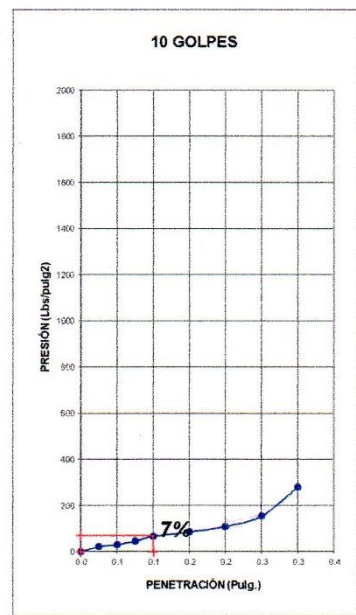
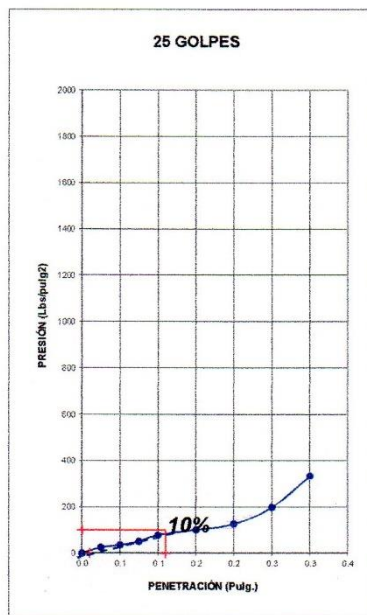
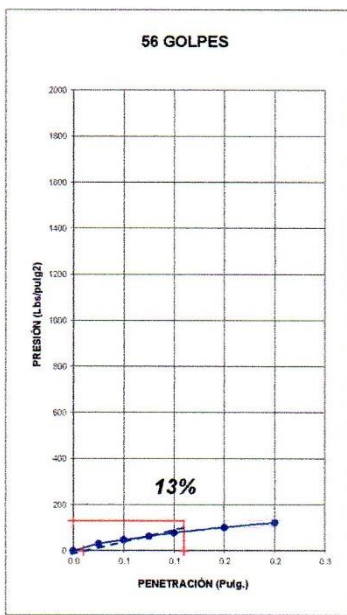
UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

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

SOLICITANTE CABRERA NOLE JOSE ISAAC - PAREDES **UBICACIÓN** CASCAJAL
MINAYA JERY NICOLAS

PROYECTO "ESTABILIZACIÓN DE LOS SUELOS CON CENIZAS DE CARBON MINERAL PARA FINES DE PAVIMENTACION EN EL CENTRO POBLADO DE CASCAJAL IZQUIERDO - SANTA - ANCASH -

CALICATA 10% CENIZA C.C.M **MUESTRA** M-1 **PROFUNDIDAD MUESTRA (m.)** 1.50



PENETRACION (PULG.)	C. B. R. A 95% DE MAXIMA DENSIDAD SECA	C. B. R. A 100% DE MAXIMA DENSIDAD SECA
0,1"	12.35%	13%



Mg. Erika Magaly Mozo Castañeda
Coordinadora de la Escuela de Ingeniería Civil



Lener Hamilton Yáñez Vásquez
TÉCNICO DE LABORATORIO

CAMPUS CHIMBOTE
Av. Central Mz. H Lt. 1
Urb. Buenos Aires - Nuevo Chimbote
Tel.: (043) 483 030 Anx.: 4000

fb/ucv.peru
@ucv_peru
#saliradelante
ucv.edu.pe

Anexo 4: Análisis de costos unitarios

ANÁLISIS DE COSTOS UNITARIOS PARA MEJORAMIENTO A NIVEL DE SUBRASANTE					
Partida	Mejoramiento de Suelo a Nivel de Subrasante con Material de Reemplazo				
Unidad de Medida	M3				
Rendimiento	450.00	M3/Día			
Costo Unitario Directo	S/. 23.41 (Sin IGV)				
Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio s/.	Parcial s/.
Mano de Obra					
OPERADOR	hh	1.0000	0.0178	20.10	0.36
OFICIAL	hh	1.0000	0.0178	16.50	0.29
PEÓN	hh	4.0000	0.0711	14.84	1.06
					1.71
Materiales					
AFIRMADO PARA SUBRASANTE	m3		0.3900	35.00	13.65
					13.65
Equipos y Herramientas					
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	1.71	0.05
CAMIÓN CISTERNA (AGUA) 2 000 GAL	hm	1.0000	0.0178	110.00	1.96
RODILLO LISO VIBR AUTOP 101-135 HP 10-12 T	hm	1.0000	0.0178	160.00	2.84
MOTONIVELADORA DE 125 HP	hm	1.0000	0.0178	180.00	3.20
					8.05

	m3
Metrado	7200
CUD	23.41
Total	168531.37

ANÁLISIS DE COSTOS UNITARIOS PARA MEJORAMIENTO A NIVEL DE SUBRASANTE					
Partida	Mejoramiento de Suelo a Nivel de Subrasante Adicionando Estabilizante				
Unidad de Medida	M3				
Rendimiento	450.00 M3/Día				
Costo Unitario Directo	S/. 10.27 (Sin IGV)				
Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio s/.	Parcial s/.
Mano de Obra					
OPERADOR	hh	1.0000	0.0178	20.10	0.36
OFICIAL	hh	1.0000	0.0178	16.50	0.29
PEÓN	hh	5.0000	0.0889	14.84	1.32
					1.97
Materiales					
MATERIAL CENIZA DE CARBON MINERAL	m3		0.0030	80.00	0.24
					0.24
Equipos y Herramientas					
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	1.97	0.06
CAMIÓN CISTERNA (AGUA) 2 000 GAL	hm	1.0000	0.0178	110.00	1.96
RODILLO LISO VIBR AUTOP 101-135 HP 10-12 T	hm	1.0000	0.0178	160.00	2.84
MOTONIVELADORA DE 125 HP	hm	1.0000	0.0178	180.00	3.20
					8.06

	m3
Metrado	7200
CUD	10.27
Total	73935.87

Anexo 5: Panel fotográfico

Recolección de la muestra de cenizas de carbón mineral de la Ladrillera del distrito de Santa, se recolectó aproximadamente 20 kg de cenizas de carbón mineral.



Se realizó el cuarteo y tamizado de las cenizas de carbón mineral con el tamiz N°200 para obtener las partículas más finas



Se procedió a llevar 20gr al laboratorio químico de la UNI, la muestra de cenizas de carbón mineral para realizar el ensayo de difracción de rayos x



Excavación de calicatas y extracción de la muestra de suelo del centro poblado de cascajal Izquierdo



Ensayo de análisis granulométrico

Se procedió a cuartear la muestra



Se peso 3 kg aproximadamente de la muestra



Luego se seco por 24 horas y se procedio a realizar el lavado de la muestra



Se procedio a secar la muestra para luego tamizar y registrar los pesos retenidos en cada uno de los tamices



Límites de Atterberg

Se procedió a tamizar 200 gr de la muestra de suelo de cada una de las calicatas con el tamiz N°40



A la muestra de 200gr se procede a adicionar 150 ml de de agua destilada hasta formar una masa pastosa



Se procedió a colocar la muestra en la copa de casagrande y con el ranurador dividir en dos partes



Luego se pasó a registrar el número de golpes hasta que se haya juntado los dos lados



Se registró el peso de la muestra húmeda de ambas lados para uno de los lados se procedió a realizar cilindros de 15mm de diámetro sobre una superficie de vidrio o cerámico hasta que se quiebren y luego se registra el peso de estos elementos



Proctor modificado

Se tamizo la muestra de suelo con el tamiz 3/8" , aquí se utilizó 3kg para cada adición de porcentaje de agua (3,6,9,12 y15%)



Se adiciono agua y se dividió en 5 partes iguales las cuales fueron compactadas con el pistón, dando 25 golpes por capa



Luego se registró el peso del molde, el peso del molde más la muestra compactada y el volumen del molde



Se procedió a extraer una pequeña muestra del centro de la muestra para poder obtener el contenido de húmeda, por ello se dejó en el horno por 24 horas



Ensayo de CBR

Se tamizo al igual que la muestra anterior con el tamiz de 3/8 , esta vez se trabajó con 6kg de muestra



Con los datos obtenidos del Próctor se procedió a agregar agua a la muestra y compactar con distintos números de golpes por muestra 10, 25 y 56, así también se registró el volumen y peso del molde



Se coloca el papel filtro en ambos lados de la muestra para luego pasar a dejar sumergidas las muestras colocando el deformímetro



Luego pasado los 4 días se procedio a colocar la muestra en la prensa para aplicar las cargas y registrar estas cargas asi tambien para luego obtner el contenido de humedad y registrar estos valores

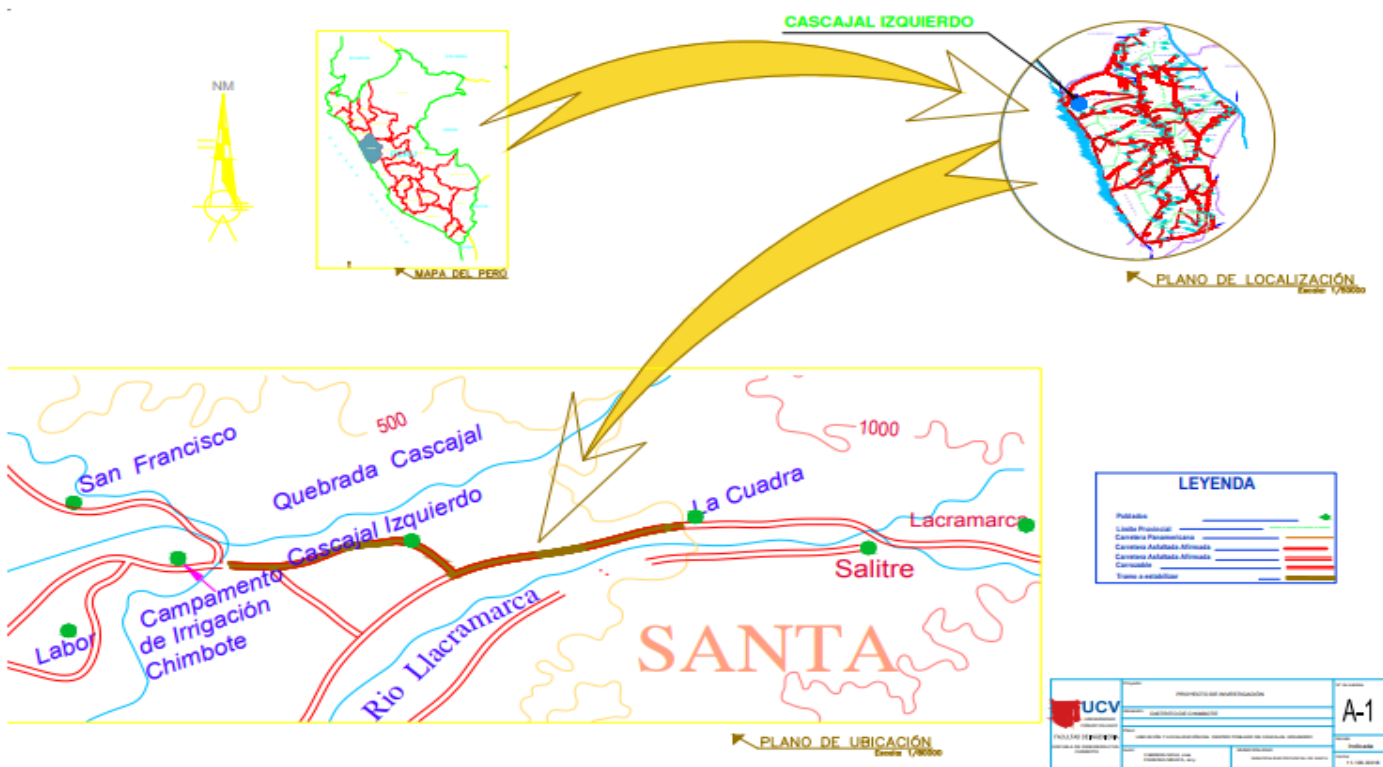



Para determinar las características del suelo adicionando 4,8 y 10 % se procedio a realizar el mismo procedimiento para los ensayos de : Limites de Atterberg, Proctor Modificado y CBR





ANEXO N°5



	ACTA DE APROBACIÓN DE ORIGINALIDAD DE TESIS	Código : F06-PP-PR-02.02 Versión : 08 Fecha : 12-09-2017 Página : 1 de 1
---	--	---

Yo, Dr. Rigoberto Cerna Chávez docente de la Facultad de Ingeniería y Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad César Vallejo Chimbote, revisor (a) de la tesis titulada "Estabilización de suelos con cenizas de carbón mineral con fines de pavimentación en el Centro Poblado de Cascajal Izquierdo, provincia del Santa – Ancash - 2018", del estudiante PAREDES MINAYA, JERY NICOLAS constato que la investigación tiene un índice de similitud de 17% verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin.

El/la suscrito (a) analizó dicho reporte y concluyó que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

Chimbote, 12 de Diciembre del 2018



.....
Dr. RIGOBERTO CERNA CHÁVEZ

DNI:32942267

Yo, Dr. Rigoberto Cerna Chávez docente de la Facultad de Ingeniería y Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad César Vallejo Chimbote, revisor (a) de la tesis titulada "Estabilización de suelos con cenizas de carbón mineral con fines de pavimentación en el Centro Poblado de Cascajal Izquierdo, provincia de Santa – Ancash - 2018", del estudiante JOSE ISAAC CABRERA NOLE, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 17% verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin.

El/la suscrito (a) analizó dicho reporte y concluyó que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

Chimbote, 12 de Diciembre del 2018



.....
Dr. RIGOBERTO CERNA CHÁVEZ

DNI:32942267



**AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE
TESIS EN REPOSITORIO INSTITUCIONAL
UCV**

Código : F08-PP-PR-02.02
Versión : 07
Fecha : 23-03-2018
Página : 1 de 1

Yo Jose Isaac Cabrera Nole, identificado con DNI N° 73421685, egresado de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad César Vallejo, autorizo (x), No autorizo () la divulgación y comunicación pública de mi trabajo de investigación titulado "Estabilización de suelos con cenizas de carbón mineral con fines de pavimentación en el Centro Poblado de Cascajal Izquierdo, provincia de Santa - Ancash - 2018"; en el Repositorio Institucional de la UCV (<http://repositorio.ucv.edu.pe/>), según lo estipulado en el Decreto Legislativo 822, Ley sobre Derecho de Autor, Art. 23 y Art. 33

FIRMA

DNI: 75098654

FECHA: 12 de diciembre del 2018

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Representante de la Dirección / Vicerrectorado de Investigación y Calidad	Aprobó	Rectorado
---------	----------------------------	--------	---	--------	-----------

 UCV UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO	AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE TESIS EN REPOSITORIO INSTITUCIONAL UCV	Código : FCB-PP-PR-02.02 Versión : 07 Fecha : 23-03-2018 Página : 1 de 2
--	---	---

Yo Jery Nicolás Paredes Minaya, identificado con DNI N°70225753, egresado de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad César Vallejo, autorizo , No autorizo la divulgación y comunicación pública de mi trabajo de investigación titulado "Estabilización de suelos con cenizas de carbón mineral con fines de pavimentación en el Centro Poblado de Cascajal Izquierdo, provincia de Santa - Ancash - 2018"; en el Repositorio Institucional de la UCV (<http://repositorio.ucv.edu.pe/>), según lo estipulado en el Decreto Legislativo 822, Ley sobre Derecho de Autor, Art. 23 y Art. 33

Fundamentación en caso de no autorización:

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....



 FIRMA

DNI: 70225753

FECHA: 12 de diciembre del 2018

Elaboró	Dirección de investigación	Revisó	Representante de la Dirección / Vicerrectorado de Investigación y Calidad	Aprobó	Rectorado
---------	----------------------------	--------	---	--------	-----------



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

AUTORIZACIÓN DE LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

CONSTE POR EL PRESENTE EL VISTO BUENO QUE OTORGA EL ENCARGADO DE INVESTIGACIÓN DE

E. P. Ingeniería Civil

A LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN QUE PRESENTA:

CABRERA NOLE, JOSE ISAAC

INFORME TITULADO:

“ ESTABILIZACION DE SUELOS CON CENIZAS DE CARBON MINERAL
CON FINES DE PAVIMENTACION EN EL CENTRO POBLADO DE
CASCAJAL IZQUIERDO, PROVINCIA SANTA - ANCASH - 2018”

PARA OBTENER EL TÍTULO O GRADO DE:

INGENIERO CIVIL

SUSTENTADO EN FECHA: miércoles, 12 de diciembre de 2018

NOTA O MENCIÓN: QUINCE (15)




FIRMA DEL ENCARGADO DE INVESTIGACIÓN
DE E. P. INGENIERÍA CIVIL



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

AUTORIZACIÓN DE LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

CONSTE POR EL PRESENTE EL VISTO BUENO QUE OTORGA EL ENCARGADO DE INVESTIGACIÓN DE

E. P. Ingeniería Civil

A LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN QUE PRESENTA

PAREDES MINAYA, JERY NICOLAS

INFORME TITULADO:

" ESTABILIZACION DE SUELOS CON CENIZAS DE CARBON MINERAL
CON FINES DE PAVIMENTACION EN EL CENTRO POBLADO DE
CASCAJAL IZQUIERDO, PROVINCIA SANTA - ANCASH - 2018"

PARA OBTENER EL TÍTULO O GRADO DE:

INGENIERO CIVIL

SUSTENTADO EN FECHA: miércoles, 12 de diciembre de 2018

NOTA O MENCIÓN: QUINCE (15)



FIRMA DEL ENCARGADO DE INVESTIGACIÓN
DE E. P. INGENIERÍA CIVIL