



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Evaluación de estabilización de suelos arcillosos aplicando ceniza de carbón en la subrasante de la AV. Cuzco, Distrito de San Martín de Porres, 2020

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
Ingeniero Civil

AUTORES:

Chilcon Chilcon, Ronalدينio (ORCID: 0000-0002-5229-1511)

Leon Polo, Guillermo Oliver (ORCID: 0000-0002-5373-2366)

ASESOR:

Mg. Ing. Minaya Rosario, Carlos Danilo (ORCID: 0000-0002-0655-523X)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño de Infraestructura vial

LIMA – PERÚ

2020

Dedicatoria

El presente proyecto de investigación está esencialmente dedicado a mis Padres quienes me brindaron todo su apoyo de manera incondicional y su constante motivación para ejercer mi carrera a quienes les debo todo lo logrado y las futuras metas. Por otro lado, a mis hermanos, primos y tíos que siempre estuvieron brindándome su apoyo. Finalmente, a esos grandes amigos y compañeros que estuvieron en el proceso.

“Chilcón Chilcón, Ronaldinio”

Esta tesis va dedicada a mi madre, que fue el principal cimiento para la construcción de mi vida profesional, sentó en mi la base de la responsabilidad y deseos de superación, mi tía y mi hermano que son personas que me han ofrecido el amor y la calidez de la familia a la cual amo

“León Polo Guillermo Oliver”

Agradecimiento

Primeramente, agradecemos a Dios por que él nos guio dándonos fuerzas para seguir adelante y lograr todo lo que nos proponíamos ya que el camino no fue fácil, pero gracias al todo se eligió el camino correcto.

A nuestros padres, hermanos, familiares que estuvieron apoyándonos en toda esta etapa para que se pueda cumplir este sueño de terminar la carrera de Ingeniería Civil.

A toda la plana docente que durante todo este tiempo de formación nos compartieron su sabiduría acerca de las materias que se llevaron a cabo para que así seamos unos profesionales de bien, nuestro asesor Mg. Carlos Danilo Minaya Rosario, gracias por transmitirnos sus conocimientos, consejos para ser buenos ingenieros, basados en la ética profesional.

Índice de contenidos

Carátula.....	i
Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento.....	iii
Índice de contenidos.....	iv
Índice de tablas.....	v
Índice de gráficos y figuras.....	vi
Resumen.....	vii
Abstract.....	viii
I. INTRODUCCION.....	1
II. MARCO TEÓRICO.....	5
III. METODOLOGÍA.....	13
3.1 Tipo y diseño de investigación.....	13
3.2 Variables y operacionalización.....	13
3.3 Población, muestra y muestreo.....	15
3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	17
3.5 Procedimientos.....	17
3.6 Método de análisis de datos.....	18
3.7 Aspectos éticos.....	18
IV. RESULTADOS DE INTERPOLACION.....	19
V. DISCUSIONES.....	28
VI. CONCLUSIONES.....	31
VII. RECOMENDACIONES.....	33
REFERENCIAS.....	34
ANEXOS.....	1

Índice de tablas

Tabla 1: Número de Calicatas	16
Tabla 2: Número de Ensayos CBR.....	16
Tabla 3: Límites de Atterberg.....	20
Tabla 4: Interpolación con 13%.....	20
Tabla 5: Interpolación con 21%.....	20
Tabla 6: Interpolación con 24%.....	21
Tabla 7: Resumen de interpolación de Límites de Atterberg.....	21
Tabla 8: Proctor Modificado	22
Tabla 9: Interpolación con 13%.....	22
Tabla 10: Interpolación con 21%.....	23
Tabla 11: Interpolación con 24%.....	23
Tabla 12: Resumen Proctor Modificado.....	23
Tabla 13: CBR	25
Tabla 14: Interpolación con 13%.....	25
Tabla 15: Interpolación con 21%.....	25
Tabla 16: Interpolación con 24%.....	26
Tabla 17: Resumen de Porcentaje de CBR.....	26

Índice de gráficos y figuras

Figura 1: Grafica de Índice de Plasticidad	21
Figura 2: Grafica de Máxima Densidad Seca	24
Figura 3: Grafica de Contenido de Humedad Optimo.....	24
Figura 4: Grafica de Valor de Soporte de California (CBR).....	26

Resumen

En este presente trabajo el objetivo principal fue dar a conocer la estabilización de suelos arcillosos mediante la aplicación de ceniza de carbón para un tipo de suelo arcilloso, como sabemos hoy en día la aplicación de aditivos en la subrasante es muy variada, en esta ocasión se utilizó la ceniza de carbón con el fin de también reducir la contaminación ambiental.

Esta investigación se hizo con el fin de que la ceniza de carbón verdaderamente tenga impacto positivo en la estabilización de suelos arcillosos, fue así que se hicieron comparaciones utilizando como referencias a dos tesis.

Las investigaciones utilizaron la metodología experimental, donde se realizaron los ensayos de límites de Atterberg, Proctor modificado y el CBR. De los cuales ambas tesis a momento que iba aumentando el porcentaje de ceniza de carbón esta influía positivamente para una mejor estabilización.

Finalmente, con los ensayos se vio que la ceniza de carbón mejora la estabilización de suelos arcillosos, también se sugirió que se aumente el porcentaje de ceniza de carbón para lograr una mejor estabilización.

Palabras clave: Estabilización, Ceniza de carbón, influye positivamente.

Abstract

In this present work the main objective was to present the stabilization of clay soils through the application of coal ash for a type of clay soil, as we know today the application of additives in the subgrade is very varied, on this occasion used coal ash in order to also reduce environmental pollution.

This research was done in order for coal ash to truly have a positive impact on the stabilization of clay soils, it was thus that comparisons were made using two theses as references.

The investigations used the experimental methodology, where the tests of Atterberg limits, modified Proctor and the CBR were carried out. Of which both theses at the time that the percentage of coal ash was increasing, this had a positive influence for better stabilization.

Finally, with the tests it was seen that coal ash improves the stabilization of clay soils, it was also suggested that the percentage of coal ash be increased to achieve better stabilization.

Keywords: Stabilization, Coal ash, positively influences.

I. INTRODUCCIÓN

En Ecuador se llevó a cabo un “análisis comparativo de la resistencia al corte y estabilización de suelos arenosos, finos y arcillosos combinadas con ceniza de carbón”¹, del cual la ceniza de carbón resultó muy favorable en este tipo de suelo arcilloso ya que aumentó el grado de compactación y la resistencia al corte. En Colombia se hizo una “evaluación de la capacidad de soporte (CBR) de un suelo expansivo con adición de ceniza volante”², al hacer uso de la ceniza volante se tuvo un cambio positivo ya que los valores del límite líquido y límite plástico aumentaron y al igual que el CBR. También hubo otra investigación acerca de “valoración de las cenizas de carbón para la estabilización de suelos mediante activación alcalina y su uso en vías no pavimentadas”³. Como resultado fue de que la ceniza de carbón con mezcla de arcilla y con concentraciones de NaOH de 3.5 M las condiciones de humedad pasan el 95% sometidos a temperaturas de 40° C y 50°C.

En el Perú también se han desarrollado trabajos similares a nuestro tema de investigación entre ellos encontramos en el departamento de Áncash, provincia de Huaraz se desarrolló el siguiente tema, “Mejoramiento de la estabilidad del suelo con cenizas de carbón con fines de pavimentación en el barrio del Pinar, Independencia, Huaraz – 2018”⁴. Como vemos allí utilizaron la ceniza del carbón como estabilizante, pero con fines de hacer una pavimentación, para ello realizaron los ensayos de límites de consistencia, CBR y Proctor modificado, y sus resultados fueron positivos con respecto a la mejora del suelo como estabilizante y lo aplicaron para pistas no pavimentadas y se obtuvieron resultados positivos, en otro Departamento del país que también se usó la ceniza de carbón fue en Amazonas donde se hizo un trabajo utilizando el mismo material estabilizante, el problema que se tuvo acá fue que el suelo en donde se hizo el estudio era un terreno deficiente, entonces se propuso mejorarlo con cenizas de carbón para que posteriormente sea utilizado como material para una subrasante, la ceniza se agregó en porcentajes, como resultado se logró mejorar las propiedades físicas y mecánicas del suelo.

En nuestra zona de estudio que se encuentra ubicada en la Av. Cuzco, distrito San Martín de Porres, en el departamento de Lima, en dicho distrito ya se han

realizado trabajos no con el mismo material estabilizantes que hemos empleado, si no materiales similares entre ellos las cenizas de volantes y han dado buenos resultados.

Formulación del Problema

En muchas partes del mundo los pavimentos son esenciales ya que así nos permiten un intercambio económico, cultural y social. Pero en muchas veces a que no existe el financiamiento de parte de las municipales distritales es por ello que no todas las zonas cuentan con pavimentos es así como La Av. Cuzco que se encuentra en el distrito de San Martín de Porres, está establecida en una zona no pavimentada del cual no permite una buena transitabilidad para los vehículos que se movilizan por ese entorno. En este distrito también nos encontramos con un tipo de suelo arcilloso y este también hace que al cimentar sea peligroso, el cual hemos optado por un procedimiento de estabilización de suelos mediante ceniza de carbón.

Problema general

¿Cuánto influye la ceniza de carbón en la estabilización de suelos arcillosos de la subrasante de la Av. Cuzco, distrito de San Martín de Porres, Lima 2020?

Problemas específicos

¿Cuánto influye la ceniza de carbón en el contenido de humedad de suelos arcillosos en la subrasante de la Av. Cuzco, distrito de San Martín de Porres, Lima 2020?

¿Cuánto influye la ceniza de carbón en el índice de plasticidad de suelos arcillosos en la subrasante de la Av. Cuzco, distrito de San Martín de Porres, Lima 2020?

¿Cuánto influye la ceniza de carbón en la capacidad portante de suelos arcillosos en la subrasante de la Av. Cuzco, distrito de San Martín de Porres, Lima 2020?

Justificación del estudio

En la ingeniería civil es fundamental saber que cada proyecto que ejecutemos debe estar bien diseñada para que de esta manera tengamos una obra en buenas condiciones, por ende, debemos hacer planificar bien y si hay trabajos previos de hacer, tenemos que realizarlos aunque sean costosos, este caso mayormente encontramos en lo que infraestructura vial, por ello se desea proporcionar o apoyar

con un tema que investigaremos y la cual trata de dar a conocer cuáles son las ventajas de estabilizar suelos arcillosos con ceniza de carbón, para realizar dicho trabajo hemos tomado como base la Av. Cusco en el distrito de San Martín De Porres, provincia de Lima. Dicha avenida no presenta una pavimentación por ello es que se pretende mejorar la subrasante, para ello se aplicaron los ensayos respectivos en los laboratorios y de esta manera se pudo dar a conocer cuáles son los beneficios de la aplicación de este material estabilizante.

Objetivo General

Determinar la influencia de la ceniza carbón en la estabilización de suelos arcillosos en la subrasante de la Av. Cuzco, distrito de San Martín de Porres, Lima 2020.

Objetivos Específicos

Determinar la influencia del 13%, 21% y 24% de la ceniza de carbón en el contenido de humedad de las propiedades físicas de suelos arcillosos en la subrasante de la Av. Cuzco, distrito de San Martín de Porres, Lima 2020.

Determinar la influencia del 13%, 21% y 24% de la ceniza de carbón en el índice de plasticidad de las propiedades físicas de suelos arcillosos en la subrasante de la Av. Cuzco, distrito de San Martín de Porres, Lima 2020.

Determinar la influencia del 13%, 21% y 24% de la ceniza de carbón en la capacidad portante de las propiedades mecánicas de suelos arcillosos en la subrasante de la Av. Cuzco, distrito de San Martín de Porres, Lima 2020.

Hipótesis General

La ceniza de carbón influye positivamente en la estabilización de suelos arcillosos en la subrasante de la Av. Cuzco, distrito de San Martín de Porres, Lima 2020.

Hipótesis Específicas

La ceniza de carbón influye positivamente en el contenido de humedad de las propiedades físicas de suelos arcillosos en la subrasante de la Av. Cuzco, distrito de San Martín de Porres, Lima 2020.

La ceniza de carbón influye de manera positiva el índice de plasticidad de las

propiedades físicas de suelos arcillosos en la subrasante de la Av. Cuzco, distrito de San Martín de Porres, Lima 2020.

La ceniza de carbón influye de manera moderada en la capacidad portante de las propiedades mecánicas de suelos arcillosos en la subrasante de la Av. Cuzco, distrito de San Martín de Porres, Lima 2020.

II. MARCO TEÓRICO

ANTECEDENTES NACIONALES

Bueno y Torre (2018), en su investigación titulada “*Mejoramiento de la estabilidad del suelo con cenizas de carbón con fines de pavimentación en el barrio del Pinar, Independencia, Huaraz – 2018*”. de la **Universidad César Vallejo**, tuvo como **objetivo** principal mejorar la estabilidad de suelos aplicando ceniza de carbón para fines de una pavimentación, desarrollada en el barrio de Pinar en el departamento de Áncash. Fue un estudio de **tipo** que se aplicó, la **población** estudio fue todas las calles, avenidas y jirones del barrio el Pinar la cual consistió en 5.5km en el distrito de independencia provincia de Huaraz departamento de Áncash, **muestra** el tamaño de la muestra para este trabajo fue el camino alternativo de acceso al Pinar, desde el kilómetro 3 hasta el kilómetro 5 y **muestreo** utilizado fue de carácter internacional no probabilístico, debido a que los agentes vinculados a la población fueron directa e indirectamente escogidos por los autores de dicho proyecto, ante ello se tomó el área que presentaba más irregularidades; los **instrumentos** empleados fueron Fichas, formatos todos estos estipulados bajo las normas peruanas y extranjeras. Los principales **resultados** adquiridos en los ensayos con la ceniza del carbón se pudieron comprobar que el CBR y la máxima densidad seca aumentan, así mismo se logró reducir el índice de plasticidad de la muestra que se analizó y cumplió con los requisitos que debe tener el CBR de la subrasante. Se **concluyó** que después de haber desarrollado los ensayos programados los cuales fueron, los límites de consistencia, proctor Y CBR, a las cuales se le hizo la debida combinación entre el suelo y las cenizas de carbón lo cual estuvo destinada, como ya se mencionó en la metodología el producto que se usó como material estabilizante se agregó en 5% y se obtuvo un CBR aproximadamente del 96% , además la densidad seca fue de 2.1, así mismo se logró disminuir la humedad a un 14.7% así mismo la plasticidad se redujo a un 3.1%.⁷.

Goñas (2019), en su investigación titulada “*Estabilización de suelos con cenizas de carbón para uso como subrasante mejorada*”. de la **Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas**”, tuvo como **objetivo** principal mejorar las propiedades mecánicas del suelo con uso de ceniza de carbón para ser usada en una subrasante, desarrollada en el barrio de Pinar en

el departamento de Áncash. Fue un estudio de **tipo** experimental completamente al azar, la **población** estudio fue toda la calle las Lomas en Amazonas, **muestra** se tomó muestras de suelo en la cuadra ocho y nueve de dicha avenida y **muestreo** se realizó un muestreo no probabilístico tipo intencional o por juicio; los **instrumentos** empleados fueron Fichas técnicas de ensayos de laboratorio. Los principales **resultados** fueron que se logró disminuir la plasticidad adicionando las cenizas de carbón, además se logró bajar el óptimo contenido de humedad. Se **concluyó** que Las cenizas de carbón mejoran las propiedades mecánicas (CBR) de los suelos tipo CH y OH, aunque no alcanzan los estándares para ser usadas como material apto como subrasante debido a que se obtuvieron valores de CBR de 3.5% y 3.7% respectivamente, sin superar el valor mínimo de 6% según lo indica lo indica los manuales de suelos carreteras y pavimentos de nuestro país⁸.

Cubas y Falen (2016), en su investigación titulada “*Evaluación de las cenizas de carbón para la estabilización de suelos mediante activación alcalina y aplicación en carreteras no pavimentadas*”. de la **Universidad Señor De Sipán**, tuvo como **objetivo** principal evaluar la aplicación de las cenizas de carbón (vegetal) para estabilizar suelos mediante activación alcalina en carreteras no pavimentadas. Fue un estudio de **tipo** Cuantitativo Cuasi experimental, la **población** estudio fue los suelos arenosos y arcillosos de Pimentel, **muestra** se consideró determinados puntos del Departamento de Lambayeque (Pimentel y Lambayeque) y **muestreo** fue no probabilístico; los **instrumentos** empleados fueron usaremos formatos estandarizados, por el laboratorio de mecánica de suelos de la Universidad Señor de Sipán. Los principales **resultados** fueron que se logró disminuir la plasticidad adicionando las cenizas de carbón y óxido de silicio, además se logró bajar el óptimo contenido de humedad, dichos resultados se obtuvieron al adicionar las cenizas de carbón en porcentajes en relación a la muestra patrón (suelo). Se **concluyó** que si usamos ceniza de carbón y lo combinamos con hidróxido de sodio en el suelo arcilloso obtenemos un resultado positivamente a favor ya que con dicho proceso se logra disminuir la humedad y aumentar la resistencia del suelo⁹.

ANTECEDENTES INTERNACIONALES

Cañar (2017), en su investigación titulada “*Análisis comparativo de la resistencia al corte y estabilización de suelos arenosos finos y arcillosos combinadas con ceniza de carbón*”¹⁰. de la **Universidad Técnica De Ambato-Colombia**, tuvo como **objetivo** principal la evaluación de lo que se obtuvo por el ensayo de resistencia al corte para los suelos arenosos y arcillosos, y lo que viene a ser el comportamiento en las estabilizaciones que se van a dar a los tipos de suelos arenosos, arcillosos con presencia de cenizas de carbón, para que así se pueda tener resultados si mejora las condiciones para el uso. Fue un estudio de **tipo** experimental, la **población** estudio En base a mapas geológicos de suelos del Ecuador se determinó el tipo de suelo dependiendo del lugar a extraer, **muestra** Se tomó varios kilogramos por cada tipo de suelo, los **instrumentos** empleados Investigación de laboratorio Normas: AASHTO Y ASTM. Los principales **resultados** fueron que se logró mejorar las propiedades físicas del suelo arcilloso y arenosos finos, además se logró aumentar la capacidad en los suelos arenosos, aunque en este caso se requirió mayor porcentaje de ceniza de carbón. Se **concluyó** que “al adicionar las cenizas de carbón este influye notoriamente y positivamente en cuanto a los suelos arcillosos, ya que así se forma una masa compacta y el grado de compactación crece y a su vez el CBR se mejora y también lo que viene a ser la resistencia al corte¹⁰.”

Ariza, Rojas y Romero (2016), en su investigación titulada “*Evaluación de la capacidad de soporte (CBR) de un suelo expansivo con adición de ceniza de volante*”¹¹. De la **universidad de Medellín-Colombia**, tuvo como **objetivo** principal Evaluar el comportamiento mecánico de un suelo fino con baja estabilidad volumétrica al adicionar ceniza volante al 30%,35% y 40%. El **tipo** de estudio fue experimental descriptivo, la **población** que se estudio fue Av. Medellín y Cota, la **muestra** fue 120 kilogramos de la excavación para así llevarlos en sacos para determinar los ensayos respectivos, los **instrumentos** que se realizaron para la investigación fueron Maquinaria para la excavación, normas AASHTO Y ASTM. Los **resultados** que se obtuvieron que el limite liquido fue elevado y también se tuvo alta plasticidad de la muestra que se realizó, también el CBR tuvo un comportamiento positivo hasta la adición del 35% de ceniza, ya que el valor del 40% de adición de ceniza, el valor del CBR vuelve a

bajar. **Se concluyó** que al adicionar la ceniza a las muestras de suelo muestran cambios positivos, ya que aumentaron los límites de plasticidad representados en el límite líquido, límite plástico y porcentaje de expansión¹¹.

Morales (2015), en su investigación titulada “**Valoración de las cenizas de carbón para la estabilización de suelos mediante activación alcalina y su uso en vías no pavimentadas**”¹². De la **universidad de Medellín-Colombia**, tuvo como **objetivo** principal La evaluación del método del curado, y este como es su comportamiento cuando se añaden cenizas de carbón a las mezclas de suelo y activadas alcalinamente, para saber si se obtienen mejores resultados para el uso en vías que no están pavimentadas. El **tipo** de estudio fue experimental, la **población** fue la ceniza de carbón, arcilla y arenilla, la muestra fue de 10 gramos para ceniza de carbón, los **instrumentos** que se realizaron para la investigación fueron difracción de rayos X, ensayos mineralógicos, ensayos físicos. El **resultado** fue que la mezcla de la arcilla, la ceniza de carbón y con Hidróxido de sodio (NaOH) de 3.5M, de los cuales se obtuvo una mejor condición cuando la humedad sobrepasa los 95%. Se **concluyó** que al no usar las condiciones que se dan, esto no quiere decir que no se logre la resistencia que pide INVIAS, solamente se puede dar las condiciones a la que se van a dar mayores resistencias a la comprensión a este tipo de material que en este caso es la ceniza de carbón¹².

TEORIAS

Subrasante

El pavimento presenta varias capas y una de ellas es la subrasante, esta capa es importante ya que las propiedades de los materiales se definen, todo esto se la llama Modulo Resiliente (MR)¹³. En caso para saber la calidad de los suelos esto se relaciona por parte de la subrasante con el CBR, Mr., Poisson.

Suelos arcillosos

Los suelos arcillosos se determinan como suelos pesados o fuertes, ya que su permeabilidad baja al agua y muy elevada a retener nutrientes y al agua¹⁴. También presentan un gran número de poros pequeños (microporos). Y no

solamente está compuesta de arcilla en su totalidad, sino que también presenta limo y arena. Para que se denomine un suelo arcilloso el porcentaje de suelo tiene necesariamente que superar la malla N°200.

Propiedad de los suelos estabilizados

Los suelos que van a ser estabilizados, antes de la estabilización sus propiedades físicas deben de ser anteriormente establecidas para que así puedan tener un mejor resultado a la hora de la estabilización para que así tenga mejoras en sus propiedades¹⁵.

Resistencia, esta propiedad hace que se obtenga una mejor unión entre las partículas del suelo, con la adición de cenizas volante u otras adiciones minerales (cementantes), compactación mecánica, vibraciones, o también por estabilizaciones químicas como la cal, para así evitar asentamientos. En el caso de suelos arcillosos, lo que se hace es adicionar la resistencia para que así se evite la entrada de humedad en lo que viene a ser la adición de minerales¹⁶.

Compresibilidad, con esta propiedad se debe de tener mucho cuidado ya que, si se hace algo mal, este puede generar daños y así no ser apto para el uso, es decir que las fuerzas entre las partículas no son fuertes lo que hace que haya desplazamientos.

Esta propiedad se puede mejorar adicionando minerales con un material rígido para rellenar los poros¹⁷.

Permeabilidad, es la propiedad que existen en los suelos que da acceso a un fluido, sin alterar ninguna propiedad. Cabe resaltar que al tener esto presente, es vital que el agua que circula tenga un filtrante para que así se eviten los problemas de bombeo y a nivel global que se tenga daños severos el comportamiento del suelo. Así que se agrega material impermeable¹⁸.

Retracción y expansión, son dos propiedades de las cuales se tienen que tener en cuenta que ambas se originan por la interacción de la humedad, es ahí donde es muy importante que se tenga que implementar un mineral arcilloso para que este pueda estar activa la humedad necesaria, así como los minerales que rechace la humedad¹⁹.

Durabilidad, es una propiedad de los suelos que nos dice que la resistencia debe de tener erosión o absorción de cargas por estar de un lado a otro. Es por ello que, para evitar problemas, lo que se emplea es la construcción de capas y que cada uno tenga sus espesores respectivos para que así evitar que salgan afectados que los materiales ya sean naturales como los que son estabilizados²⁰.

Propiedades físicas

Es una propiedad de la cual se puede medir, los cambios de este se especifican en sus transformaciones²¹. Las propiedades físicas no solo son medibles sino visibles, como está conformado y compuesto.

Contenido de humedad, son las relaciones de volúmenes del agua que está en una muestra del suelo natural y la otra es de la misma muestra luego de ser secada en el horno a 115°C y 110°C²². Quiere decir que la relación del peso del agua en la muestra de suelo, al peso del suelo de las partículas solidad.

Límites de Atterberg, la plasticidad es una propiedad del suelo el cual puede ser moldeado y sin sufrir alguna ruptura, por moldeado se refiere a que sufre un cambio repentino en el suelo, y hace que el cambio que ha sufrido se transforme en fijo, esto pasa ya que contiene minerales por ser suelos arcillosos, la plasticidad se da más que nada porque los minerales y el agua están eléctricamente cargados. De acuerdo a los componentes del suelo y la presencia de agua está en función al estado de plasticidad²⁴.

Limite Líquido, en el límite líquido, este se da por el cambio de dos estados, en este caso: líquido y plástico²⁵. Es decir, cuando el suelo de lo que está en un estado plástico se transforma en líquido. El ensayo de limite líquido se hace mediante la copa de casa grande.

Limite Plástico, en el límite plástico, este se da por el cambio de dos estados: plástico y semisólido²⁶. Es decir, cuando el suelo está en estado semisólido se transforma en plástico. El ensayo de limite plástico se hace formando cilindros de 3mm de diámetro con la humedad mínima, y hacerlos girar hasta que los cilindros presenten grietas.

Índice de Plasticidad, en esta propiedad hace mención al contenido de

humedad, es ahí como el suelo actúa de manera plástica. La expresión matemática sería la diferencia del límite líquido y el límite plástico²⁷.

Propiedades mecánicas

Cada material tiene distintas propiedades mecánicas, pero todas ellas están relacionadas con la fuerza que se les aplica²⁸.

Capacidad de soporte (CBR), es la resistencia que se tiene por las altas deformación que se tiene por parte del tráfico, uno de los factores que está vinculado con el CBR de los suelos es la resistencia al esfuerzo cortante. Los suelos que están saturados tienden a tener bajo CBR, en conclusión, la capacidad de soporte es utilizada para la resistencia del suelo de otras capas o de la subrasante²⁹.

Proctor modificado, también llamado ensayo de compactación, este ensayo nos permite determinar lo que es la relación entre densidad seca y humedad de los suelos a través de lo que viene a ser la compactación con 3 métodos, estos se diferencian por el material que pasa por los tamices N°. 4, 3/8" y 3/4", tienen que tener 5 capas de los cuales se tienen que compactar con 25 golpes (Método A y B), el método C tiene que tener 56 golpes.

Cenizas del carbón

El conocimiento de saber que son las cenizas de carbón es muy importante para poder utilizarlo como un estabilizante, por ello es necesario dar una definición y se afirma que, las cenizas de carbón son parecidas a conglomerantes puzolánicos, aunque esta no brinda los mejores resultados si lo comparamos con el cemento con la cal, se requiere que agregamos agua y adicional a eso tener presente un activante en proporciones mínimas³².

Obtención de la ceniza de carbón, para obtener la ceniza del carbón existe un proceso no muy complejo, acá en nuestro país lo llaman quemado, y consiste que en quemar el carbón al final queda una sustancia en forma de polvo, dicho residuo es el producto que se utilizare como material estabilizante.³⁴

Finura de la ceniza de carbón, se sabe que mientras las partículas de un estabilizante sean más finas será de mayor utilización debido a que estas responden mejor a las partículas de mayor diámetro, por ende, es muy importante

saber, cual es la finura que presenta la ceniza del carbón y hasta donde puede ser más resistente³⁵.

Ceniza de carbón como estabilizante, si bien es cierto en muchos países incluyendo el nuestro se han utilizado la ceniza de carbón como estabilizante y no solo de carbón sino varios tipos de ceniza las cuales han sido extraídas de distintos tipos de materiales, como nosotros solo tomaremos las cenizas de carbón.

III. METODOLOGÍA

3.1 Tipo y diseño de investigación

Tipo de investigación:

Aplicada: dado que se basará en el estudio de posibilidades y tiene como objetivo resolver un problema real determinado, y de este modo poder contribuir a la sociedad. “La investigación aplicada está enfocada en resolver problemas de una manera práctica, para luego darnos una solución y así contribuir en nuevos conocimientos” [41].

Diseño de investigación:

El diseño de este trabajo será cuasi experimental, debido a que es en la que existe una exposición, una respuesta y una hipótesis para contrastar, pero no hay aleatorización de los sujetos a los grupos de tratamiento y control, o bien no existe grupo control propiamente dicho” [42].

De este modo, el proyecto se considera cuasi experimental, debido a que se manipularán intencionalmente las cantidades de la ceniza de carbón (13%, 18% y 23%) en la subrasante, con el objetivo de analizar su influencia en las propiedades físico-mecánicas de la subrasante; además, se sub-clasifica como cuasi-experimental, puesto a que el tipo de terreno para el presente estudio ha sido pre definido (arcilla) por el investigador, contando con cuatro ensayos que corresponden a la muestra patrón y a las muestras con la ceniza de carbón en 13%, 18% y 27% del volumen de la muestra; dosificaciones elegidas tentativamente en base a diferentes estudios previos de diversos autores (tesis 5% - 25%) realizados con estabilizadores en subrasante

3.2 Variables y operacionalización

Variable dependiente (VD), es aquella variable cuyo valor solamente depende la variable independiente, dicho valor se quiere sustentar por el predominio de la variable independiente, también es el efecto de otras variables además también se puede conocer como variable explicativa⁴⁵.

Variable independiente (VI), es aquella variable que se modifica o se manipula, por lo tanto, va a generar modificaciones en la variable dependiente,

por ende, esta variable tiene la facultad de incidir, afectar o influir en otras variables ⁴⁶.

Las variables de este trabajo se muestran a continuación

Variable Descripción

VI Ceniza de carbón

VD Evaluación de Estabilización de Suelos Arcillosos en la Subrasante

Operacionalización de Variables, está basada en el desarrollo del proceso de la investigación, además nos permite establecer el método del cómo se procederá a medir las variables⁴⁷.

Definición Conceptual, se definirá los conceptos para la variable independiente y para la variable dependiente:

Ceniza de carbón (VI), las cenizas de carbón son parecidas a conglomerantes puzolánicos, aunque esta no brinda lo mejores resultados si lo comparamos con el cemento con la cal, se requiere que agregamos agua y adicional a eso tener presente un activante en proporciones mínimas.

Estabilización de Suelos Arcillosos(VD), la estabilización de suelos naturales arcillosos, es un proceso en las cuales las propiedades físicas y mecánicas del es suelo son sometidas para mejorar sus cualidades: reducir su plasticidad, aumentar su resistencia y estabilidad.

Definición Operacional, se definirá los conceptos operacionales para la variable independiente y para la variable dependiente:

Ceniza de carbón (VI), el proceso se aplicará mediante una combinación con el suelo en su forma natural, adicionado la ceniza en porcentajes y de esta manera conocer en cuanto varia las propiedades del suelo natural.

Estabilización de Suelos Arcillosos(VD), es el proceso que se evaluará con la finalidad de proponer una posible solución al problema, esta se desarrollará en relación a cada una de las dimensiones e indicadores identificadas.

Indicadores, se definirá los indicadores para la variable independiente y para la variable dependiente:

Ceniza de carbón (VI), debido a que el estabilizante se adicionara en porcentajes, como indicadores tenemos que la ceniza de carbón se adicionara en 13%, 18% y 23% en relación al suelo natural.

Estabilización de Suelos Arcillosos(VD), se analizará a dos propiedades del

suelo y para cada una de ellas se planteará sus indicadores, entonces tenemos que para; las propiedades físicas los indicadores serán contenidos de humedad y los límites de Atterberg; y para las propiedades mecánicas, se tendrá como indicadores a la compactación y capacidad portante del suelo.

Escala de medición, se definirá las escalas de medición para la variable independiente y para la variable dependiente:

Ceniza de carbón (VI), debido a las dimensiones e indicadores que presentara esta variable, todas las escalas de medición serán ESCALA NOMINAL.

Estabilización de Suelos Arcillosos(VD), se analizará a dos propiedades del suelo las cuales son las dimensiones, y para cada una de ellas se planteará sus indicadores, entonces tenemos que para; las propiedades físicas y para las propiedades mecánicas, con sus indicadores ya definidos la escala de medición para ambos indicadores será ESCALA DE RAZÓN.

Para que la operacionalización de variables se entienda y tenga un mejor orden se ha elaborado la matriz de operacionalización de variables, la cual se muestra y se puede observar en el ANEXO N°03.

3.3 Población, muestra y muestreo

Población, “es el grupo total de personas, eventos, objetos, situaciones, etc. En las que se pretende realizar una o más de sus propiedades que tengan en común, que son encontrados en un territorio o espacio” [48].

Para este proyecto de investigación la población será, la Av. Cuzco en el distrito de San Martín De Porres, Lima-Perú.

Muestra, “es la totalidad de casos que han sido sacados de la población, y estos serán seleccionados por algún método, por ello, se dice que la muestra solo es una parte de la población” [49].

Cabe resaltar que, el tipo de carretera del presente estudio es de primera clase, con un IMDA entre los 4000-2001 veh/día para una calzada de dos carriles, según el Cuadro 4.1 del Manual de Carreteras – Sección de Suelos y Pavimentos, indicando la realización de cuatro (04) calicatas por 1km a una profundidad no menor de 1.5 m del nivel de la sub rasante.

Tabla 1: Número de Calicatas

Tipo de Carretera	Profundidad (m)	Número mínimo de Calicatas	Observación
Autopistas: carreteras de IMDA mayor de 6000 veh/día, de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles	1.50m respecto al nivel de subrasante del proyecto	<ul style="list-style-type: none"> Calzada 2 carriles por sentido: 4 calicatas x km x sentido Calzada 3 carriles por sentido: 4 calicatas x km x sentido Calzada 4 carriles por sentido: 6 calicatas x km x sentido 	Las calicatas se ubicarán longitudinalmente y en forma alternada
Carreteras Duales o Multicarril: carreteras de IMDA entre 6000 y 4001 veh/día, de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles	1.50m respecto al nivel de subrasante del proyecto	<ul style="list-style-type: none"> Calzada 2 carriles por sentido: 4 calicatas x km x sentido Calzada 3 carriles por sentido: 4 calicatas x km x sentido Calzada 4 carriles por sentido: 6 calicatas x km x sentido 	
Carreteras de Primera Clase: carreteras con un IMDA entre 4000-2001 veh/día, de una calzada de dos carriles.	1.50m respecto al nivel de subrasante del proyecto	<ul style="list-style-type: none"> 4 calicatas x km 	Las calicatas se ubicarán longitudinalmente y en forma alternada
Carreteras de Segunda Clase: carreteras con un IMDA entre 2000-401 veh/día, de una calzada de dos carriles.	1.50m respecto al nivel de subrasante del proyecto	<ul style="list-style-type: none"> 3 calicatas x km 	
Carreteras de Tercera Clase: carreteras con un IMDA entre 400-201 veh/día, de una calzada de dos carriles.	1.50m respecto al nivel de subrasante del proyecto	<ul style="list-style-type: none"> 2 calicatas x km 	
Carreteras de Bajo Volumen de Tránsito: carreteras con un IMDA ≤ 200 veh/día, de una calzada.	1.50m respecto al nivel de subrasante del proyecto	<ul style="list-style-type: none"> 1 calicata x km 	

Fuente: Manual de Carreteras – Sección de Suelos y Pavimentos

Según el tipo de carretera del presente estudio, y de acuerdo al Cuadro 4.2 Número de Ensayos de CBR del Manual de Carreteras – Sección de Suelos y Pavimentos, se indica realizar un (01) Ensayo CBR por cada 1 km como mínimo.

Tabla 2: Número de Ensayos CBR

Tipo de Carretera	N° Mr y CBR
Autopistas: carreteras de IMDA mayor de 6000 veh/día, de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles	<ul style="list-style-type: none"> Calzada 2 carriles por sentido: 1 Mr cada 3 km x sentido y 1 CBR cada 1 km x sentido Calzada 3 carriles por sentido: 1 Mr cada 2 km x sentido y 1 CBR cada 1 km x sentido Calzada 4 carriles por sentido: 1 Mr cada 1 km y 1 CBR cada 1 km x sentido
Carreteras Duales o Multicarril: carreteras de IMDA entre 6000 y 4001 veh/día, de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles	<ul style="list-style-type: none"> Calzada 2 carriles por sentido: 1 Mr cada 3 km x sentido y 1 CBR cada 1 km x sentido Calzada 3 carriles por sentido: 1 Mr cada 2 km x sentido y 1 CBR cada 1 km x sentido Calzada 4 carriles por sentido: 1 Mr cada 1 km y 1 CBR cada 1 km x sentido
Carreteras de Primera Clase: carreteras con un IMDA entre 4000 - 2001 veh/día, de una calzada de dos carriles.	<ul style="list-style-type: none"> Cada 1 km se realizará un CBR
Carreteras de Segunda Clase: carreteras con un IMDA entre 2000 - 401 veh/día, de una calzada de dos carriles.	<ul style="list-style-type: none"> Cada 1.5 km se realizará un CBR
Carreteras de Tercera Clase: carreteras con un IMDA entre 400 - 201 veh/día, de una calzada de dos carriles.	<ul style="list-style-type: none"> Cada 2 km se realizará un CBR
Carreteras de Bajo Volumen de Tránsito: carreteras con un IMDA ≤ 200 veh/día, de una calzada.	<ul style="list-style-type: none"> Cada 3 km se realizará un CBR

Fuente: Manual de Carreteras – Sección de Suelos y Pavimentos

Por tener 1Km (1 CBR) y 1 Km (4 calicatas) se tomará 1 Km para efecto de las calicatas de la muestra, por ello, se realizarán cuatro (04) calicatas para efectos de la muestra, de ese total, se tendrá que extraer una cantidad suficiente para poder realizar cuatro (04) Ensayos CBR, Próctor Modificado y Atterberg (Límite Líquido y Límite Plástico), para definir las propiedades físico – mecánicas, según (N, 13%, 21%, 24%).

Muestreo, el tipo de muestreo para este trabajo de investigación será no probabilístico, porque los elementos serán seleccionados a juicio. “El muestreo es el proceso en la cual se extraerá una muestra de la población con la finalidad de hacer un estudio y analizarlos, para luego caracterizar al total de toda la población de estudio” [50].

3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Retrospectivo, Estudio que compara a dos grupos de investigación: aquellos que fueron realizados con una causa y otro grupo, en muy similar condición, pero que no pueden ser realizados, pero si comparados (análisis documental) por tener un similar antecedente o igual condición experimental⁵¹.

Método del análisis documental, el cual, dará la oportunidad de obtener datos mediante el acceso a la información de los ensayos realizados de las tesis con antecedentes de mejoramiento de subrasante, los cuales se buscarán en los repositorios de las Universidades que cuentan con la carrera de Ingeniería Civil a nivel nacional e internacional; así mismo, también se obtendrá la teoría del mejoramiento de subrasante en los Artículos Científicos, los cuales se encontrarán en las páginas web de las revistas de investigación on-line.

3.5 Procedimientos

Retrospectivo, Se realizó en la búsqueda de las tesis referentes a nuestra investigación por nuestra técnica documental, en base a las similitudes condiciones (tipo de suelo, tipo de aditivos que en nuestro caso es la ceniza de carbón, tipo de ensayos, similar altitud y similar lugar) para posteriormente a ello, obtener sus datos mediante la Interpolación respetando los aportes; para luego, poder realizar nuestros propios análisis de resultados, los mismos que serán presentado en tablas y gráficos.

3.6 Método de análisis de datos

Retrospectivo. Para la selección de datos se ejecutó mediante la comparación a dos grupos de investigación: un primer grupo que fueron realizados con una causa y efecto, contra otro grupo, en muy similar condición, pero que no podrán ser realizados, pero si comparados (análisis documental); permitiendo tomar apuntes de sus resultados del primero en forma de datos interpolados, y asemejarlos a una posible solución, pues tienen un similar antecedente e igual condición experimental

3.7 Aspectos éticos

Como alumnos de la carrera profesional de Ingeniería Civil y autores de esta investigación, este trabajo se realizó con la completa honestidad, honradez, respeto y confianza. Por ende, se respetó la veracidad de los resultados que se obtengan, también se garantizó no haber copiado tesis de otros autores o investigadores por ultimo nos comprometimos a que este trabajo de investigación se desarrolle y se cumpla con el procedimiento establecido.

IV. RESULTADOS DE INTERPOLACION

Trabajo De Obtención de Datos

En el mes de Marzo en el Perú fue establecido el DECRETO DE URGENCIA N° 026-2020, que establece diversas medidas excepcionales y temporales para prevenir la propagación del coronavirus (COVID-19) en el territorio nacional, por el cual en ese periodo se tuvo prohibido la circulación de transporte público, tiendas, y así mismo los laboratorios tanto de suelos como de concreto estuvieron cerradas por el cual para recolección de datos se hizo un consenso y se llegó a la conclusión de optar la técnica de Análisis documental.

Y fue así que mediante este método se obtuvo la recolección de datos con la investigación y comparación de los ensayos de otras tesis presentes que se encuentran en los diversos repositorios a nivel nacional e internacional.

Trabajo De Laboratorio

Las tablas y figuras de los ensayos que se han realizados, se obtuvieron mediante el análisis documental a los ensayos practicados y presentes en las tesis.

Resultados comparativos de laboratorio encontrados de las respectivas tesis:

Para este primer análisis documentario, se buscará mediante el Próctor Modificado, obtener los datos de la Máxima densidad seca del material de la subrasante, con los diseños (Normal) y las inclusiones del (13%, 21% y 24%) de ceniza de carbón, y para obtener los datos necesarios con la Interpolación, se ha elegido la Tesis de Goñas Labajos, Olger

La interpolación es un proceso de estimación de valores entre los puntos conocidos. MATLAB tiene funciones de interpolación basadas en polinomios y transformaciones de Fourier. Es el subconjunto matemático del análisis numérico. La interpolación se llama obtener nuevos puntos basados en el conocimiento de un conjunto de puntos. También la interpolación es una técnica muy útil para aproximar funciones, para estimar valores intermedios de las mismas en una serie de datos. Calcular la Máxima Densidad Seca con el método de interpolación lineal Se procedió calculara la densidad seca por cada porcentaje Ceniza de carbón

Resultados comparativos de laboratorio encontrados de las respectivas tesis:

Tesis 1: Para límites de Atterberg

“Estabilización de suelos con cenizas de carbón para uso como subrasante mejorada” Chachapoyas - Perú 2019.

Autor: Goñas Labajos Olger

Límites de Atterberg

Tabla 3: *Límites de Atterberg*

TABLA DE LIMITES			
muestra (%)	limite liquido	limite plástico	índice de plasticidad
0	51	27	24
15	52	31	21
20	43	34	19
25	55	39	16

Fuente: Goñas Labajos Olger

A partir de los datos obtenidos de la tesis, en la cual el autor utilizo la ceniza de carbón con los porcentajes de 15%, 20% y 25%. calcularemos los límites de Atterberg, a través del método de la interpolación lineal, para la cual utilizaremos los porcentajes de 13%, 21% y 24%.

1. Calculo de **Y1** con la interpolación lineal

Tabla 4: *Interpolación con 13%*

PARA 13%			
muestra (%)	limite liquido	limite plástico	índice de plasticidad
0	51	27	24
13	51.87	30.47	21.40
15	52	31	21

Fuente: Elaboración propia

2. Calculo de **Y2** con la interpolación lineal

Tabla 5: *Interpolación con 21%*

PARA 21%			
muestra (%)	limite liquido	limite plástico	índice de plasticidad
20	43	34	19
21	45.40	35.00	18.40
25	55	39	16

Fuente: Elaboración propia

3. Calculo de Y3 con la interpolación lineal

Tabla 6: Interpolación con 24%

PARA 24%			
muestra (%)	limite liquido	limite plástico	índice de plasticidad
21	45.4	35	18.4
24	52.60	38.00	16.60
25	55	39	16

Fuente: Elaboración propia

A continuación, presentamos el resumen de los datos obtenidos a través del método de interpolación lineal con nuestros porcentajes planteados:

Tabla 7: Resumen de interpolación de Límites de Atterberg

calicata	muestra (%)	limite liquido	limite plastico	índice de plasticidad
1	0	51	27	24
	13	51.87	30.47	21.4
	21	45.4	35	18.4
	24	52.6	38	16.6

Fuente: Elaboración propia

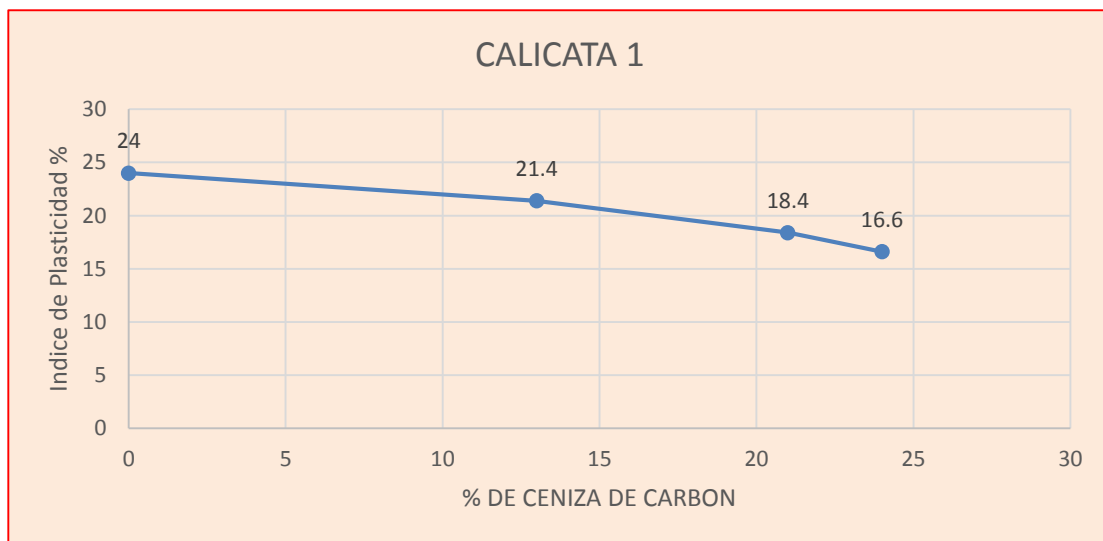


Figura 1: Grafica de Índice de Plasticidad

Fuente. Elaboración propia

Interpretación: De los resultados obtenidos en la tabla, podemos afirmar que mientras mayor sea el porcentaje de ceniza de carbón, el índice de plasticidad va disminuyendo.

Tesis 2:

“ANALISIS COMPARATIVO DE LA RESISTENCIA AL CORTE Y ESTABILIZACION DE SUELOS ARENOSOS FINOS Y ARCILLOSOS COMBINADAS CON CENIZA DE CARBON.”

Autor: Cañar Tiviano Edwin Santiago

Proctor Modificado

Tabla 8: *Proctor Modificado*

TIPO DE SUELO 2		
ARCILLA DE ALTA PLASTIO		
PORCENTAJE DE CENIZA DE CARBON	Densidad seca máxima (gr/cm ³)	Contenido De Humedad Optimo (%)
0%	1.300	27.00
20%	1.310	29.10
23%	1.320	29.60
25%	1.315	30.40

Fuente: Cañar Tiviano Edwin Santiago

A partir de los datos obtenidos de la tesis, en la cual el autor utilizo la ceniza de carbón con los porcentajes de 20%, 23% y 25%. calcularemos el Proctor modificado, a través del método de la interpolación lineal, para la cual utilizaremos los porcentajes de 13%, 21% y 24%.

1. Calculo de **Y1** con la interpolación lineal

Tabla 9: *Interpolación con 13%*

TIPO DE SUELO 2		
ARCILLA DE ALTA PLASTIO CON 13 %		
PORCENTAJE DE CENIZA DE CARBON (%)	Densidad seca máxima (gr/cm ³)	Contenido De Humedad Optimo (%)
0.00	1.300	27.00
13	1.307	28.365
20.00	1.310	29.10

Fuente: Elaboración propia

2. Calculo de **Y2** con la interpolación lineal

Tabla 10: Interpolación con 21%

TIPO DE SUELO 2		
ARCILLA DE ALTA PLASTIO CON 21 %		
PORCENTAJE DE CENIZA DE CARBON (%)	Densidad seca máxima (gr/cm3)	Contenido De Humedad Optimo (%)
20.00	1.310	29.10
21	1.313	29.27
23.00	1.320	29.60

Fuente: Elaboración propia

3. Calculo de **Y3** con la interpolación lineal

Tabla 11: Interpolación con 24%

TIPO DE SUELO 2		
ARCILLA DE ALTA PLASTIO CON 24 %		
PORCENTAJE DE CENIZA DE CARBON (%)	Densidad seca máxima (gr/cm3)	Contenido De Humedad Optimo (%)
23.00	1.320	29.60
24	1.318	30.00
25.00	1.315	30.40

Fuente: Elaboración propia

A continuación, presentamos el resumen de los datos obtenidos a través del método de interpolación lineal con nuestros porcentajes planteados:

Tabla 12: Resumen Proctor Modificado

TIPO DE SUELO 2		
ARCILLA DE ALTA PLASTICIDAD RESUMEN		
PORCENTAJE DE CENIZA DE CARBON (%)	Densidad seca máxima (gr/cm3)	Contenido De Humedad Optimo (%)
13.00	1.31	28.37
21.00	1.313	29.27
24.00	1.32	30.00

Fuente: Elaboración propia

Interpretación: De la interpolación realizada se puede obtener una Densidad seca máxima en la que al aumentar los porcentajes de ceniza de carbón esta aumenta en 0.01 gr/cm3 aproximadamente.

De la interpolación realizada se puede obtener que el Contenido de humedad optima aumenta un 1 % aproximadamente de acuerdo con el aumento del porcentaje de la ceniza de carbón.

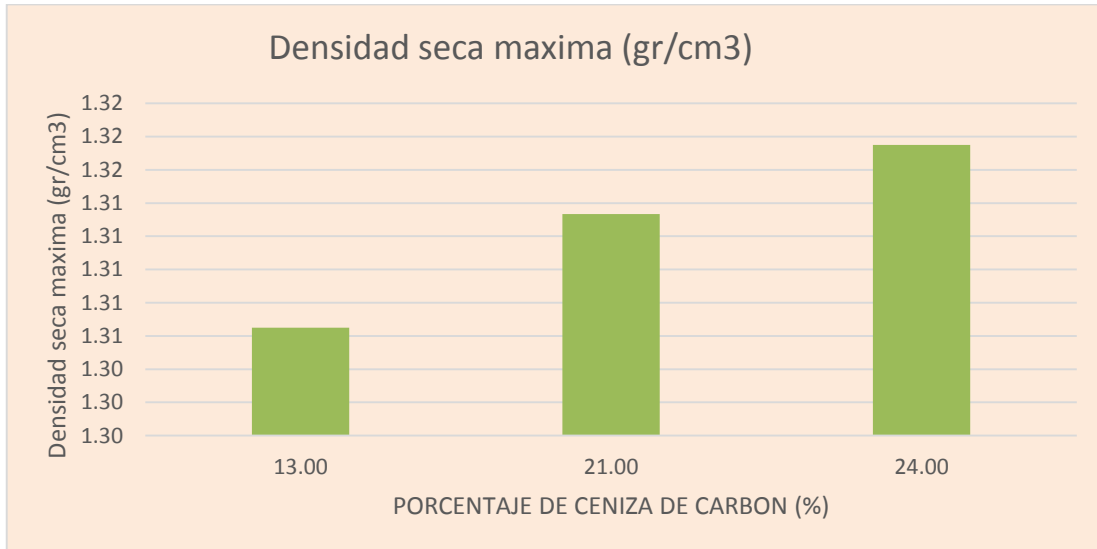


Figura 2: Grafica de Máxima Densidad Seca

Fuente. Elaboración propia

A medida que el porcentaje de ceniza de carbón crece, la Densidad seca máxima aumenta.

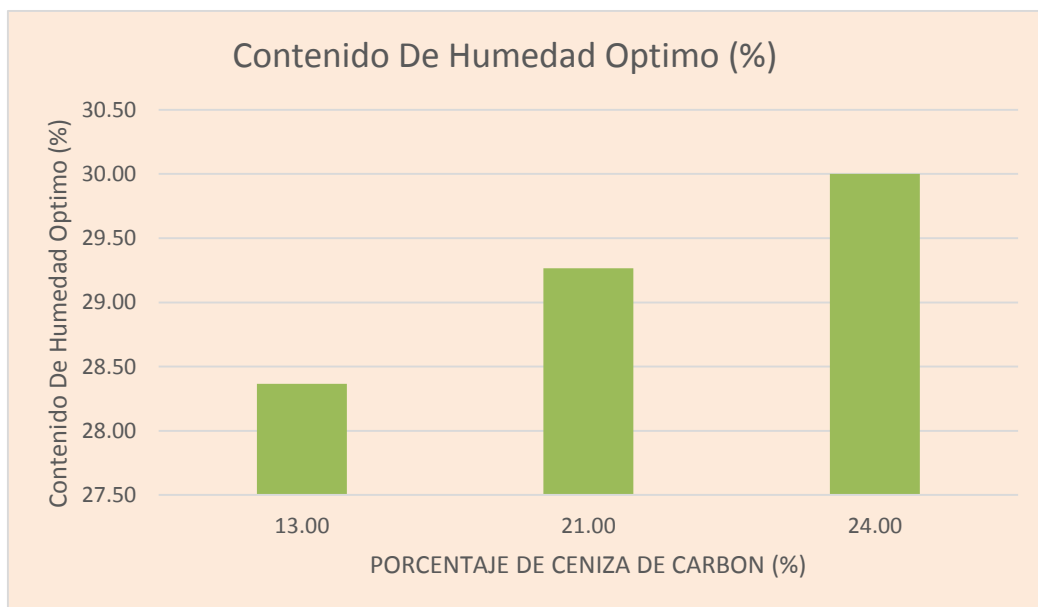


Figura 3: Grafica de Contenido de Humedad Optimo

Fuente. Elaboración propia

A medida que el porcentaje de ceniza de carbón crece, el Contenido de humedad optimo aumenta.

CBR

Tabla 13: CBR

TIPO DE SUELO 2	
ARCILLA DE ALTA PLASTIO	
PORCENTAJE DE CENIZA DE CARBON	Valor de Soporte de Clifornia (CBR)%
0%	9.10
20%	10.20
23%	10.20
25%	11.20

Fuente: Cañar Tiviano Edwin Santiago

A partir de los datos obtenidos de la tesis, en la cual el autor utilizo la ceniza de carbón con los porcentajes de 20%, 23% y 25%. calcularemos el CBR, a través del método de la interpolación lineal, para la cual utilizaremos los porcentajes de 13%, 21% y 24%.

1. Calculo de **Y1** con la interpolación lineal

Tabla 14: Interpolación con 13%

TIPO DE SUELO 2	
ARCILLA DE ALTA PLASTIO CON 13 %	
PORCENTAJE DE CENIZA DE CARBON (%)	Valor de Soporte de California (CBR)%
0.00	9.100
13	9.815
20.00	10.200

Fuente: Elaboración propia

2. Calculo de **Y2** con la interpolación lineal

Tabla 15: Interpolación con 21%

TIPO DE SUELO 2	
ARCILLA DE ALTA PLASTIO CON 21 %	
PORCENTAJE DE CENIZA DE CARBON (%)	Valor de Soporte de California (CBR)%
20.00	10.200
21	10.200
23.00	10.200

Fuente: Elaboración propia

3. Cálculo de **Y3** con la interpolación lineal

Tabla 16: Interpolación con 24%

TIPO DE SUELO 2	
ARCILLA DE ALTA PLASTICIDAD CON 24 %	
PORCENTAJE DE CENIZA DE CARBÓN (%)	Valor de Soporte de California (CBR)%
23.00	10.200
24	10.700
25.00	11.200

Fuente: Elaboración propia

A continuación, presentamos el resumen de los datos obtenidos a través del método de interpolación lineal con nuestros porcentajes planteados:

Tabla 17: Resumen de Porcentaje de CBR

TIPO DE SUELO 2	
ARCILLA DE ALTA PLASTICIDAD RESUMEN	
porcentaje de ceniza de carbón (%)	Valor de Soporte de California (CBR)%
13.00	9.815
21.00	10.200
24.00	10.700

Fuente: Elaboración propia

Se logra apreciar que al aumentar el porcentaje de ceniza de carbón se obtuvo un CBR con mayor porcentaje. Estas aumentan en 1 % aproximadamente dependiendo del porcentaje de ceniza de carbón.

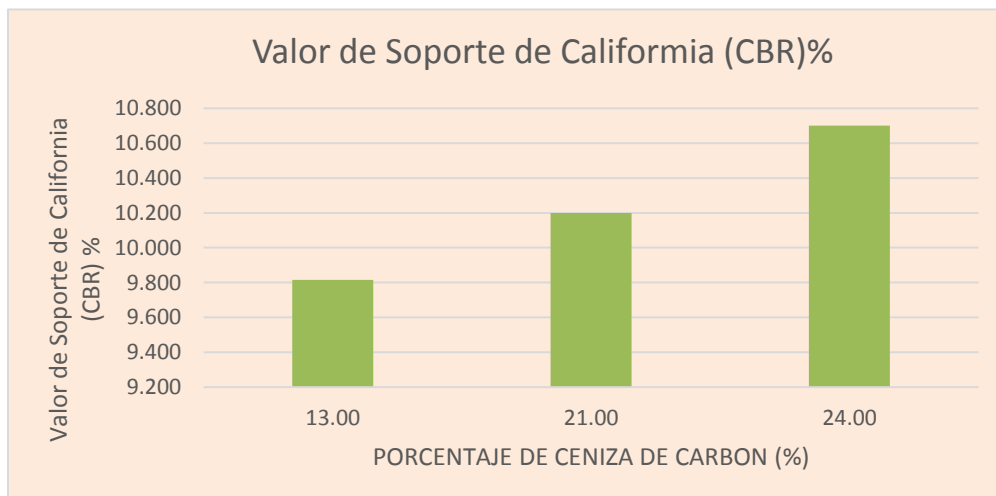


Figura 4: Grafica de Valor de Soporte de California (CBR)

Fuente. Elaboración propia

Interpretación. En la tabla N°15, se observa que en los resultados de adicionar la ceniza de carbón en porcentajes de 13%, 21% y 24%, su capacidad portante va mejorando al adicionar la ceniza de carbón de 9.815%,10.200% y 10.700% respectivamente, obteniéndose así resultados que son favorables ya que el CBR va aumentando su valor.

V. DISCUSIONES

5.1. Influencia de la ceniza de carbón en los Límites de Atterberg del terreno.

RESULTADO. - De los resultados obtenidos en la tabla, podemos afirmar que mientras mayor sea el porcentaje de ceniza de carbón, el índice de plasticidad va disminuyendo.

Antecedente, Goñas (2019), en su investigación se logró disminuir la plasticidad adicionando las cenizas de carbón, además se logró bajar el óptimo contenido de humedad.

Hipótesis, La ceniza de carbón influye de manera positiva el índice de plasticidad de las propiedades físicas de suelos arcillosos en la subrasante de la Av. Cuzco, distrito de San Martín de Porres, Lima 2020. A través de los ensayos de Límite Líquido y Límite plástico se pudieron afirmar que la ceniza de carbón influyó de manera positiva en índice de plasticidad para el suelo arcilloso.

Pregunta: ¿Cuánto influye la ceniza de carbón en el índice de plasticidad de suelos arcillosos en la subrasante de la Av. Cuzco, distrito de San Martín de Porres, Lima 2020?, Se dio respuesta haciendo constar que este proyecto está basado en los resultados del tesisista que tenemos de referencia, en su proyecto el suelo fue clasificado arcilloso, datos dados por un laboratorio de suelos, así mismo este proyecto se realizó con el mismo tipo de suelo en el cual se realizaron proyectos en dicha zona fue por eso que logramos saber que el tipo de suelo es arcilloso, teniendo como muestra patrón el límite líquido de 51, el límite plástico de 27 y el índice de plasticidad de 24. Al tener los datos de muestra patrón y del tesisista se pudo proceder con la interpolación y así obtener para el 13% CC (24.4IP), 21% CC (18.4IP), 24% CC (16.6IP), el que influye de manera positiva al suelo arcilloso es el de mayor valor adicionado de 24% de ceniza de carbón ya que así disminuye el índice de plasticidad.

5.2. Influencia de la ceniza de carbón en el contenido de humedad del terreno.

RESULTADO. – De los resultados obtenidos en la tabla, podemos afirmar que mientras mayor sea el porcentaje de ceniza de carbón, el contenido de humedad va aumentando.

Antecedente, Cañar (2017), en su investigación se logró mejorar el contenido de humedad del suelo arcilloso y arenosos finos.

Hipótesis: La ceniza de carbón influye positivamente en el contenido de humedad de las propiedades físicas de suelos arcillosos en la subrasante de la Av. Cuzco, distrito de San Martín de Porres, Lima 2020. A través de los ensayos de Proctor modificado se pudieron afirmar que la ceniza de carbón influyó de manera positivamente en contenido de humedad óptimo para el suelo arcilloso.

Pregunta: ¿Cuánto influye la ceniza de carbón en el contenido de humedad de suelos arcillosos en la subrasante de la Av. Cuzco, distrito de San Martín de Porres, Lima 2020?, Se dio respuesta haciendo constar que este proyecto está basado en los resultados del tesista que tenemos de referencia, en su proyecto el suelo fue clasificado arcilloso, datos dados por un laboratorio de suelos, así mismo este proyecto se realizó con el mismo tipo de suelo en el cual se realizaron proyectos en dicha zona fue por eso que logramos saber que el tipo de suelo es arcilloso, teniendo como muestra patrón de 1.300 gr/cm³ para la DMS y 27% para el Contenido de humedad óptimo (datos del tesista) y al adicionar la ceniza de carbón en 13%, 21% y 24%, se obtienen los resultados de Contenido de 28.37%, 29.27% y 30% de contenido de humedad óptimo respectivamente, de los cuales se opta por elegir el que tiene el contenido de humedad más alto para una mejor estabilización.

5.3. Influencia de la ceniza de carbón en la capacidad portante del terreno.

RESULTADO. – De los resultados obtenidos en la tabla, podemos afirmar que mientras mayor sea el porcentaje de ceniza de carbón, la capacidad portante va aumentando.

Antecedente, Cañar (2017), en su investigación al adicionar las cenizas de carbón este influye notoriamente y positivamente en cuanto a los suelos arcillosos, ya que así se forma una masa compacta y el grado de compactación crece y a su vez el CBR se mejora y también lo que viene a ser la resistencia al corte.

Hipótesis: La ceniza de carbón influye de manera moderada en la capacidad portante de las propiedades mecánicas de suelos arcillosos en la subrasante de la Av. Cuzco, distrito de San Martín de Porres, Lima 2020. A través de los ensayos de CBR se pudieron afirmar que la ceniza de carbón influyó de manera positivamente en la capacidad portante para el suelo arcilloso.

Pregunta: ¿Cuánto influye la ceniza de carbón en la capacidad portante de suelos arcillosos en la subrasante de la Av. Cuzco, distrito de San Martín de Porres, Lima 2020? Se dio respuesta haciendo constar que este proyecto está basado en los resultados del tesista que tenemos de referencia, en su proyecto el suelo fue clasificado arcilloso, datos dados por un laboratorio de suelos, así mismo este proyecto se realizó con el mismo tipo de suelo en el cual se realizaron proyectos en dicha zona fue por eso que logramos saber que el tipo de suelo es arcilloso, teniendo como muestra patrón de 9.10% para el CBR (dato del tesista) y al adicionar la ceniza de carbón en 13%, 21% y 24%, se obtienen los resultados de Contenido de 9.815%, 10.200% y 10.700% de CBR respectivamente, de los cuales se opta por elegir el que tiene el CBR más alto para una mejor estabilización de suelo.

VI. CONCLUSIONES

Evaluar de qué manera influye la ceniza de carbón en las propiedades físicas-mecánicas de la subrasante en la Av. Cuzco – San Martín de Porres.

Se determinó la influencia de la ceniza carbón en la estabilización de suelos arcillosos en la subrasante de la Av. Cuzco, distrito de San Martín de Porres, Lima 2020, observando la evaluación en sus propiedades (físicas y mecánicas): A) Al aumentar el contenido óptimo de humedad. B) Al disminuir el índice de plasticidad. C) Al aumentar la capacidad portante.

A) Óptimo Contenido de Humedad.

Terreno Natural OCH= 27%, CC 13% (OCH=28.37%), CC 21% (OCH=29.27%), CC 24% (OCH= 30.00%).

Se estableció la dependencia del porcentaje de ceniza de carbón en el ensayo de Proctor Modificado, al emplearse el 24% de Ceniza de Carbón para el aumento del Óptimo Contenido de Humedad. Entonces dado los resultados se puede ver que la influencia está relacionada con los porcentajes propuestos, es por ello que esta se mejora con respecto al Proctor modificado, el cual queda comprobada.

B) Índice de Plasticidad.

Terreno Natural IP= 24%, CC 13% (IP= 21.4%), CC 21% (IP=18.4%), CC 24% (IP=16.6).

Se estableció la dependencia del porcentaje de ceniza de carbón en el ensayo de Límites de Atterberg, al emplearse el 24% de Ceniza de carbón para la disminución del Índice de Plasticidad. Entonces dado los resultados se puede ver que la influencia está relacionada con los porcentajes propuestos, es por ello que esta se mejora con respecto a los Límites de Atterberg, el cual queda comprobada.

C) Capacidad Portante (CBR).

Terreno Natural CBR= 9.10%, CC 13% (CBR= 9.815%), CC 21% (CBR= 10.20%),

CC 24% (CBR=10.70%).

Se estableció la dependencia del porcentaje de ceniza de carbón en el ensayo de California Bearing Ratio, al emplearse el 24% de Ceniza de carbón para aumentar el CBR. Entonces dado los resultados se puede ver que la influencia esta relacionada con los porcentajes propuestos, es por ello que esta se mejora con respecto a la Capacidad Portante, el cual queda comprobada.

VII. RECOMENDACIONES

1. En la presente investigación al elegir los porcentajes de Ceniza de Carbón que iban desde el 13% hasta el 24%, en ellas se logró aumentar el Optimo Contenido de Humedad, para continuar la investigación se recomienda que se considere el 24% de Ceniza de Carbón o aumentar el porcentaje de este, para así lograr obtener la curva del Optimo Contenido de Humedad.
2. En la presente investigación al elegir los porcentajes de Ceniza de Carbón que iban desde el 13% hasta el 24%, en ellas se logró disminuir el Índice de Plasticidad, para continuar la investigación se recomienda que se considere el 24% de Ceniza de Carbón o aumentar el porcentaje de este.
3. En la presente investigación al elegir los porcentajes de Ceniza de Carbón que iban desde el 13% hasta el 24%, en ellas se logró aumentar la Capacidad Portante (CBR), para continuar la investigación se recomienda que se considere el 24% de Ceniza de Carbón o aumentar el porcentaje de este.

REFERENCIAS

1. CAÑAR, E. *Análisis comparativo de la resistencia al corte y estabilización de suelos arenosos, finos y arcillosos combinadas con ceniza de carbón*. Ambato-Ecuador: Universidad Técnica de Ambato, 2017.
2. ARIZA GOMEZ, Christian, ROJAS NOVOA, Camilo, ROMERO FUENTES, Yiber. *Evaluación de la capacidad de soporte (CBR) de un suelo expansivo con adición de ceniza de volante*. Bogotá-Colombia: Universidad la Gran Colombia, 2016.
3. MORALES, D. Valoración de las cenizas de carbón para la estabilización de suelos mediante activación alcalina y su uso en vías no pavimentadas. Medellín-Colombia: Universidad de Medellín, 2015.
4. BUENO REGALADO, Jesús, TORRE MAZA, Homaly. *Mejoramiento de la estabilidad del suelo con cenizas de carbón con fines de pavimentación en el barrio del Pinar*. Independencia-Huaraz, 2019.
5. GOÑAS, Olger. *Estabilización de suelos con cenizas de carbón para uso como subrasante mejorada*. Chachapoyas-Perú, 2019.
6. CHAVEZ ARROYO, José, CUBAS BENAVIDES, Kevin. *Evaluación de las cenizas de carbón para la estabilización de suelos mediante activación alcalina y aplicación en carreteras pavimentadas*. Pimentel-Lambayeque, 2016.
7. BUENO REGALADO, Jesús, TORRE MAZA, Homaly. *Mejoramiento de la estabilidad del suelo con cenizas de carbón con fines de pavimentación en el barrio del Pinar*. Independencia-Huaraz, 2019.
8. GOÑAS, Olger. *Estabilización de suelos con cenizas de carbón para uso como subrasante mejorada*, Chachapoyas: Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas, 2019.
9. CUBAS BENAVIDES, Kevin, FALEN CHAVEZ, José. *Evaluación de las cenizas de carbón para la estabilización de suelos mediante activación alcalina y aplicación en carreteras no pavimentadas*. Pimentel: Universidad Señor de Sipán, 2016.
10. CAÑAR, E. *Análisis comparativo de la resistencia al corte y estabilización de suelos arenosos, finos y arcillosos combinadas con ceniza de carbón*. Ambato-Ecuador: Universidad Técnica de Ambato, 2017.

11. ARIZA GOMEZ, Christian, ROJAS NOVOA, Camilo, ROMERO FUENTES, Yiber. *Evaluación de la capacidad de soporte (CBR) de un suelo expansivo con adición de ceniza de volante*. Bogotá-Colombia: Universidad la Gran Colombia, 2016.
12. MORALES, D. *Valoración de las cenizas de carbón para la estabilización de suelos mediante activación alcalina y su uso en vías no pavimentadas*. Medellín-Colombia: Universidad de Medellín, 2015.
13. SINAN, H. *The use of lime sludge for soil stabilization*. Ames – United State: Iowa state university, 2017
14. NESRU, M. *Comparison of Wood ash and bagasse ash soil stabilization methods*. Addis Ababa – India: Addis Ababa science and technology university school of civil engineering and construction technology, 2016.
15. RANA, J. *Soil mechanics and foundation engineering*. Kurukshetra – India: Department of civil engineering national institute of technology Kurukshetra, 2016
16. JIJO, J. *Strength benefit of sawdust/wood ash amendment in cement stabilization of an expansive soil*. Boyacá: Facultad de Ingeniería, 2018. ISSN: 2357-5328
17. PERU. Dirección de proyectos de inversión pública: Proyecto Mejoramiento de la Gestión de la Inversión Pública Territorial. Lima: Lince, 2015.
18. NESRU, M. *Comparison of Wood ash and bagasse ash soil stabilization methods*. Addis Ababa – India: Addis Ababa science and technology university school of civil engineering and construction technology, 2016.
19. PARRA, M. *Estabilización de un suelo con cal y ceniza volante*, Bogotá D.C: Universidad Católica de Colombia, 2018.
20. LANDA ALARCON, Jacques, TORRES MONTESINOS, Sergio. *Mejoramiento de suelos arcillosos en subrasante mediante el uso de cenizas volantes de bagazo de caña de azúcar y cal*. Lima, 2019
21. SINAN, H. *The use of lime sludge for soil stabilization*. Ames – United State: Iowa state university, 2017

22. GOÑAS, Olger. Estabilización de suelos con cenizas de carbón para uso como subrasante mejorada, Chachapoyas: Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas, 2019.
23. BUENO REGALADO, Jesús, TORRE MAZA, Homaly. Mejoramiento de la estabilidad del suelo con cenizas de carbón con fines de pavimentación en el barrio del Pinar. Independencia-Huaraz, 2019.
24. Kong, D., y Sanjayan, J. Damage behavior of geopolymer composites exposed to elevated temperatures, 2008.
25. Sharma, N., Swain, S., y Sahoo, C. Stabilization of a Clayey Soil with Fly Ash and Lime: A Micro Level Investigation. Geotechnical and Geological Engineering, 2012.
26. HUANCA, Ángel. Mecánica de suelos y cimentaciones, Ica: Universidad Nacional San Luis Gonzaga. 2016.
27. DUQUE ESCOBAR, Gonzalo, ESCOBAR POTES, Carlos. Origen formación y constitución del suelo, fisicoquímica de las arcillas. Colombia, 2016.
28. LAMBE. W, *Mecánica de Suelos* [en línea]. Impreso en México, 1997. [fecha de consulta 16 mayo 2020] Disponible en:
https://es.wikipedia.org/wiki/L%C3%ADmites_de_Atterberg
29. WHITLOW, R. *Fundamentos de Mecánica de Suelos* [en línea]. Impreso en México, 1994. [fecha de consulta 16 mayo 2020] Disponible en:
https://es.wikipedia.org/wiki/L%C3%ADmites_de_Atterberg
30. MENDOZA, Manuel, OROSCO, Marcos. *Técnicas alternativas para la determinación del límite líquido de suelos* [en línea]. Impreso en México, 2000. [fecha de consulta 16 mayo 2020] Disponible en:
https://es.wikipedia.org/wiki/L%C3%ADmites_de_Atterberg
31. JUAREZ, Badillo, *Mecánica de suelos* [en línea]. Impreso en México, 1974. [fecha de consulta 16 mayo 2020] Disponible en:
https://www.academia.edu/38530731/Mec%C3%A1nica_de_suelos_Tomo_I_-_Eulalio_Ju%C3%A1rez_Badillo_y_Alfonso_Rico_Rodr%C3%ADguez
32. JIJO, J. *Strength benefit of sawdust/wood ash amendment in cement stabilization of an expansive soil*. Boyacá: Facultad de Ingeniería, 2018. ISSN: 2357-5328
33. JUAREZ, Eulalio. Mecánica de suelos. Mexico: Limusa, 2016. 644pp.

ISBN: 978-968-18-0069-7

34. MACRO, ed. Manual de carreteras: Suelos, geología, geotecnia y pavimentos: Lima. Empresa editora Macro E.I.R.L, 2014. 208pp. ISBN: 978-612-304-191-5
35. MORALES, D. Valoración de las cenizas de carbón para la estabilización de suelos mediante activación alcalina y su uso en vías no pavimentadas. Medellin- Colombia, 2015.
36. RANA, J. Soil mechanics and foundation engineering. Kurukshetra – India: Department of civil engineering national institute of technology Kurukshetra, 2016
37. PEREZ, R. *Estabilización de suelos arcillosos con cenizas de carbón para su uso como subrasante mejorada y/o sub base de pavimentos*. Lima: Universidad Nacional de Ingeniería, 2012.
38. FALEN, J. *Evaluación de las cenizas de carbón para la estabilización de suelos mediante activación alcalina y aplicación en carreteras no pavimentadas*. Pimentel: Universidad Señor de Sipán, 2016.
39. GONZALES, A. *Estabilización mecánica de suelos cohesivos a través de la utilización de ceniza de carbón*. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala, 2014.
40. Sharma, N., Swain, S., y Sahoo, C. Stabilization of a Clayey Soil with Fly Ash and Lime: A Micro Level Investigation. Geotechnical and Geological Engineering, 2012.
41. GOUNDAR, Sam. Research Methodology and Research Method. Researchgate [En línea]. 2019, cap. 3. 1-41. Pág. 5 [Fecha de consulta 23 de junio 2020]. Disponible en <https://www.researchgate.net/publication/333015026>
42. MILLER, Christopher, SMITH, Shawna y PUGATCH, Marianne. Experimental and quasi-experimental designs in implementation research [En línea]. 2020 vol.283 [fecha de consulta 10 junio 2020]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.psychres.2019.06.027>

43. JOURAU-BUTT, Wuajic and others. Strength behavior of clayey soil stabilized with saw dust ash. *Geo-Engineering*. [En línea]. 2016, octubre, 7(18). 1-9 Pág. 1. Párr. 2 [fecha de consulta 29 junio 2020]. DOI 10.1186/s40703-016-0032-9. Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1186/s40703-016-0032-9>
44. TOLEDO, M. Metodología de la investigación. México: 2010.
45. YIN K. Robert. CASE STUDY RESEARCH Design and Methods. London: 2014 [En línea]. [fecha de consulta 29 junio 2020]. 5ta ed. ISBN 978-1-4522-4256-9. Disponible en: https://www.academia.edu/30849709/CASE_STUDY_RESEARCH_Design_and
46. Sharma, N., Swain, S., y Sahoo, C. Stabilization of a Clayey Soil with Fly Ash and Lime: A Micro Level Investigation. *Geotechnical and Geological Engineering*, 2012.
47. RANA, J. Soil mechanics and foundation engineering. Kurukshetra – India: Department of civil engineering national institute of technology Kurukshetra, 2016
48. MELAT NESRU, comparison of wood ash and bagasse ash soil stabilization methods [en línea]. Master thesis in engineering in geotechnical engineering, Addis Ababa Science and Technology University, 2016. [Fecha en consulta 2 de mayo 2020]. Disponible en: <https://core.ac.uk/download/pdf/199938889.pdf>
49. GALLARDO, E. Metodología de la investigación. Huancayo: Universidad Continental, 2017
50. RANA, J. Soil mechanics and foundation engineering. Kurukshetra – India: Department of civil engineering national institute of technology Kurukshetra, 2016
51. GALLARDO, E. Metodología de la investigación. Huancayo: Universidad Continental, 2017
52. KASSU JILCHA, Sileyew. Research Design and Methodology, Cyberspace. [En línea]. 2019 august, 1-13. Pág. 5. Párr. 5 [fecha de consulta 18 junio 20]. Disponible en: <https://www.intechopen.com/books/cyberspace/research-design-and>

ANEXO 03

Matriz de operacionalización de variables

VARIABLES	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTO
V.I: Ceniza de carbón	Las cenizas de carbón son parecidas a conglomerantes puzolánicos, aunque esta no brinda lo mejores resultados si lo comparamos con el cemento con la cal, se requiere que agregamos agua y adicional a eso tener presente un activante en proporciones mínimas.	El proceso se aplicará mediante una combinación con el suelo en su forma natural, adicionado la ceniza en porcentajes y de esta manera conocer en cuanto varia las propiedades del suelo natural	Aplicación de ceniza de carbón en porcentajes(%)	ceniza de carbón al 13%	Fichas de observación
				ceniza de carbón al 21%	
				ceniza de carbón al 24%	
V.D: Evaluación de Estabilización de Suelos Arcillosos en la Subrasante	La estabilización de suelos naturales arcillosos, es un proceso en las cuales las propiedades físicas y mecánicas del es suelo son sometidas para mejorar sus cualidades: reducir su plasticidad, aumentar su resistencia y estabilidad.	Es el proceso que se evaluará con la finalidad de proponer una posible solución al problema, esta se desarrollará en relación a cada una de las dimensiones e indicadores identificadas.	propiedades físicas	contenido de humedad	Proctor modificado
				limite liquido limite plástico índice de plasticidad	Ensayo de límites de Atterberg
			propiedades mecánicas	Capacidad portante	Ensayo de CBR
				Compactación	Proctor modificado

Fuente: Elaboración propia

ANEXO 04

Matriz de consistencia

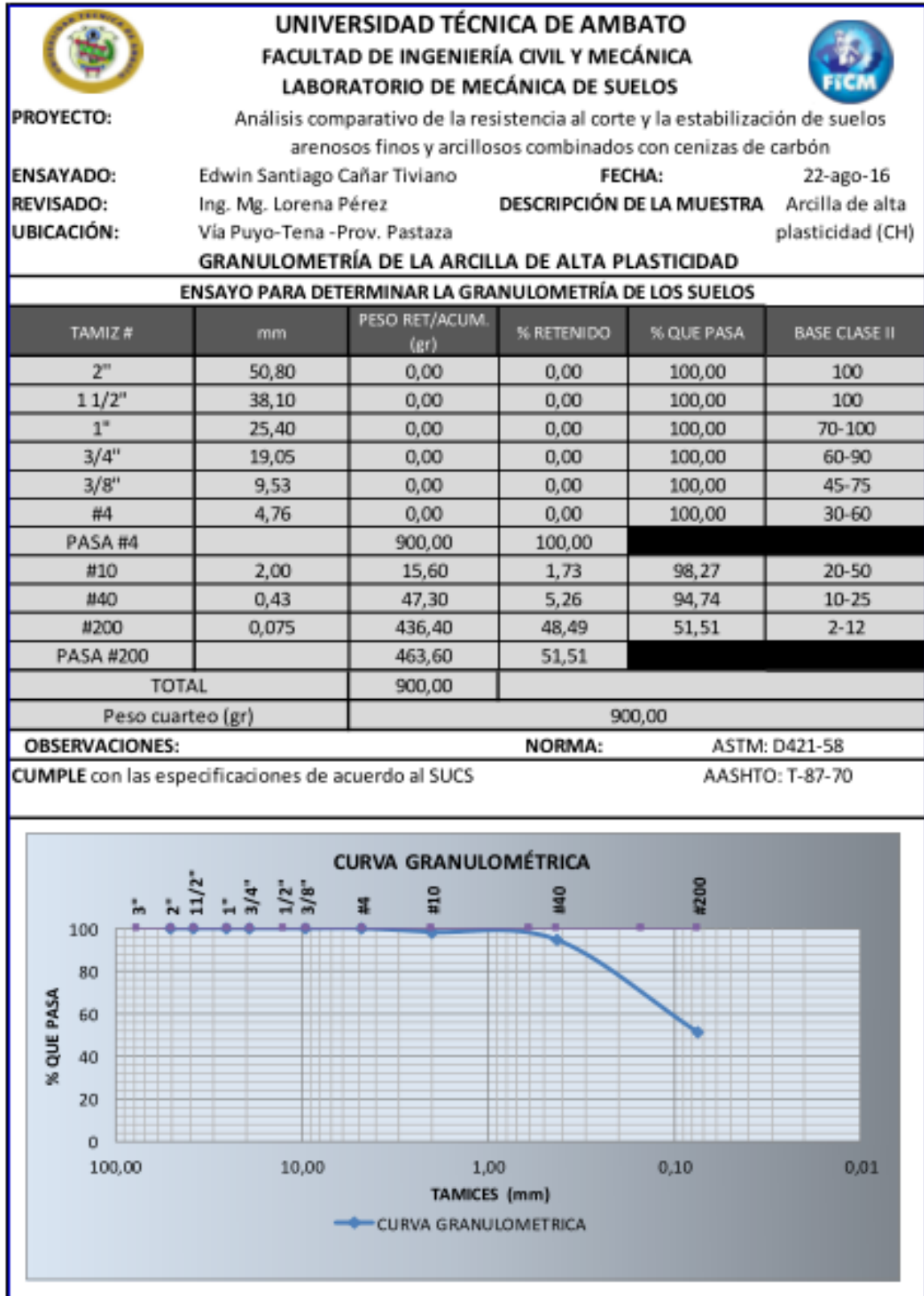
Título:		Evaluación de estabilización de suelos arcillosos aplicando ceniza de carbón en la subrasante de la Av. Cuzco, distrito de San Martín De Porres, 2020				
Autor(es) :		CHILCON CHILCON, Ronaldinio LEON POLO, Guillermo Oliver				
PROBLEMA	OBEJTIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES, DIMENSIONES, INDICADORES E INSTRUMENTO			TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN METODOLOGÍA
<u>PROBLEMA GENERAL</u>	<u>OBJETIVO GENERAL</u>	<u>HIPOTESIS GENERAL</u>	V. INDEPENDIENTE: CENIZA DE CARBON			METODOLOGÍA: Tipo: (Aplicada) Nivel: (Descriptiva) Diseño: (Experimental) Enfoque: (Cuantitativo) Población: Av. Cuzco en el distrito de San Martín De Porres, Lima- Perú. Muestra: 1km de la Av. Cuzco en el distrito de San Martín De Porres, Lima-Perú. Muestreo: no probabilístico Técnica: Observación Directa..
¿Cuánto influye la ceniza de carbón en la estabilización de suelos arcillosos de la subrasante de la Av. Cuzco, distrito de San Martín de Porres, Lima 2020?	Determinar la influencia de la ceniza carbón en la estabilización de suelos arcillosos en la subrasante de la Av. Cuzco, distrito de San Martín de Porres, Lima 2020.	La ceniza de carbón influye positivamente en la estabilización de suelos arcillosos en la subrasante de la Av. Cuzco, distrito de San Martín de Porres, Lima 2020.	Aplicación de ceniza de carbón en porcentajes(%)	ceniza de carbón al 13%	Fichas de observación	
				ceniza de carbón al 21%		
				ceniza de carbón al 24%		
<u>PROBLEMA ESPECÍFICOS</u>	<u>OBJETIVO ESPECÍFICOS</u>	<u>HIPÓTESIS ESPECÍFICOS</u>	V. DEPENDIENTE: EVALUACIÓN DE ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS EN LA SUBRASANTE			
			<u>DIMENSIONES</u>	<u>INDICADORES</u>	<u>INSTRUMENTOS</u>	
¿Cuánto influye la ceniza de carbón en el contenido de humedad de suelos arcillosos en la subrasante de la Av. Cuzco, distrito de San Martín de Porres, Lima 2020?	Determinar la influencia del 13%, 21% y 24% de la ceniza de carbón en el contenido de humedad de las propiedades físicas de suelos arcillosos en la subrasante de la Av. Cuzco, distrito de San Martín de Porres, Lima 2020.	La ceniza de carbón influye positivamente en el contenido de humedad de las propiedades físicas de suelos arcillosos en la subrasante de la Av. Cuzco, distrito de San Martín de Porres, Lima 2020.	Propiedades físicas	Contenido de Humedad	Proctor modificado	
¿Cuánto influye la ceniza de carbón en el índice de plasticidad de suelos arcillosos en la subrasante de la Av. Cuzco, distrito de San Martín de Porres, Lima 2020?	Determinar la influencia del 13%, 21% y 24% de la ceniza de carbón en el índice de plasticidad de las propiedades físicas de suelos arcillosos en la subrasante de la Av. Cuzco, distrito de San Martín de Porres, Lima 2020.	La ceniza de carbón influye positivamente en el índice de plasticidad de las propiedades físicas de suelos arcillosos en la subrasante de la Av. Cuzco, distrito de San Martín de Porres, Lima 2020.		limite liquido limite plástico índice de plasticidad	Ensayo de límites de Atterberg	
¿Cuánto influye la ceniza de carbón en la capacidad portante de suelos arcillosos en la subrasante de la Av. Cuzco, distrito de San Martín de Porres, Lima 2020?	Determinar la influencia del 13%, 21% y 24% de la ceniza de carbón en la capacidad portante de las propiedades mecánicas de suelos arcillosos en la subrasante de la Av. Cuzco, distrito de San Martín de Porres, Lima 2020.	La ceniza de carbón influye positivamente en la capacidad portante de las propiedades mecánicas de suelos arcillosos en la subrasante de la Av. Cuzco, distrito de San Martín de Porres, Lima 2020.	Propiedades mecánicas	capacidad portante del suelo	Ensayo del CBR	
				Compactación	Proctor modificado	

Fuente: Elaboración propia.



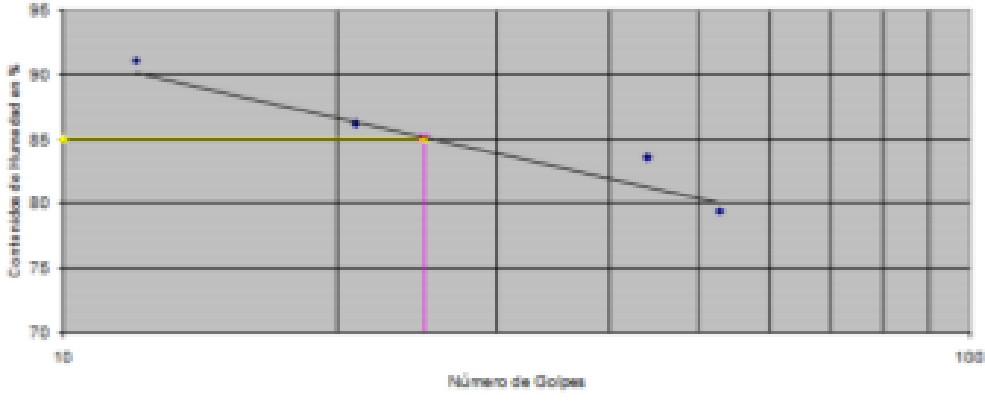
ANEXO 05

Resultados de ensayos de la tesis utilizada en el proyecto

-Ensayo de granulometría



-Ensayo de Límites de Atterberg con muestra patrón.

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO																															
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA																																
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS																																
PROYECTO:	Análisis comparativo de la resistencia al corte y la estabilización de suelos arenosos finos y arcillosos corroborados con cenizas de carbón																															
DETERMINACIÓN DE LOS LÍMITES DE PLASTICIDAD DE SUELOS ARCILLOSOS DE ALTA PLASTICIDAD (CH)																																
UBICACIÓN:	Vía Payo-Tena -Prov. Pastaza	ENSAYADO POR: Edwin Santiago Cofar Tiviano																														
NORMAS:	ASTM-D424-59-74 AASHTO: T-90-70	REVISADO POR: Ing. Mg. Lorena Pérez FECHA: 24-ago-16																														
		DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA: Arcilla de alta plasticidad CH																														
1 Determinación del Límite Líquido del suelo analizado LP%																																
Recipiente número	6	8	11	16	17	41	45	46																								
Peso húmedo + recipiente	W _{h+rec}	24,80	25,10	27,10	28,20	26,00	25,60	34,30																								
Peso seco + recipiente	W _{s+rec}	18,10	18,40	19,70	20,60	19,20	19,20	23,80																								
Peso recipiente	rec	10,80	11,00	11,20	11,70	11,10	11,50	12,10																								
Peso del agua	W _w	6,70	6,70	7,40	7,60	6,80	6,40	10,50																								
Peso de los sólidos	W _s	7,30	7,40	8,50	8,90	8,10	7,70	12,30																								
Contenido de humedad	w%	91,78	90,54	87,06	85,39	83,95	83,12	80,00																								
Contenido de humedad promedio	w%	91,16		86,23		83,53		79,32																								
Número de golpes		12,00		21,00		44,00		57,00																								
2 Determinación Gráfica																																
																																
3 Determinación del Límite Plástico del suelo analizado LP%																																
Recipiente número	8	9	18	21	29																											
Peso húmedo + recipiente	W _{h+rec}	7,4	7,4	8	7,3	7,2																										
Peso seco + recipiente	W _{s+rec}	6,8	6,8	7,4	6,8	6,8																										
Peso recipiente	rec	5,9	5,9	6,2	6	6,1																										
Peso del agua	W _w	0,60	0,60	0,60	0,50	0,40																										
Peso de los sólidos	W _s	0,90	0,90	1,20	0,80	0,70																										
Contenido de humedad	w%	66,67	66,67	50,00	62,50	57,14																										
Contenido de humedad promedio	w%	65,28																														
LÍMITE LÍQUIDO LP%	83,15																															
LÍMITE PLÁSTICO LP%	65,28																															
ÍNDICE DE PLASTICIDAD Ip%	18,87																															
CLASIFICACIÓN AASHTO																																
CLASIFICACIÓN SILCS																																
99						<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th colspan="4">SERIES DE NUMERO DE GOLPES</th> </tr> <tr> <td>X1</td> <td>25</td> <td>Y1</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>X2</td> <td>25</td> <td>Y2</td> <td>83,15</td> </tr> <tr> <th colspan="4">SERIES DE VARIACION DE HUMEDAD</th> </tr> <tr> <td>X1</td> <td>10</td> <td>Y1</td> <td>83,15</td> </tr> <tr> <td>X2</td> <td>25</td> <td>Y2</td> <td>83,15</td> </tr> </table>			SERIES DE NUMERO DE GOLPES				X1	25	Y1	0	X2	25	Y2	83,15	SERIES DE VARIACION DE HUMEDAD				X1	10	Y1	83,15	X2	25	Y2	83,15
SERIES DE NUMERO DE GOLPES																																
X1	25	Y1	0																													
X2	25	Y2	83,15																													
SERIES DE VARIACION DE HUMEDAD																																
X1	10	Y1	83,15																													
X2	25	Y2	83,15																													
3 DESCRIPCIÓN DEL SUELO ENSAYADO																																
Realizado por: Edwin Santiago Cofar			Aprobado por: Ing. Mg. Lorena Pérez																													

-Ensayo de Determinación De Contenido de Humedad

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO		FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA		LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS													
DETERMINACIÓN DE LA GRAVEDAD ESPECÍFICA DEL SUELO Y DENSIDAD REAL DE LA CENIZA																	
PROYECTO:		Análisis comparativo de la resistencia al corte y la estabilización de suelos arcillosos, finos y arcillosos combinados con cenizas de carbón															
UBICACIÓN: Via- Tena Prov. Pastaza		ENSAYADO POR: Egles		Edwin Santiago Cañar													
MUESTRA: CH (arcilla de alta plasticidad)		REVISADO POR:		Ing. Mg. Lorena Pérez													
FECHA: 24 de agosto del 2016																	
NORMAS: Gravedad específica: AASHTO T-100-70 /ASTM D854-88; Densidad real: ASTM C-188 / INEN 156																	
GRAVEDAD ESPECÍFICA DEL SUELO			DENSIDAD REAL DE LA CENIZA														
MUESTRA	1	2	MUESTRA	1	2												
PICNÓMETRO	150	150	Masa del picnómetro	161,10	174,20												
TEMPERATURA DEL AGUA Y SUELO (°C)	19	19	Masa del picnómetro + muestra	211,10	235,10												
PESO DEL RECIPIENTE + SUELO SECO	309,40	159,00	Masa del picnómetro + muestra + gasolina	249,60	271,80												
PESO DEL RECIPIENTE	259,40	109,00	Masa gasolina añadida	138,50	136,70												
PESO DEL SUELO SECO (Ws)	50,00	50,00	Masa picnómetro + 500cc de gasolina	321,70	328,70												
PESO DEL PICNÓMETRO + AGUA (Wwe)	657,50	649,40	Masa de 500cc de gasolina	360,60	384,50												
PESO DEL PICNÓMETRO + SUELO (Ww + Wwe)	659,10	664,50	Densidad de la gasolina	0,72	0,73												
PESO DEL PICNÓMETRO + AGUA + SUELO (sumergido) (Wws)	623,40	621,50	Masa de la gasolina desalojada por la muestra	22,10	27,80												
DESPLAZAMIENTO DEL AGUA (Ww + Wwe - Wws)	35,70	33,00	Masa de la Ceniza	50,00	60,90												
FACTOR DE CORRECCIÓN POR TEMPERATURA (C)	0,998	0,998	Volumen de la gasolina desalojada	30,64	38,13												
$G_s = (W_s + W_w) / (W_w + Wwe - Wws) \cdot C$	1,358	1,312	DRC = MC/VG	1,63	1,60												
PROMEDIO DE LA GRAVEDAD ESPECÍFICA	1,435		PROMEDIO DE LA DENSIDAD ESPECÍFICA	1,614													
			<table border="1"> <thead> <tr> <th>Descripción</th> <th>Valor</th> <th>Unidad</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Gs de la arcilla de alta plasticidad</td> <td>1,435</td> <td>gr/cm³</td> </tr> <tr> <td>Gs del suelo estabilizado con ceniza</td> <td>1,358</td> <td>gr/cm³</td> </tr> <tr> <td>Gs de la ceniza de carbon</td> <td>1,614</td> <td>gr/cm³</td> </tr> </tbody> </table>			Descripción	Valor	Unidad	Gs de la arcilla de alta plasticidad	1,435	gr/cm ³	Gs del suelo estabilizado con ceniza	1,358	gr/cm ³	Gs de la ceniza de carbon	1,614	gr/cm ³
Descripción	Valor	Unidad															
Gs de la arcilla de alta plasticidad	1,435	gr/cm ³															
Gs del suelo estabilizado con ceniza	1,358	gr/cm ³															
Gs de la ceniza de carbon	1,614	gr/cm ³															
OBSERVACIONES:																	
La gravedad específica de la Arcilla de alta plasticidad es 1,435 gr/cm ³ esta en el rango de los límites que va desde 1,440 gr/cm ³ - 1,780gr/cm ³ .																	

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO		FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA		LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS	
DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD					
DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD SUELO CH					
Recipiente #	31		48		
Peso suelo húmedo + recipiente Wm+Ww	115,60		120,20		
Peso suelo seco + recipiente Ws +Ww	95,30		98,00		
Peso del recipiente Ww	25,70		25,80		
Peso de Agua Ww	20,40		22,20		
Peso muestra seca Ws	69,50		72,20		
Contenido de humedad w% = 100 Ww/Ws	29,35		30,75		
Promedio Ww%	30,1				
OBSERVACIONES:					
El contenido de humedad es 30,1% valor apropiado para una arcilla de alta plasticidad.					

-Ensayo del proctor Modificado con muestra Patrón

ESTABILIZACIÓN DEL SUELO ARCILLOSO DE ALTA PLASTICIDAD (CH).

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS			
PROYECTO:	Análisis comparativo de la resistencia al corte y la estabilización de suelos arenosos finos y arcillosos combinados con cenizas de carbón		
ENSAYADO:	Edwin Santiago Cañar Tiviano	FECHA :	31-ago-16
REVISADO:	Ing. Mg. Lorena Pérez	DESCRIPCIÓN DE LA	
UBICACIÓN:	Vía Puyo-Tena -Prov. Pastaza	MUESTRA	CH(Arcilla de alta plasticidad)
ENSAYO DE COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO			
ESPECIFICACIONES			
Número de Golpes	56	Altura de Caída	18"
Número de Capas	5	Peso del Martillo	10 lb
Energía de Compactación		Normas:	AASHTO T-180
Peso Inicial Deseado	6000		6000
			6000
			6000
			6000
1. PROCESO DE COMPACTACIÓN			
Ensayo Numero	1	2	3
Humedad inicial añadida en %	6	12	18
P. molde+Suelo húmedo (gr)	18893	19101	19303
Peso suelo húmedo Wm (gr)	3400	3608	3810
Peso unitario húmedo ym (gr/cm ³)	1,469	1,559	1,646
2. DETERMINACIÓN DE CONTENIDOS DE HUMEDAD			
Recipiente numero	16	39	21
	48	21	7
	18	1	
Peso del recipiente W _r	26,4	27,8	25,7
	25,8	25,8	24,3
	24	24	24,8
Rec+suelo húmedo W _r +W _m	110,6	111,8	110,2
	110,7	111,9	111,2
	109,6	110,5	110,5
Rec+suelo seco W _s +W _m	96,5	97,7	94,7
	95,6	92,5	92,7
	87,5	88,2	88,2
Peso sólidos W _s	70,1	69,9	69
	69,8	66,7	68,4
	63,5	63,5	63,4
Peso del agua W _w	14,1	14,1	15,5
	15,1	19,4	18,5
	22,1	22,1	22,3
Cont. Humedad w%	20,11	20,17	22,46
	21,63	29,09	27,05
	34,80	35,17	35,17
Cont. Humedad promedio u%	20,14	22,05	28,07
	28,07	34,99	34,99
Peso Volumétrico Seco γ _d (gr/cm ³)	1,223	1,277	1,277
	1,286	1,286	1,136
	1,136		
3. DETERMINACIÓN GRÁFICA DE LA DENSIDAD MÁXIMA Y HUMEDAD ÓPTIMA			
RELACIÓN CONTENIDO DE HUMEDAD VS DENSIDAD			
			
4. DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO			
La densidad máxima alcanzada según el ensayo realizado corresponde a 1,300 gr/cm³ , y considerando el gráfico su contenido de humedad óptimo es 26,20% , los valores pueden variar al momento de apreciar la gráfica, por tal motivo los valores a seleccionar se podría escoger entre un rango del 1%.			



UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECÁNICA
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS



Análisis comparativo de la resistencia al corte y la estabilización de suelos

PROYECTO: arenosos finos y arcillosos combinados con cenizas de carbón

ENSAYADO: Edwin Santiago Cañar Tiviano **FECHA:** 03/10/2016

REVISADO: Ing. Mg. Lorena Pérez **DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA:** Arcilla de alta plasticidad (CH)

UBICACIÓN: Vía Puyo-Tena -Prov. Pastaza

ENSAYO DE COMPACTACIÓN (CBR)

ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO

TIPO:	PROCTOR MODIFICADO	PESO DEL MARTILLO:	10 lb
NORMA:	AASHTO T-180	ALTURA DE CAIDA:	18"
PESO MUESTRA (gr):	6000	CONT. HUMEDAD ÓPTIMO (%):	26,20

ENSAYO DE COMPACTACION C.B.R.

MOLDE	1	2	3			
N° de Capas	5	5	5			
N° de Golpes	56	27	11			
Cond. Muestra	Antes del Remojo	Despues del Remojo	Antes del Remojo	Despues del Remojo	Antes del Remojo	Despues del Remojo
P. Hum. + Molde	19107	19194	19268	19456	18621	18926
Peso Mólde	14729	14729	15493	15493	15132	15132
P. Humado	4378	4465	3775	3962	3489	3793
Volumen Muestra	2301,50	2301,50	2292,90	2292,90	2280,33	2280,33
Densidad Humedad	1,902	1,940	1,846	1,728	1,530	1,663
Densidad Seca	1,384	1,412	1,224	1,284	1,140	1,239
Den. Seca Prom.	1,398		1,254		1,189	

CONTENIDO DE HUMEDAD

Recipiente N°	30	19	1A	18	3	2A	12	17	3A
P. Hum. + Recipiente	121,8	132,5		112,2	121,7		121,3	126,2	
P. Seco + Recipiente	97,1	104,8		91,3	98,4		98,2	101,7	
Peso Recipiente	30,9	31		30,9	30,9		30,6	30,4	
Peso Agua	24,7	27,7		20,9	23,3		23,1	24,5	
Peso de Sólidos	66,2	73,8		60,4	67,5		67,6	71,3	
Contenido Humedad %	37,31	37,53		34,60	34,52		34,17	34,36	
Con. Hum. Prom. %	37,42			34,56			34,27		



UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA



PROYECTO: Análisis comparativo de la resistencia al corte y la estabilización de suelos arenosos finos y arcillosos combinados con cenizas de carbón

ENSAYADO: Edwin Santiago Cañar

FECHA: 05/30/2016

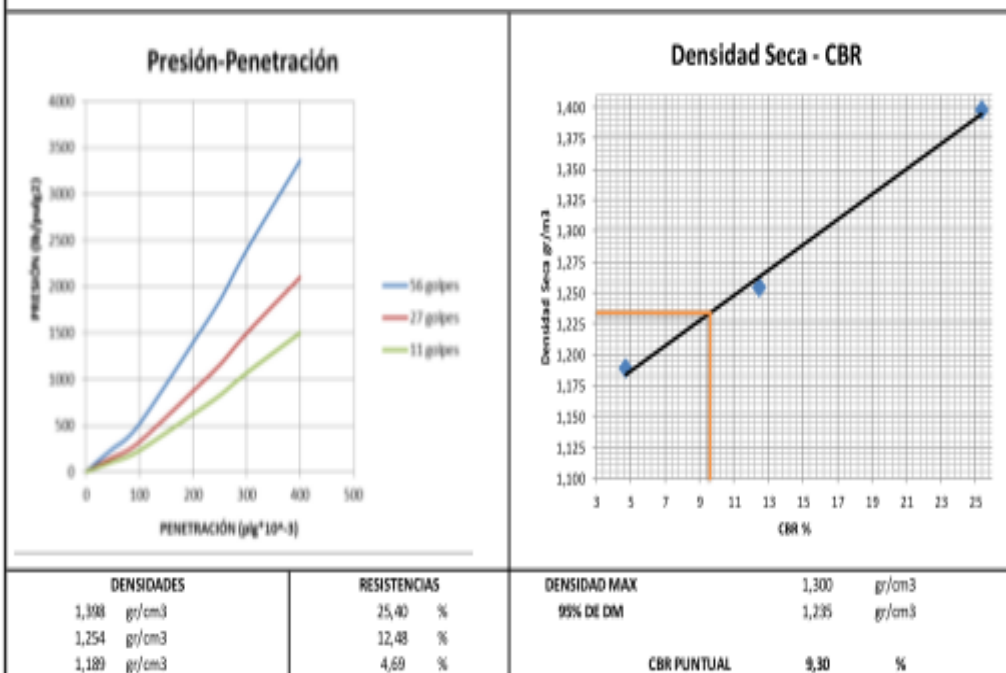
REVISADO: Ing. Mg. Lorena Pérez

ENSAYO C.B.R.

ENSAYO DE CARGA - PENETRACIÓN

Máquina de Compresión Simple (CONTROLS)						AREA DEL PISTÓN = 3 pulg ²	NORMA: ASTM D-1553	VELOCIDAD DE CARGA = 1,27 mm/min (0,05 pulg/min)											
Nota Número		1					2					3							
TIEMPO	PINET.	Q Carga			Presiones		CBR	Q Carga			Presiones		CBR	Q Carga			Presiones		CBR
		Leida	Corregida		Leida	Corregida		Leida	Corregida		Leida	Corregida		Leida	Corregida				
Min.	Seg.	mm	pulg *10 ⁻³	lb	lb/pulg ²	%	lb	lb/pulg ²	%	lb	lb/pulg ²	%	lb	lb/pulg ²	%				
		0	0	0	0,0		0	0,0		0	0,0		0	0,0					
0	30	0,64	25	351	117,1		193	64,2		58	19,5								
1	0	1,27	50	512	170,8		268	89,2		85	28,4								
1	30	1,91	75	647	215,6		329	109,8		113	37,5								
2	0	2,54	100	782	254,0	25,40	375	124,8	12,48	141	46,9	4,69							
3	0	3,81	150	961	317,1		447	149,1		227	75,8								
4	0	5,08	200	1107	369,0		493	164,2		281	90,7								
5	0	6,35	250	1248	415,9		510	170,0		297	96,8								
6	0	7,62	300	1384	454,7		537	179,1		336	111,9								
8	0	10,16	400	1593	521,1		565	188,3		386	124,7								
10	0	12,70	500	1727	575,7		601	200,4		409	134,5								
CBR Corregido						25,40		12,48		4,69									

GRÁFICOS ENSAYO C.B.R.



OBSERVACIONES: SUELO ARCILLOSO DE ALTA PLASTICIDAD

CUMPLE con las especificaciones correspondientes y es considerado como una sub-rasante regular ya que esta en el rango con un CBR de 6-10%



UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS



PROYECTO: Análisis comparativo de la resistencia al corte y la estabilización de suelos arenosos finos y arcillosos combinados con cenizas de carbón

ENSAYADO: Edwin Santiago Cañar Tiviano **FECHA :** 31-ago-16

REVISADO: Ing. Mg. Lorena Pérez **DESCRIPCIÓN DE LA**

UBICACIÓN: Vía Puyo-Tena -Prov. Pastaza **MUESTRA** CH(Arcilla de alta plasticidad)

ENSAYO DE COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO

ESPECIFICACIONES

Número de Golpes	56	Altura de Caída	18"	Peso del Molde	15064	gr
Número de Capas	5	Peso del Martillo	10 lb	Volumen del Molde	2314,81	cm ³
Energía de Compactación		Normas:	AASHTO	T-180		
Peso Inicial Deseado	6000		6000		6000	6000

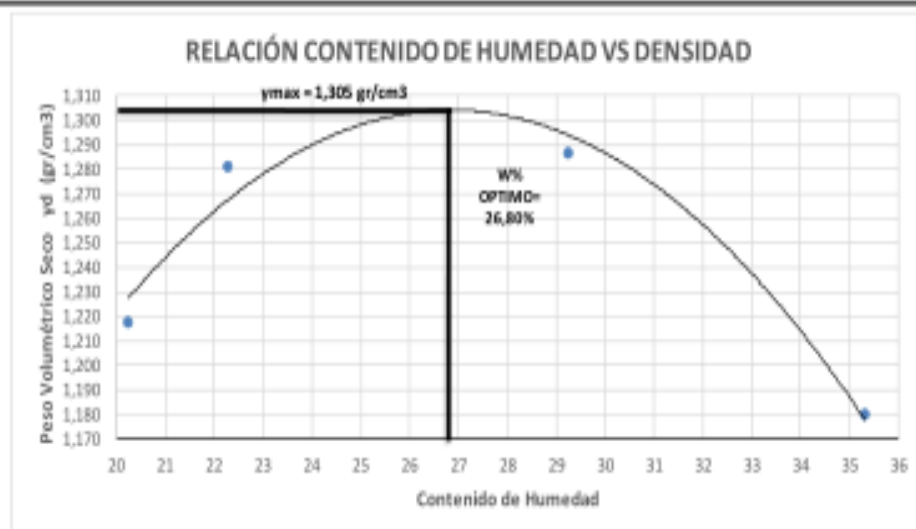
1. PROCESO DE COMPACTACIÓN

Ensayo Numero	1	2	3	4
Humedad inicial añadida en %	6	12	18	24
P. molde+Suelo húmedo (gr)	18454	18692	18915	18761
Peso suelo húmedo Wm (gr)	3390	3628	3851	3697
Peso unitario húmedo ym (gr/cm ³)	1,464	1,567	1,664	1,597

2. DETERMINACIÓN DE CONTENIDOS DE HUMEDAD

Recipiente numero	1	6	7	18	32	36	21	38
Peso del recipiente W _r	24,8	25,2	24,1	23,9	24,2	24,4	25,6	23,1
Rec+suelo húmedo W _r +W _m	104,8	106,2	108,4	106,5	113,6	110,4	120,9	119,4
Rec+suelo seco W _s + W _m	91,3	92,6	93,2	91,3	93,3	91	95,7	94,6
Peso solidos W _s	66,5	67,4	69,1	67,4	69,1	66,6	70,1	71,5
Peso del agua W _w	13,5	13,6	15,2	15,2	20,3	19,4	25,2	24,8
Cont. Humedad w%	20,30	20,18	22,00	22,55	29,38	29,13	35,95	34,69
Cont. Humedad promedio w%	20,24		22,27		29,25		35,32	
Peso Volumétrico Seco y _d (gr/cm ³)	1,218		1,282		1,287		1,180	

3. DETERMINACIÓN GRÁFICA DE LA DENSIDAD MÁXIMA Y HUMEDAD ÓPTIMA



4. DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO

La densidad máxima alcanzada según el ensayo realizado corresponde a **1,305 gr/cm³**, y considerando el gráfico su contenido de humedad óptimo es **26,80%**, los valores pueden variar al momento de apreciar la gráfica, por tal motivo los valores a seleccionar se podría escoger entre un rango del 1%.



UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECÁNICA
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS



Análisis comparativo de la resistencia al corte y la estabilización de suelos
arenosos finos y arcillosos combinados con cenizas de carbón

PROYECTO:

ENSAYADO:

Edwin Santiago Cañar Tiviano

FECHA:

04/10/2016

REVISADO:

Ing. Mg. Lorena Pérez

DESCRIPCIÓN DE

Arcilla de alta

UBICACIÓN:

Vía Puyo-Tena -Prov. Pastaza

LA MUESTRA

plasticidad (CH)

ENSAYO DE COMPACTACIÓN (CBR)

ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO

TIPO:	PROCTOR MODIFICADO	PESO DEL MARTILLO:	10 lb
NORMA:	AASHTO T-180	ALTURA DE CAIDA:	18"
PESO MUESTRA (gr):	6000	CONT. HUMEDAD ÓPTIMO (%):	26,80

ENSAYO DE COMPACTACION C.B.R.

MOLDE	1		2		3	
N° de Capas	5		5		5	
N° de Golpes	56		27		11	
Cond. Muestra	Antes del Remojo	Despues del Remojo	Antes del Remojo	Despues del Remojo	Antes del Remojo	Despues del Remojo
P. Hum. + Molde	19019	19106	19362	19548	18757	19061
Peso Molde	14731	14731	15499	15499	15185	15185
P. Humedo	4288	4375	3863	4049	3572	3876
Volumen Muestra	2301,50	2301,50	2292,90	2292,90	2280,33	2280,33
Densidad Humedad	1,863	1,901	1,685	1,766	1,566	1,700
Densidad Seca	1,376	1,404	1,252	1,312	1,167	1,266
Den. Seca Prom.	1,390		1,282		1,216	

CONTENIDO DE HUMEDAD

Recipiente N°	6	11	1A	12	17	2A	32	35	3A
P. Hum. + Recipiente	121,4	137,2		118,6	119,4		123,7	120,9	
P. Seco + Recipiente	97,7	109,1		95,7	96,8		100,2	97,8	
Peso Recipiente	30,5	30,2		30,6	30,4		31	31	
Peso Agua	23,7	28,1		22,9	22,6		23,5	23,1	
Peso de Sólidos	67,2	78,9		65,1	66,4		69,2	66,8	
Contenido Humedad %	35,27	35,61		35,18	34,04		33,96	34,58	
Con. Hum. Prom. %	35,44			34,61			34,27		



UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA



PROYECTO: Análisis comparativo de la resistencia al corte y la estabilización de suelos arenosos finos y arcillosos combinados con cenizas de carbón

ENSAYADO: Edwin Santiago Cañar

FECHA: 06/10/2016

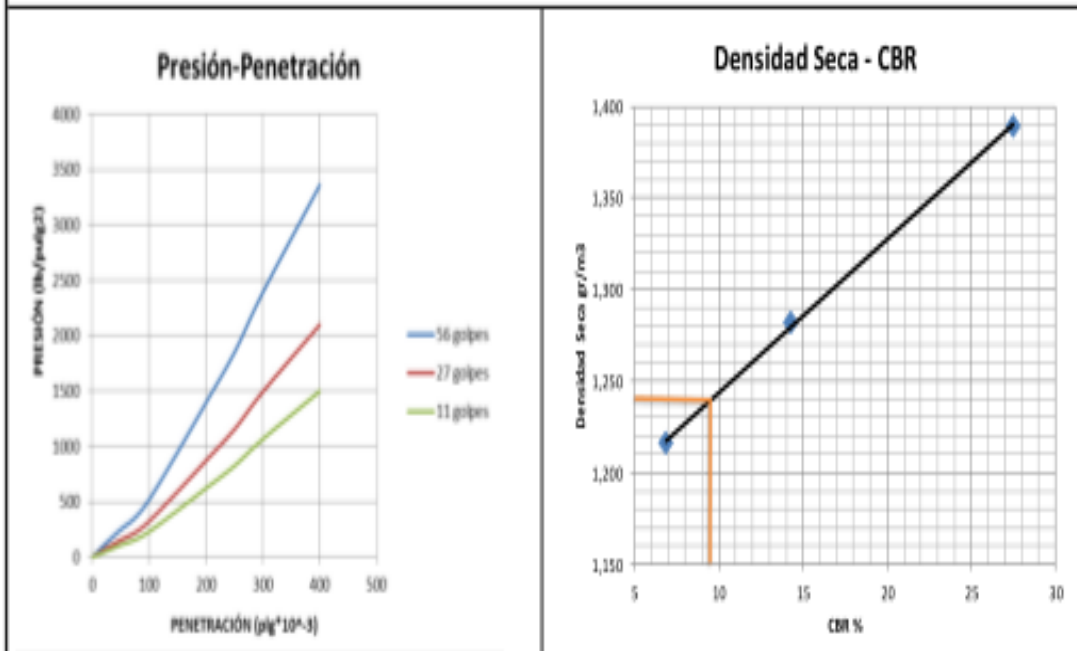
REVISADO: Ing. Mg. Lorena Pérez

ENSAYO C.B.R.

ENSAYO DE CARGA - PENETRACIÓN

Máquina de Compresión Simple (CONTROLS)					AREA DEL PISTÓN = 3 pulg ²	NORMA: ASTM D-1883	VELOCIDAD DE CARGA = 1,27 mm/min (0,05 pulg/min)									
Molde Número		1					2					3				
TIEMPO		PENET.		Q Carga	Presiones		CBR	Q Carga	Presiones		CBR	Q Carga	Presiones		CBR	
Min.	Seg.	mm	pulg *10 ⁻³		Leída	Corregida			Leída	Corregida			Leída	Corregida		
				lb	lb/pulg ²		%	lb	lb/pulg ²		%	lb	lb/pulg ²		%	
		0	0	0				0	0,00			0	0			
0	30	0,64	25	300,200	130,0000007			185,7	65,23			83,1	27,7			
1	0	1,27	60	660	183,4333333			300,7	100,23			120,4	40,13333			
1	30	1,91	75	704	233,7666667			350,9	116,97			150,9	50,3			
2	0	2,54	100	834	274,8	274,80	27,48	427,6	142,53	14,25	14,25	204,6	68,2	6,82	6,82	
3	0	3,81	150	1003	334,3333333			486,5	162,50			191,8	63,93333			
4	0	5,08	200	1225	408,6666667			552,9	170,97			234,6	78,2			
5	0	6,35	250	1392	463,9			681,3	227,10			275,6	91,2			
6	0	7,62	300	1438	479,6666667			753,4	237,80			296,8	98,6			
8	0	10,16	400	1683	560,9999999			794,6	264,87			327,7	109,2333			
10	0	12,70	500	1892	630,8			854,1	271,37			363,6	121,2			
CBR Corregido							27,48				14,25				6,82	

GRÁFICOS ENSAYO C.B.R.



DENSIDADES		RESISTENCIAS		DENSIDAD MAX	
1,390	gr/cm ³	27,48	%	1,305	gr/cm ³
1,282	gr/cm ³	14,25	%	95% DE DM	1,240 gr/cm ³
1,216	gr/cm ³	6,82	%	CBR PUNTUAL	9,50 %

OBSERVACIONES: SUELO ARCILLOSO DE ALTA PLASTICIDAD

CUMPLE con las especificaciones correspondientes y es considerado como una sub-rasante regular ya que esta en el rango con un CBR de 6-10%



UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECÁNICA
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS



Análisis comparativo de la resistencia al corte y la estabilización de suelos
arenosos finos y arcillosos combinados con cenizas de carbón

PROYECTO: arenosos finos y arcillosos combinados con cenizas de carbón
ENSAYADO: Edwin Santiago Cañar Tiviano **FECHA:** 05/10/2016
REVISADO: Ing. Mg. Lorena Pérez **DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA:** Arcilla de alta plasticidad (CH)
UBICACIÓN: Vía Puyo-Tena -Prov. Pastaza

ENSAYO DE COMPACTACIÓN (CBR)

ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO

TIPO:	PROCTOR MODIFICADO	PESO DEL MARTILLO:	10 lb
NORMA:	AASHTO T-180	ALTURA DE CAIDA:	18"
PESO MUESTRA (gr):	6000	CONT. HUMEDAD ÓPTIMO (%):	27,00

ENSAYO DE COMPACTACION C.B.R.

MOLDE	1		2		3	
N° de Capas	5		5		5	
N° de Golpes	56		27		11	
Cond. Muestra	Antes del Remojo	Despues del Remojo	Antes del Remojo	Despues del Remojo	Antes del Remojo	Despues del Remojo
P. Hum. + Molde	18878	18965	19295	19481	18810	19114
Peso Molde	14728	14728	15494	15494	15245	15245
P. Humedo	4150	4237	3801	3987	3565	3869
Volumen Muestra	2301,50	2301,50	2292,90	2292,90	2280,33	2280,33
Densidad Humedad	1,803	1,841	1,658	1,739	1,563	1,697
Densidad Seca	1,334	1,362	1,233	1,294	1,164	1,263
Den. Seca Prom.	1,348		1,264		1,214	

CONTENIDO DE HUMEDAD

Recipiente N°	3	6	1A	7	10	2A	11	12	3A
P. Hum. + Recipiente	128,4	129,1		125,4	129,7		131,8	128,7	
P. Seco + Recipiente	103,1	103,4		101,1	104,3		105,7	103,8	
Peso Recipiente	30,9	30,5		30,4	30,5		30,2	30,6	
Peso Agua	25,3	25,7		24,3	25,4		26,1	24,9	
Peso de Sólidos	72,2	72,9		70,7	73,8		75,5	73,2	
Contenido Humedad %	35,04	35,25		34,37	34,42		34,57	34,02	
Con. Hum. Prom. %	35,15			34,39			34,29		



UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS



PROYECTO: Análisis comparativo de la resistencia al corte y la estabilización de suelos arenosos finos y arcillosos combinados con cenizas de carbón

ENSAYADO: Edwin Santiago Cañar

FECHA: 07/10/2016

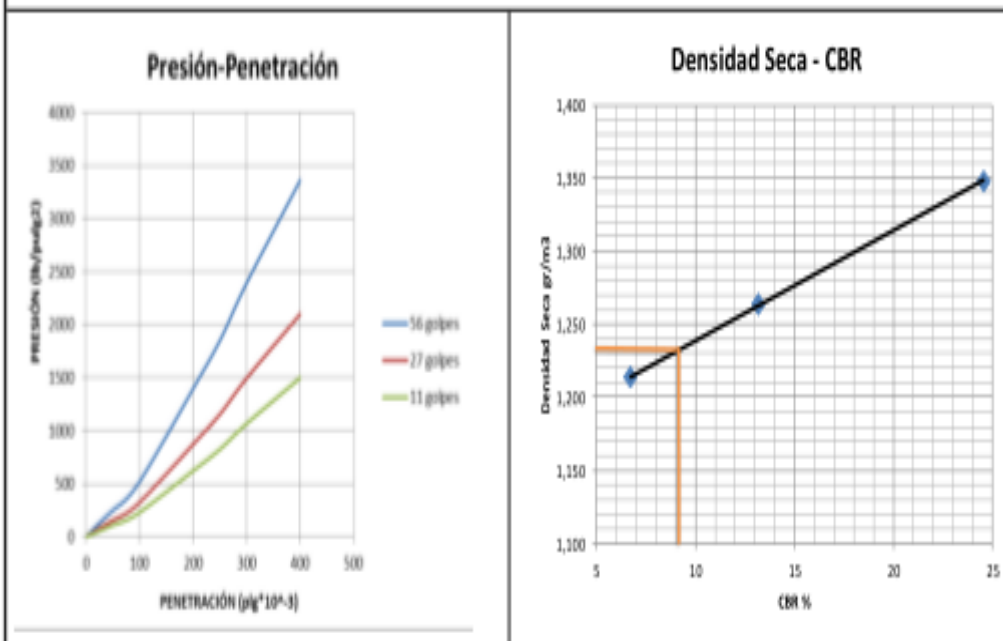
REVISADO: Ing. Mg. Lorena Pérez

ENSAYO C.B.R.

ENSAYO DE CARGA - PENETRACIÓN

Máquina de Compresión Simple (CONTROLS)						ÁREA DEL PISTÓN = 3 pulg ²	NORMA: ASTM D-1883	VELOCIDAD DE CARGA = 1,27 mm/min (0,05 pulg/min)							
Móde Número						1			2			3			
TIEMPO		PENET.		Q Carga lb	Presiones		CBR	Q Carga lb	Presiones		CBR	Q Carga lb	Presiones		CBR
Min.	Seg.	mm	pulg*10 ⁻³		Leída	Corregida			Leída	Corregida			Leída	Corregida	
					lb/pulg ²	%		lb/pulg ²	%		lb/pulg ²	%			
		0	0	0				0	0,00			0	0		
0	30	0,64	25	256,400	93,8			143,0	47,87			74,6	24,89907		
1	0	1,27	60	610	168,9			267,9	89,30			136,7	45,99907		
1	30	1,91	75	675	225,1			310,4	103,47			155,3	51,79907		
2	0	2,54	100	737	245,0333333	24,56	24,56	395,1	131,73	13,17	13,17	201,9	67,3	6,73	6,73
3	0	3,81	150	957	318,9999997			491,2	160,43			273,5	91,99907		
4	0	5,08	200	1108	369,4666667			567,3	189,13			329,4	109,8		
5	0	6,35	250	1268	422,7999997			620,8	206,93			369,1	123,03333		
6	0	7,62	300	1403	464,4			692,7	230,90			416,7	138,9		
8	0	10,16	400	1987	629,0333333			728,7	242,90			473,5	157,83333		
10	0	12,70	500	1765	588,4666667			795,5	265,17			489,2	163,06667		
CBR Corregida							24,56				13,17				6,73

GRÁFICOS ENSAYO C.B.R.



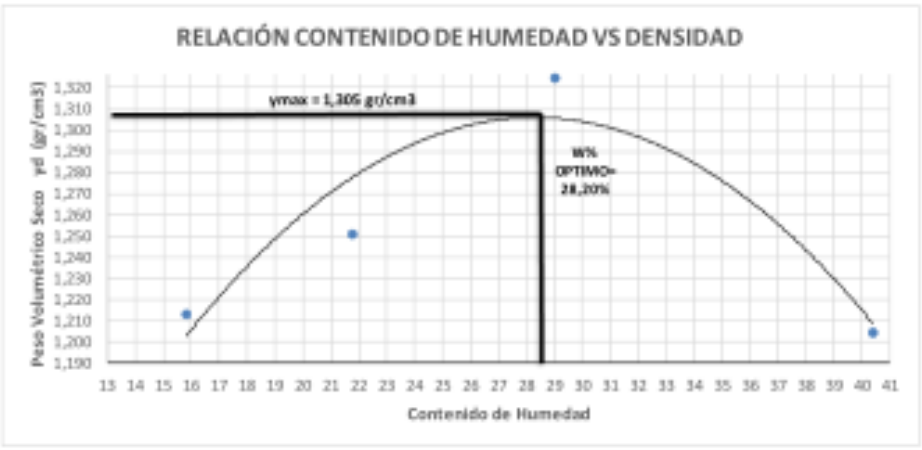


DENSIDADES		RESISTENCIAS		DENSIDAD MAX	
1,348	gr/cm ³	24,56	%	1,300	gr/cm ³
1,264	gr/cm ³	13,17	%	95% DE DM	1,235 gr/cm ³
1,214	gr/cm ³	6,73	%	CBR PUNTUAL	9,10 %

OBSERVACIONES: SUELO ARCILLOSO DE ALTA PLASTICIDAD

CUMPLE con las especificaciones correspondientes y es considerado como una sub-rasante regular ya que esta en el rango con un CBR de 6-10%

ESTABILIZACIÓN DEL SUELO ARCILLOSO DE ALTA PLASTICIDAD COMBINADO CON EL 20% DE CENIZAS DE CARBÓN.

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS							
PROYECTO:	Análisis comparativo de la resistencia al corte y la estabilización de suelos arenosos finos y arcillosos combinados con cenizas de carbón							
ENSAYADO:	Edwin Santiago Cañar Tiviano	FECHA : 01-sep-16						
REVISADO:	Ing. Mg. Lorena Pérez	DESCRIPCIÓN DE LA						
UBICACIÓN:	Vía Puyo-Tena -Prov. Pastaza	MUESTRA CH(Arcilla de alta plasticidad)						
ENSAYO DE COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO								
ESPECIFICACIONES								
Número de Golpes	56	Altura de Caída	18"	Peso del Molde	15137	gr		
Número de Capas	5	Peso del Martillo	10 lb	Volumen del Molde	2320,30	cm ³		
Energía de Compactación	Normas:		AASHTO	T-180				
Peso inicial Deseado	6000	6000	6000	6000	6000			
1. PROCESO DE COMPACTACIÓN								
Ensayo Numero	1	2	3	4				
Humedad inicial añadida en %	8	16	24	32				
P. molde+Suelo húmedo (gr)	18398	18673	19104	19062				
Peso suelo húmedo Wm (gr)	3261	3536	3967	3925				
Peso unitario húmedo ym (gr/cm ³)	1,405	1,524	1,710	1,692				
2. DETERMINACIÓN DE CONTENIDOS DE HUMEDAD								
Recipiente numero	3	12	11	10	6	7	19	70
Peso del recipiente W _r	30,9	30,6	30,2	30,5	30,5	30,4	31	31
Rec:suelo húmedo W _r +W _m	112,2	112,7	119,7	118,9	106,7	105,8	122,7	122,8
Rec:suelo seco W _s + W _m	101,1	101,5	103,8	103	89,9	88,5	96,4	96,3
Peso sólidos W _s	70,2	70,9	73,6	72,5	59,4	58,1	65,4	65,3
Peso del agua W _w	11,1	11,2	15,9	15,9	16,8	17,3	26,3	26,5
Cont. Humedad w%	15,81	15,80	21,60	21,93	28,28	29,78	40,21	40,58
Cont. Humedad promedio w%	15,80		21,77		29,03		40,40	
Peso Volumétrico Seco y _d (gr/cm ³)	1,214		1,252		1,325		1,205	
3. DETERMINACIÓN GRÁFICA DE LA DENSIDAD MÁXIMA Y HUMEDAD ÓPTIMA								
								
4. DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO								
La densidad máxima alcanzada según el ensayo realizado corresponde a 1,305 gr/cm³ , y considerando el gráfico su contenido de humedad óptimo es 28,20% , los valores pueden variar al momento de apreciar la gráfica, por tal motivo los valores a seleccionar se podría escoger entre un rango del 1%.								



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS



Análisis comparativo de la resistencia al corte y la estabilización de suelos
arenosos finos y arcillosos combinados con cenizas de carbón

PROYECTO: arenosos finos y arcillosos combinados con cenizas de carbón
ENSAYADO: Edwin Santiago Cañar Tiviano **FECHA:** 10/10/2016
REVISADO: Ing. Mg. Lorena Pérez **DESCRIPCIÓN DE** Arcilla de alta
UBICACIÓN: Vía Puyo-Tena -Prov. Pastaza **LA MUESTRA** plasticidad (CH)

ENSAYO DE COMPACTACIÓN (CBR)

ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO

TIPO:	PROCTOR MODIFICADO	PESO DEL MARTILLO:	10 lb
NORMA:	AASHTO T-180	ALTURA DE CAIDA:	18"
PESO MUESTRA (gr):	6000	CONT. HUMEDAD ÓPTIMO (%)	28,20

ENSAYO DE COMPACTACION C.B.R.

Cond. Muestra	Antes del Remojo		Despues del Remojo		Antes del Remojo		Despues del Remojo	
	1	2	3	5	6	7	8	9
MOLDE	1	2	3	5	6	7	8	9
N° de Capas	5	5	5	5	5	5	5	5
N° de Golpes	58	27	11					
P. Hum + Molde	18931	18998	18983	18519	18743	19007		
Peso Molde	14729	14729	15493	15493	15142	15142		
P. Humedo	4202	4269	3890	4026	3601	3865		
Volumen Muestra	2301,50	2301,50	2292,90	2292,90	2280,33	2280,33		
Densidad Humedad	1,826	1,855	1,697	1,756	1,579	1,695		
Densidad Seca	1,372	1,394	1,271	1,316	1,180	1,267		
Den. Seca Prom.	1,363		1,293		1,223			

CONTENIDO DE HUMEDAD

Recipiente N°	32	6A2	1A	6	35	2A	11	29	3A
P. Hum. + Recipiente	114,9	114,3		127,7	134,4		147,6	143,3	
P. Seco + Recipiente	94,1	93,6		103,4	108,4		117,9	114,9	
Peso Recipiente	31	31,3		30,5	31		30,2	30,8	
Peso Agua	20,8	20,7		24,3	26		29,7	28,4	
Peso de Sólidos	63,1	62,3		72,9	77,4		87,7	84,1	
Contenido Humedad %	32,96	33,23		33,33	33,59		33,87	33,77	
Con. Hum. Prom. %	33,09			33,46			33,82		



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
LABORATORIOS DE MECÁNICA DE SUELOS



PROYECTO: Análisis comparativo de la resistencia al corte y la estabilización de suelos arenosos finos y arcillosos combinados con cenizas de carbón

FECHA: 12/10/2016

ENSAYADO: Edwin Santiago Cañar

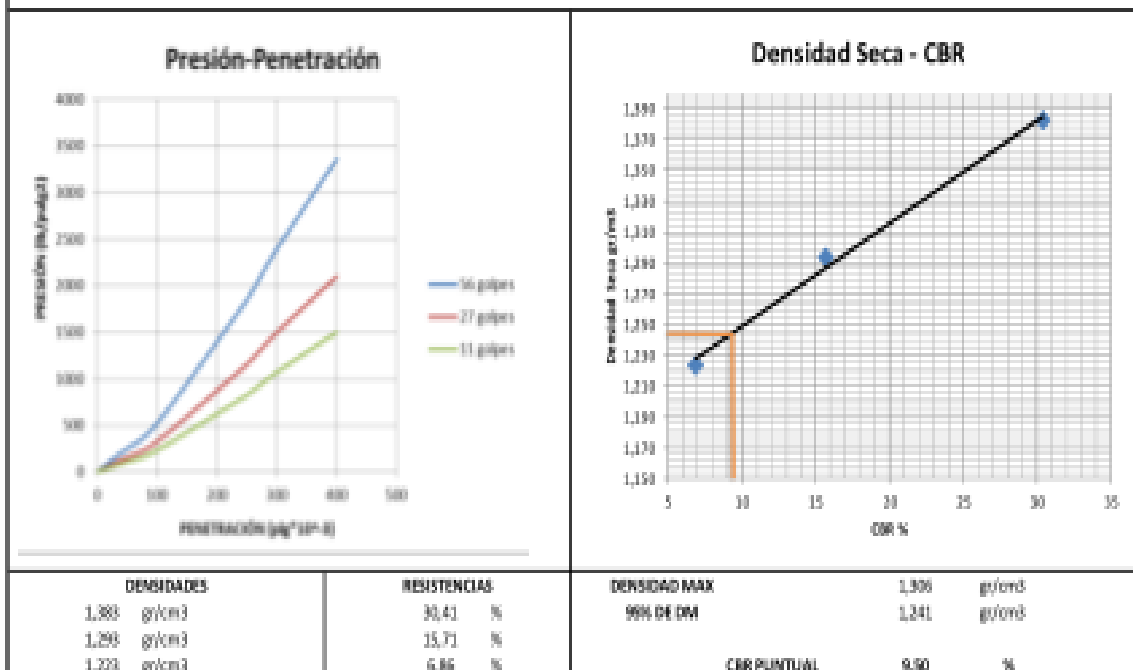
REVISADO: Ing. Mg. Lorena Pérez

ENSAYO C.B.R.

ENSAYO DE CARGA - PENETRACIÓN

Máquina de Compresión Simple (CONTROLS)						ÁREA DEL PISTÓN = 3142		NORMA = ASTM-1557		VELOCIDAD DE CARGA = 1,27 mm/min (0,05 pulg/min)					
Módulo Mónico				1			2			3					
TIEMPO		PIMET.		Q Carga lb	Presiones		CBR %	Q Carga lb	Presiones		CBR %	Q Carga lb	Presiones		CBR %
Min.	Seg.	mm	pulg 1/8-3		Leída	Corregida			Leída	Corregida			Leída	Corregida	
				lb/pulg ²				lb/pulg ²				lb/pulg ²			
0	30	0,84	28	395	131,8			192	65,8			60	18,9		
1	0	1,27	50	517	172,2			399	124,4			72	24,1		
1	30	1,81	76	771	260,8			594	190,0			108	36,2		
2	0	2,54	100	912	304,1	30,41	30,41	471	150,1	15,71	15,71	208	68,8	6,88	6,88
3	0	3,81	150	1278	426,4			704	241,2			348	109,5		
4	0	5,08	200	1455	489,4			1146	382,1			576	188,5		
5	0	6,35	250	1495	499,4			1275	424,9			1170	388,1		
6	0	7,62	300	1564	521,2			1398	465,2			1281	420,4		
8	0	10,16	400	1855	619,8			1616	535,7			1402	467,4		
10	0	12,70	500	1765	589,4			1664	545,1			1528	508,5		
CBR Corregida							30,41				15,71				6,88

GRÁFICOS ENSAYO C.B.R.



OBSERVACIONES: SUELO ARCILLOSO COMBINADO CON 20% DE CENIZA DE CARBÓN

CUMPLE con las especificaciones correspondientes y es considerada como una sub-rasante regular ya que esta en el rango con un CBR de 6-10%.



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS



PROYECTO: Análisis comparativo de la resistencia al corte y la estabilización de suelos arenosos finos y arcillosos combinados con cenizas de carbón

ENSAYADO: Edwin Santiago Cañar Tiviano **FECHA :** 05-sep-16

REVISADO: Ing. Mg. Lorena Pérez **DESCRIPCIÓN DE LA**

UBICACIÓN: Vía Puyo-Tena -Prov. Pastaza **MUESTRA** CH(Arcilla de alta plasticidad)

ENSAYO DE COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO

ESPECIFICACIONES

Número de Golpes	56	Altura de Caída	18"	Peso del Molde	15137	gr
Número de Copas	5	Peso del Martillo	10lb	Volumen del Molde	2320,31	cm ³
Energía de Compactación		Normas:	AASHTO T-180			
Peso Inicial Deseado	6000		6000		6000	6000

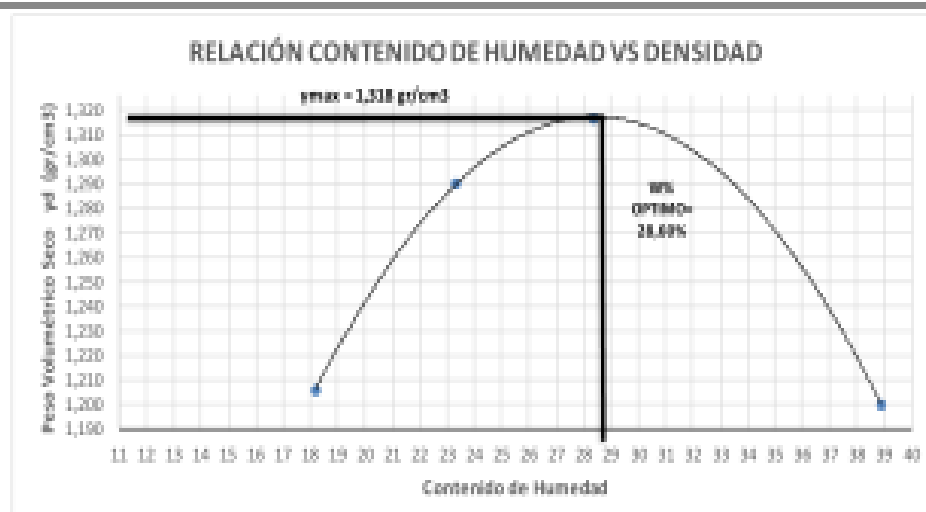
1. PROCESO DE COMPACTACIÓN

Ensayo Numero	1	2	3	4
Humedad inicial añadido en %	8	16	24	32
P. molde+Suelo húmedo (gr)	18445	18830	19059	19008
Peso suelo húmedo Wm (gr)	3308	3693	3922	3869
Peso unitario húmedo γ_m (gr/cm ³)	1,426	1,592	1,690	1,667

2. DETERMINACIÓN DE CONTENIDOS DE HUMEDAD

Recipiente numero	3	6	7	10	11	12	13	17
Peso del recipiente W _r	30,9	30,5	30,4	30,5	30,2	30,6	31,1	30,4
Rec+suelo húmedo W _r +W _m	111,6	110,8	111,8	112	112,1	112,5	112,5	111,1
Rec+suelo seco W _s +W _m	99,1	98,5	96,5	96,5	94,1	94,3	89,8	88,4
Peso sólidos W _s	68,2	68	66,1	66	63,9	63,7	58,7	58
Peso del agua W _w	12,5	12,3	15,3	15,5	18	18,2	22,7	22,7
Cont. Humedad ω %	18,33	18,09	23,15	23,48	28,17	28,57	38,67	39,14
Cont. Humedad promedio ω %		18,21	21,32		28,37		38,90	
Peso Volumétrico Seco γ_d (gr/cm ³)		1,206	1,291		1,317		1,200	

3. DETERMINACIÓN GRÁFICA DE LA DENSIDAD MÁXIMA Y HUMEDAD ÓPTIMA



4. DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO

La densidad máxima alcanzada según el ensayo realizado corresponde a $1,318 \text{ gr/cm}^3$, y considerando el gráfico su contenido de humedad óptimo es **28,60%**, los valores pueden variar al momento de apreciar la gráfica, por tal motivo los valores a seleccionar se podría escoger entre un rango del 1%.



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS



Análisis comparativo de la resistencia al corte y la estabilización de suelos arenosos finos y arcillosos combinados con cenizas de carbón

PROYECTO: arenosos finos y arcillosos combinados con cenizas de carbón
ENSAYADO: Edwin Santiago Cañar Tiviano **FECHA:** 11/10/2016
REVISADO: Ing. Mg. Lorena Pérez **DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA:** Arcilla de alta plasticidad (CH)
UBICACIÓN: Vía Puyo-Tena -Prov. Pastaza

ENSAYO DE COMPACTACIÓN (CBR)

ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO

TIPO:	PROCTOR MODIFICADO	PESO DEL MARTILLO:	10 lb
NORMA:	AA-SHTO T-180	ALtura DE CAIDA:	18"
PESO MUESTRA (gr):	6000	CONT. HUMEDAD ÓPTIMO (%):	28,60

ENSAYO DE COMPACTACION C.B.R.

MOLDE	1		2		3	
N° de Capas	5		5		5	
N° de Golpes	55		27		11	
Cond. Muestra	Antes del Remojo	Después del Remojo	Antes del Remojo	Después del Remojo	Antes del Remojo	Después del Remojo
P. Hum. + Molde	18675	18742	19308	19444	19845	19109
Peso Molde	14729	14729	15493	15493	15142	15142
P. Humedo	3946	4013	3815	3951	3703	3967
Volumen Muestra	2301,50	2301,50	2292,90	2292,90	2280,33	2290,33
Densidad Humedad	1,715	1,744	1,664	1,723	1,624	1,740
Densidad Seca	1,279	1,300	1,238	1,283	1,205	1,291
Den. Seca Prom.	1,290		1,261		1,248	

CONTENIDO DE HUMEDAD

Recipiente N°	3	6	1A	11	12	3A	17	18	3A
P. Hum. + Recipiente	120,5	121,1		122,4	121,8		125,6	124,9	
P. Seco + Recipiente	97,7	98,1		98,9	98,5		101,1	100,6	
Peso Recipiente	30,9	30,5		30,2	30,6		30,4	30,9	
Peso Agua	22,8	23		23,5	23,3		24,5	24,3	
Peso de Sólidos	66,8	67,6		68,7	67,9		70,7	69,7	
Contenido Humedad %	34,13	34,02		34,21	34,32		34,65	34,86	
Con. Hum. Prom. %	34,08			34,26			34,76		



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
LABORATORIOS DE MECÁNICA DE SUELOS



PROYECTO: Análisis comparativo de la resistencia al corte y la estabilización de suelos arcillosos finos y arcillosos combinados con cenizas de carbón

FECHA: 13/10/2016

ENSAYADO: Edwin Santiago Cañar

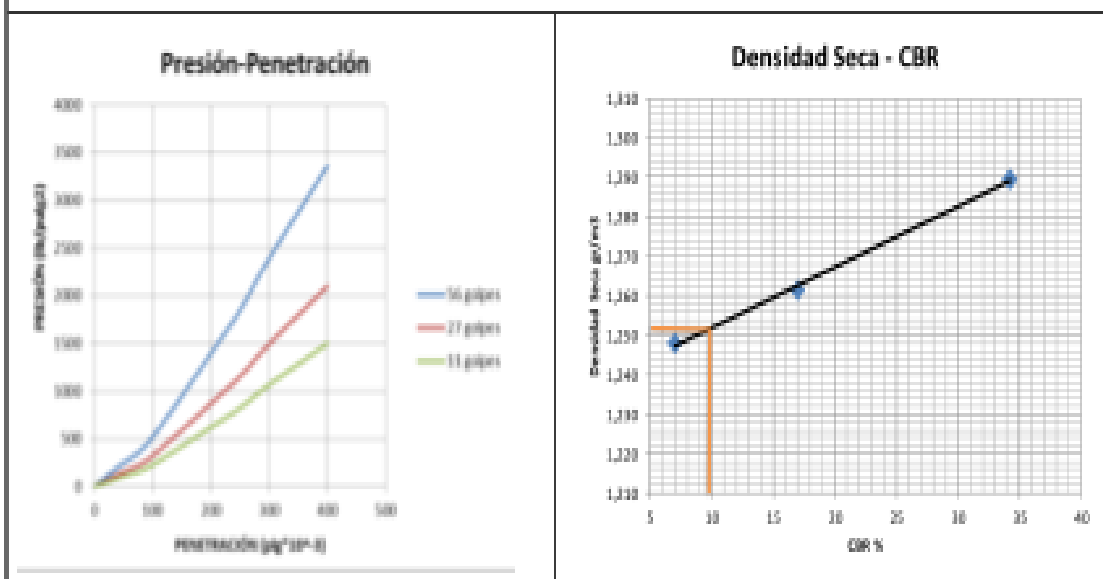
REVISADO: Ing. Mg. Larena Pérez

ENSAYO C.B.R.

ENSAYO DE CARGA - PENETRACIÓN

Máquina de Compresión Simple (CONTROLS)					ÁREA DEL PISTÓN = 30cm ²		NORMA: ASTM-D-1583		VELOCIDAD DE CARGA = 1,27 mm/min (0,05 pulg/min)							
Bóveda Máxima					1			2			3					
TIEMPO		PÍEDEL			Q Carga	Presiones		CBR	Q Carga	Presiones		CBR	Q Carga	Presiones		CBR
Min.	Seg.	mm	kg/10 ⁻²	Leída		Corregida	%			Leída	Corregida			%	Leída	
					kg/cm ²			%	kg/cm ²			%	kg/cm ²			%
0	0	0	0	0	0				0	0,0			0	0,0		
0	30	0,04	20	400	100,4				111	36,8			50	16,7		
1	0	1,27	90	624	206,1				223	74,2			90	29,7		
1	30	1,91	76	836	276,4				393	129,8			138	45,0		
2	0	2,54	100	1028	341,8	34,18			618	205,1	17,01		218	71,0	7,00	
2	0	3,81	180	1308	436,1				828	276,0			448	146,3		
4	0	5,08	200	1802	600,7				1188	396,1			688	228,0		
5	0	6,35	250	1760	587,8				1248	416,0			678	226,1		
8	0	7,62	300	1838	612,8				1402	467,3			1180	389,8		
8	0	10,16	400	1852	617,3				1608	536,1			1224	408,0		
10	0	12,70	500	2100	700,1				1790	596,7			1324	441,3		
CBR Corregida							34,18				17,01					7,00

GRÁFICOS ENSAYO C.B.R.



DENSIDADES		RESISTENCIAS		DENSIDAD MÁX		
1,290	g/cm ³	34,18	%	1,338	g/cm ³	
1,260	g/cm ³	17,01	%	1,252	g/cm ³	
1,248	g/cm ³	7,00	%			
				CBR PUNTUAL	9,90	%

OBSERVACIONES: SUBO ARCILLOSO COMBINADO CON 20% DE CENIZA DE CARBÓN

CUMPLE con las especificaciones correspondientes y es considerado como una sub-regular ya que está en el rango con un CBR de 9-10%



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS



PROYECTO: Análisis comparativo de la resistencia al corte y la estabilización de suelos arenosos finos y arcillosos combinados con cenizas de carbón

ENSAYADO: Edwin Santiago Cañar Thiviano **FECHA :** 05-sep-16

REVISADO: Ing. Mg. Lorena Pérez **DESCRIPCIÓN DE LA**

UBICACIÓN: Vía Puyo-Tena-Prov. Pastaza **MUESTRA** CH[Arcilla de alta plasticidad]

ENSAYO DE COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO

ESPECIFICACIONES

Número de Golpes	56	Altura de Caída	18"	Peso del Molde	15137	gr
Número de Capas	5	Peso del Martillo	10lb	Volumen del Molde	2320,31	cm ³
Energía de Compactación		Normas:	AASHTO	T-18D		
Peso Inicial Deseado	6000		6000		6000	

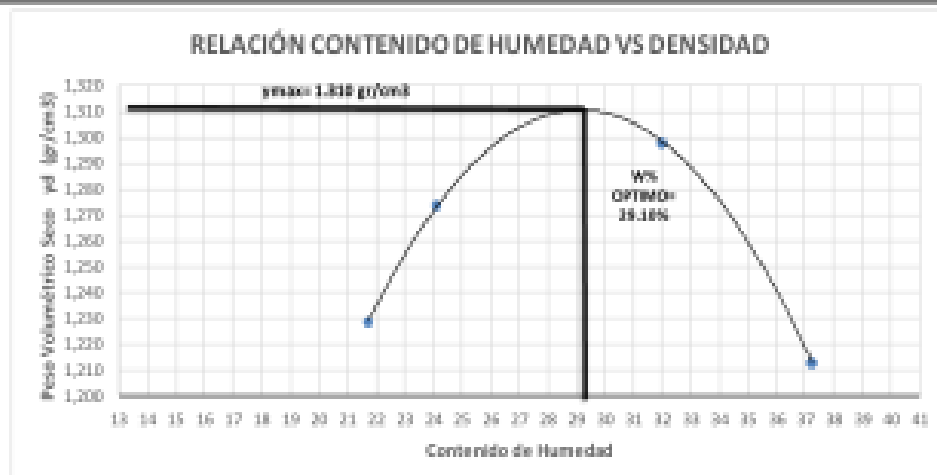
1. PROCESO DE COMPACTACIÓN

Ensayo Numero	1	2	3	4
Humedad inicial añadido en %	8	16	24	32
P. molde/Suelo húmedo (gr)	18908	18803	19112	19001
Peso suelo húmedo Wm (gr)	1471	3668	3975	3864
Peso unitario húmedo em (gr/cm ³)	1,496	1,581	1,713	1,665

2. DETERMINACIÓN DE CONTENIDOS DE HUMEDAD

Recipiente numero	3	6	7	10	11	12	13	17
Peso del recipiente W _r	30,9	30,3	30,4	30,5	30,2	30,6	31,1	30,4
Rec+suelo húmedo W _r +W _m	110,2	110,8	111,1	112,1	112,8	111,4	112,4	118,2
Rec+suelo seco W _r +W _m	96,1	96,4	95,3	96,4	91,9	92,7	90,4	94,3
Peso sólidos W _s	65,2	65,9	64,9	65,9	61,7	62,1	59,3	63,9
Peso del agua W _w	14,1	14,4	15,8	15,7	30,9	18,7	22	23,9
Cont. Humedad ω%	21,63	21,85	24,33	23,82	33,87	30,11	17,10	37,40
Cont. Humedad promedio ω%	21,74		24,08		31,99		37,25	
Peso Volumétrico Seco γ _d (gr/cm ³)	1,239		1,274		1,298		1,213	

3. DETERMINACIÓN GRÁFICA DE LA DENSIDAD MÁXIMA Y HUMEDAD ÓPTIMA



4. DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO

La densidad máxima alcanzada según el ensayo realizado corresponde a $1,310 \text{ gr/cm}^3$, y considerando el gráfico su contenido de humedad óptimo es $29,10\%$, los valores pueden variar al momento de apreciar la gráfica, por tal motivo los valores a seleccionar se podría escoger entre un rango del 1%.



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS



Análisis comparativo de la resistencia al corte y la estabilización de suelos
arenosos finos y arcillosos combinados con cenizas de carbón

PROYECTO: arenosos finos y arcillosos combinados con cenizas de carbón
ENSAYADO: Edwin Santiago Cañar Tiviano **FECHA:** 12/10/2016
REVISADO: Ing. Mg. Lorena Pérez **DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA:** Arcilla de alta plasticidad (CH)
UBICACIÓN: Vía Puyo-Tena -Prov. Pastaza

ENSAYO DE COMPACTACIÓN (CBR)

ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO

TIPO:	PROCTOR MODIFICADO	PESO DEL MARTILLO:	10 lb
NORMA:	AASHTO T-100	ALTURA DE CAIDA:	18"
PESO MUESTRA (gr):	6000	CONT. HUMEDAD ÓPTIMO (%):	28.10

ENSAYO DE COMPACTACIÓN C.B.R.

MOLDE	1		2		3	
N° de Capas	5		5		5	
N° de Golpes	25		27		11	
Cond. Muestra	Antes del Remojo	Después del Remojo	Antes del Remojo	Después del Remojo	Antes del Remojo	Después del Remojo
P. Hum. + Molde	18851	18718	18292	19428	18816	19080
Peso Molde	14731	14731	15482	15482	15138	15138
P. Humedo	3820	3887	3800	3896	3678	3942
Volumen Muestra	2301.50	2301.50	2292.90	2292.90	2280.30	2280.30
Densidad Humedad	1.700	1.732	1.687	1.717	1.613	1.729
Densidad Seca	1.269	1.291	1.232	1.276	1.187	1.283
Den. Seca Prom	1.280		1.254		1.240	

CONTENIDO DE HUMEDAD

Recipiente N°	19	29	1A	30	32	2A	35	6A2	3A
P. Hum. + Recipiente	125.6	123.4		130.5	134.1		127.6	124.2	
P. Seco + Recipiente	101.5	99.8		104.9	107.7		102.6	100.3	
Peso Recipiente	31	30.8		30.9	31		31	31.3	
Peso Agua	24.1	23.6		25.6	26.4		25	23.9	
Peso de Sólidos	70.5	69		74	76.7		71.6	69	
Contenido Humedad %	34.18	34.20		34.59	34.42		34.92	34.64	
Con. Hum. Prom. %	34.19			34.51			34.78		



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
LABORATORIOS DE MECÁNICA DE SUELOS



PROYECTO: Análisis comparativo de la resistencia al corte y la estabilización de suelos arcillosos finos y arcillosos combinados con cenizas de carbón

FECHA: 14/10/2018

ELABORADO: Edwin Santiago Cullar

REVISADO: Ing. Mg. Lorena Pérez

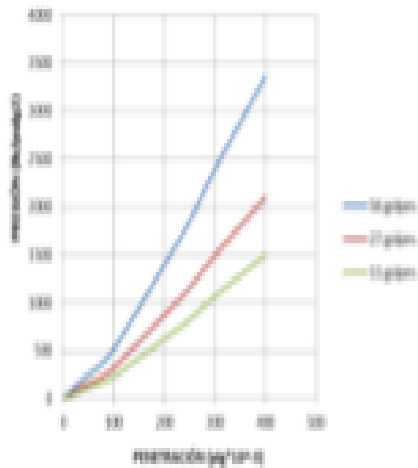
ENSAYO C.B.R.

ENSAYO DE CARGA - PENETRACIÓN

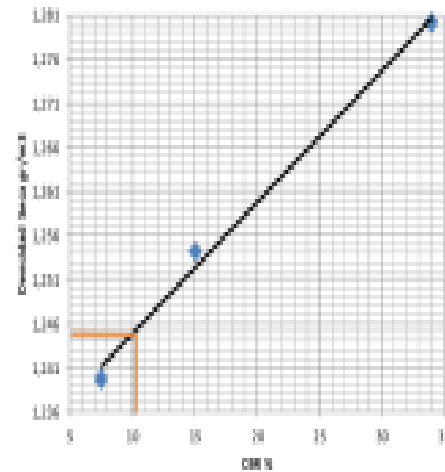
Máquina de Compresión Simple (CONTROL)						ANIL DEL PUNTO = 1 pulg		NORMA ASTM D-183		VELOCIDAD DE CARGA = 1.27 mm/min (0.05 pulg/min)					
Mostrador Número						1		2		3					
TIEMPO		PUNTO		Q Carga	Presión		CBR	Q Carga	Presión		CBR	Q Carga	Presión		CBR
Min	Seg	mm	mm TPA		Letido	Corregido			Letido	Corregido			Letido	Corregido	
Min	Seg	mm	mm TPA	lb	lb/cm ²	%	lb	lb/cm ²	%	lb	lb/cm ²	%	lb	lb/cm ²	%
0	0	0	0	0	0			0	0			0	0		
1	30	0.04	25	498.89	10.1			78	82.2			75	23.2		
1	0	1.21	50	126	24.6			264	84.8			117	40.4		
1	30	1.04	75	407	82.2			324	77.3			198	60.2		
2	0	2.04	100	1000	200.0	100.00	10.00	491	198.4	10.04	10.04	606	25.3	2.91	2.91
3	0	3.01	150	1501	332.7			764	207.2			840	168.4		
4	0	5.08	200	1500	300.1			1095	335.1			990	207.6		
5	0	6.04	250	1816	363.4			1108	326.2			960	200.1		
6	0	7.01	300	1724	374.6			1200	428.8			1074	238.8		
8	0	10.04	400	1660	330.4			1480	488.7			1132	244.6		
10	0	12.01	500	1980	396.0			1671	507.1			1328	271.8		
CBR corregido								10.00				10.04			2.91

GRÁFICOS ENSAYO C.B.R.

Presión-Penetración



Densidad Seca - CBR



DENSIDAD
 1.280 g/cm³
 1.264 g/cm³
 1.240 g/cm³



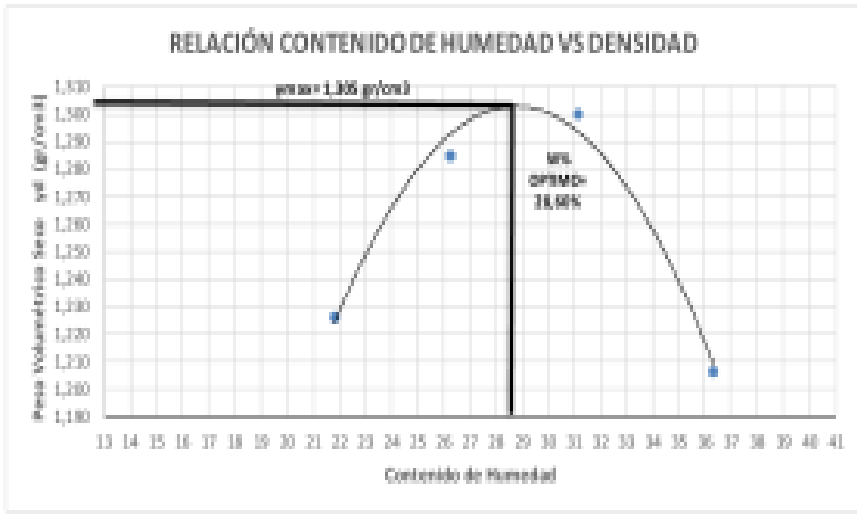
REINFORCIO
 14.00 %
 16.00 %
 7.50 %

DENSIDAD MAX 1.31 g/cm³
W% DE OM 1.245 g/cm³
CBR PUNTUAL 10.20 %

DISPOSICIONES: SUELO ARCILLOSO COMBINADO CON 30% DE CENIZA DE CARBÓN

COMPAJ: con las espesificaciones correspondientes y es considerado como una subrasante regular ya que estuvo el campo con un CBR de 6.30%

ESTABILIZACIÓN DEL SUELO ARCILLOSO DE ALTA PLASTICIDAD COMBINADO CON EL 23% DE CENIZAS DE CARBÓN.

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS			
PROYECTO:	Análisis comparativo de la resistencia al corte y la estabilización de suelos arenosos finos y arcillosos combinados con cenizas de carbón		
ENSAYADO:	Edwin Santiago Cañar Tiviano	FECHA :	06-sep-16
REVISADO:	Ing. Mg. Lonera Pérez	DESCRIPCIÓN DE LA	
UBICACIÓN:	Vía Puyo-Tena-Prov. Pastaza	MUESTRA	CH(Arcilla de alta plasticidad)
ENSAYO DE COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO			
ESPECIFICACIONES			
Número de Golpes	56	Altura de Cadida	18"
Número de Capas	5	Peso del Martillo	30 lb
Energía de Compactación		Normas	AASHTO 1:180
Peso Inicial Húmedo	6000		6000
			6000
			6000
1. PROCESO DE COMPACTACIÓN			
Ensayo Número	1	2	3
Humedad inicial añadida en %	8	16	24
P. molde Suelo húmedo (gr)	18951	19248	19440
Peso suelo húmedo Wm (gr)	1458	3795	3947
Peso unitario húmedo em (gr/cm ³)	1,404	1,823	1,708
			1,843
2. DETERMINACIÓN DE CONTENIDOS DE HUMEDAD			
Recipiente número	18	30	72
	62	29	35
	13	17	
Peso del recipiente W _r	30,9	30,9	31,2
	30,8	30,9	31
	31,1	30,4	
Receso de humedad W _r +W _m	113,9	113,9	121
	122,8	121,8	121,2
	126,7	125	
Receso de seco W _s +W _m	98,3	99,8	102,4
	103,6	100,2	99,8
	101,1	99,9	
Peso sólidos W _s	67,4	68,9	71,2
	72,8	69,3	68,8
	70	69,3	
Peso del agua W _w	15,8	14,1	18,6
	19,2	21,6	21,4
	25,8	25,1	
Cont. Humedad w%	23,15	20,46	26,12
	26,37	31,17	31,10
	36,57	36,12	
Cont. Humedad promedio w%	21,80	26,25	31,14
	36,34		
Peso Volumétrico Seco γ _d (gr/cm ³)	1,237	1,285	1,301
	1,307		
3. DETERMINACIÓN GRÁFICA DE LA DENSIDAD MÁXIMA Y HUMEDAD ÓPTIMA			
			
4. DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO			
La densidad máxima alcanzada según el ensayo realizado corresponde a 1,305 gr/cm ³ , y considerando el gráfico su contenido de humedad óptimo es 26,25%, los valores pueden variar al momento de apreciar la gráfica, por tal motivo los valores a seleccionar se podría escoger entre un rango del 1%.			



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS



Análisis comparativo de la resistencia al corte y la estabilización de suelos
arenosos finos y arcillosos combinados con cenizas de carbón

PROYECTO: arenosos finos y arcillosos combinados con cenizas de carbón
ENSAYADO: Edwin Santiago Cañar Tiviano **FECHA:** 17/10/2016
REVISADO: Ing. Mg. Lorena Pérez **DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA:** Arcilla de alta plasticidad (CH)
UBICACIÓN: Vía Puyo-Tena -Prov. Pastaza

ENSAYO DE COMPACTACIÓN (CBR)

ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO

TIPO:	PROCTOR MODIFICADO	PESO DEL MARTILLO:	10 lb
NORMA:	AASHTO T-100	ALTURA DE CAIDA:	18"
PESO MUESTRA (gr):	6000	CONT. HUMEDAD ÓPTIMO (%):	28,60

ENSAYO DE COMPACTACIÓN C.B.R.

MOLDE	1		2		3	
N° de Capas	5		5		5	
N° de Golpes	56		27		11	
Cond. Muestra	Antes del Remojo	Después del Remojo	Antes del Remojo	Después del Remojo	Antes del Remojo	Después del Remojo
P. Hum. + Molde	18682	18738	19332	19446	18767	19015
Peso Molde	14731	14731	15492	15492	15137	15137
P. Humedo	3951	4008	3840	3954	3630	3878
Volumen Muestra	2301,50	2301,50	2292,90	2292,90	2280,33	2280,33
Densidad Humedad	1,717	1,741	1,675	1,724	1,601	1,701
Densidad Seca	1,286	1,304	1,247	1,284	1,190	1,264
Dens. Seca Prom.	1,295		1,265		1,227	

CONTENIDO DE HUMEDAD

Recipiente N°	29	11	1A	19	30	2A	32	17	3A
P. Hum. + Recipiente	126,6	136		128,1	122,4		121,9	125,7	
P. Seco + Recipiente	102,7	109,3		103,2	99,1		98,7	101,1	
Peso Recipiente	30,8	30,2		31	30,9		31	30,4	
Peso Agua	23,9	26,7		24,9	23,3		23,2	24,6	
Peso de Sólidos	71,9	79,1		72,2	68,2		67,7	70,7	
Contenido Humedad %	33,24	33,75		34,49	34,16		34,27	34,79	
Con. Hum. Prom. %	33,50			34,33			34,53		



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
LABORATORIOS DE MECÁNICA DE SUELOS



PROYECTO: Análisis comparativo de la resistencia al corte y la estabilidad de suelos arcillosos
 limos y arcillosos cementados con cenizas de carbón

FECHA: 18/10/2016

ENSAYADO: Edvaldo Santiago Cañar

REVISADO: Ing. Mg. Lorena Pérez

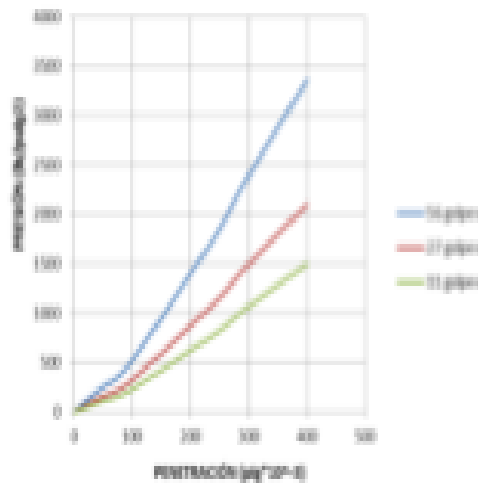
ENSAYO C.B.R.

ENSAYO DE CARGA - PENETRACIÓN

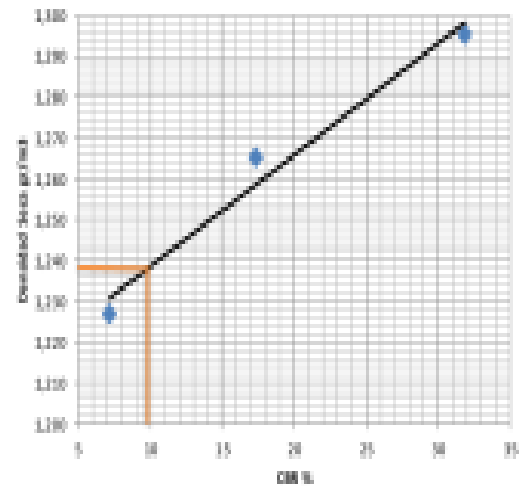
Máquina de Compresión Simple (CONTRUSS)					ÁREA DEL PISTÓN= 100cm ²		NORMA ASTM D-1585		VELOCIDAD DE CARGA = 1,27 mm/mi (0,05 pulgadas/mi)								
Módulo Número					1			2			3						
TIEMPO		PESOS		Q Carga	Presiones		CBR	Q Carga		Presiones		CBR	Q Carga		Presiones		CBR
Min	Seg	mm	kg /10.2		Leída	Corregida		Leída	Corregida	Leída	Corregida		Leída	Corregida	Leída	Corregida	
				R	Módulo1		%	R	Módulo2		%	R	Módulo3		%		
0	0	0	0	0	0			0	0			0	0				
1	0	0,04	0	40	100,0			100	0,00			100	0,0				
1	0	1,27	50	554	217,9			200,0	0,00			100,4	50,0000				
1	30	1,81	70	600	286,1			300,0	0,00			100,3	60,0				
2	0	2,54	100	650	319,0	210,00	21,00	350,0	15,00	153,07	17,36	270,1	11,0	21,70	7,07		
3	0	3,30	130	705	349,5			400,0	0,00			300,4	140,0000				
4	0	5,08	200	750	360,2			500,0	0,00			400,8	200,0				
5	0	6,35	250	800	320,7			600,0	0,00			500,8	250,0000				
6	0	7,62	300	850	320,4			700,0	0,00			600,3	300,0000				
8	0	10,16	400	900	330,9			800,0	0,00			700,3	400,0000				
10	0	12,70	500	950	360,0			900,0	0,00			800,3	500,0				
CBR Corregido							21,00			17,36						7,07	

GRÁFICOS ENSAYO C.B.R.

Presión-Penetración



Densidad Seca - CBR



DENSIDADES

1,29%	g/cm ³
1,26%	g/cm ³
1,27%	g/cm ³

RESISTENCIAS

31,85	%
17,36	%
7,07	%

DENSIDAD MAX

1,304 g/cm³

MIN DE EM

1,279 g/cm³

CBR PUNTALE

9,00 %

OBSERVACIONES: SUELO ARCILLOSO CEMENTADO CON 10% DE CENIZA DE CARBÓN

CUMPLE con las especificaciones correspondientes y es considerado como una sub-base regular ya que está en el rango con un CBR de 8-30%



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
LABORATORIOS DE MECÁNICA DE SUELOS



PROYECTO: Análisis comparativo de la resistencia al corte y la estabilidad de suelos arcillosos finos y arcillosos combinados con cenizas de carbón

FECHA: 15/07/2016

ENSAYADO: Edwin Santiago Cullar

REVISADO: Ing. Mg. Lorena Pérez

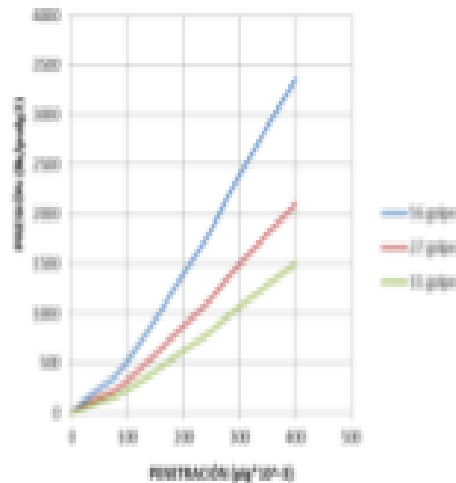
ENSAYO C.B.R.

DESCRIPCIÓN (MUESTRA - PENETRACIÓN)

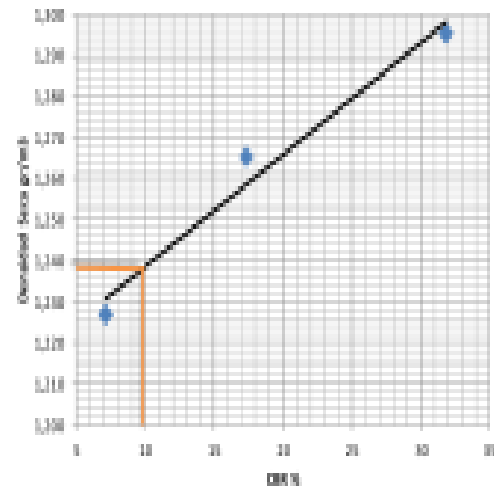
Máquina de Compresión Simple (CONTROLS)					ÁREA DEL PISTÓN = 1 cm ²		NORMA: a) S163-100		VELOCIDAD DE CARGA = 1,27 mm/min. (0,05 pulgadas)						
Muestra Número:					1		2		3						
TIEMPO		PESO		Q Carga	Presiones		CBR	Q Carga	Presiones		CBR	Q Carga	Presiones		CBR
Min.	Seg.	mm	kg/100-g		Lenta	Corregida			%	Lenta			Corregida	%	
0	0	0	0	0	0			0	0,00			0	0		
0	00	0,04	25	405	105,1			105	95,00			42,9	21,6		
1	0	1,27	50	454	217,0			263,8	97,97			102,4	24,1333		
1	20	1,91	75	504	290,1			370,8	123,80			180,3	41,1		
2	0	1,24	100	555	335,0	10,45	35,45	520,7	173,97	179,97	17,36	255,1	31,7	20,70	3,17
3	0	1,04	150	615	451,0			601,6	207,20			420,4	34,1333		
4	0	0,04	200	704	561,0			662,7	204,23			427,9	30,0		
5	0	0,10	250	800	631,0			773,0	404,20			550,4	204,0000		
6	0	1,02	300	920	694,0			884,1	441,43			660,5	300,0000		
8	0	0,10	400	1040	781,0			993,9	504,27			880,7	330,0000		
10	0	1,10	500	1160	861,0			1103,0	564,03			1077,0	330,1		
CBR Corrección							21,00				17,00				3,17

GRÁFICOS ENSAYO C.B.R.

Presión-Penetración



Densidad Seca - CBR



DENSIDADES

1,186	g/cm ³
1,205	g/cm ³
1,227	g/cm ³

RESISTENCIAS

10,45	%
17,36	%
7,17	%

DENSIDAD MÁX

1,304 g/cm³

W% DE EM

1,240 g/cm³

CBR PUNTUAL

9,00 %

OBSERVACIONES: SUELO ARCILLOSO COMBINADO CON 2% DE CENIZA DE CARBÓN

CUMPLE con las especificaciones correspondientes y es válido solo como una submuestra representativa que está en el rango con un CBR de 0-10%



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS



PROYECTO: Análisis comparativo de la resistencia al corte y la estabilización de suelos arenosos finos y arcillosos combinados con cenizas de carbón

ENSAYADO: Edwin Santiago Cañar Tiviano **FECHA :** 06-sep-16
REVISADO: Ing. Mg. Lorena Pérez **DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA:** CH (Arcilla de alta plasticidad)
UBICACIÓN: Vía Puyo-Tena-Prov. Pastaza

ENSAYO DE COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO

ESPECIFICACIONES

Número de Golpes	56	Altura de Caída	18"	Peso del Molde	15493	gr
Número de Capas	5	Peso del Martillo	10lb	Volumen del Molde	2314,23	cm ³
Energía de Compactación		Normas:	AASHTO T-180			
Peso Inicial Deseado	6000		6000		6000	

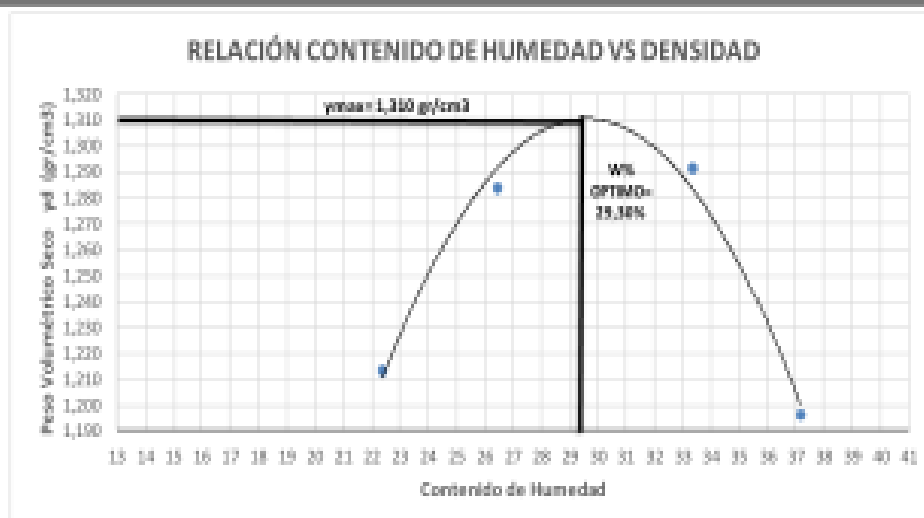
1. PROCESO DE COMPACTACIÓN

Ensayo Numero	1	2	3	4
Humedad inicial añadida en %	8	16	24	32
P. molde+Suelo húmedo (gr)	18930	18251	19479	19291
Peso suelo húmedo Wm (gr)	3437	3758	3986	3798
Peso unitario húmedo em (gr/cm ³)	1,485	1,624	1,722	1,641

2. DETERMINACIÓN DE CONTENIDOS DE HUMEDAD

Recipiente numero	18	19	29	30	35	62	70	72
Peso del recipiente W _r	30,9	31	30,9	30,9	31	30,8	31	31,2
Rec+suelo húmedo W _r +W _m	112,5	111,9	113,5	114,1	115,2	114,5	113,6	113,9
Rec+suelo seco W _r +W _m	97,6	97,1	96,3	96,6	94,2	93,5	91,1	91,6
Peso sólidos W _s	66,7	66,1	65,4	65,7	63,2	62,7	60,1	60,4
Peso del agua W _w	14,9	14,8	17,2	17,5	21	21	22,5	22,3
Cont. Humedad ω%	22,34	22,39	26,30	26,44	33,23	33,49	37,44	36,92
Cont. Humedad promedio ω%	22,36		26,47		33,36		37,18	
Peso Volumétrico Seco γ _d (gr/cm ³)	1,214		1,284		1,292		1,196	

3. DETERMINACIÓN GRÁFICA DE LA DENSIDAD MÁXIMA Y HUMEDAD ÓPTIMA



4. DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO

La densidad máxima alcanzada según el ensayo realizado corresponde a **1,310 gr/cm³**, y considerando el gráfico su contenido de humedad óptimo es **23,30%**, los valores pueden variar al momento de apreciar la gráfica, por tal motivo los valores a seleccionar se podría escoger entre un rango del 3%.



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECÁNICA
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS



Análisis comparativo de la resistencia al corte y la estabilización de suelos

PROYECTO: arenosos finos y arcillosos combinados con cenizas de carbón
ENSAYADO: Edwin Santiago Cañar Tiviano **FECHA:** 18/10/2016
REVISADO: Ing. Mg. Lorena Pérez **DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA:** Arcilla de alta plasticidad (CH)
UBICACIÓN: Vía Puyo-Tena -Prov. Pastaza

ENSAYO DE COMPACTACIÓN (CBR)

ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO

TIPO:	PROCTOR MODIFICADO	PESO DEL MARTILLO:	10 lb
NORMA:	AASHTO T-180	ALTURA DE CAIDA:	18"
PESO MUESTRA (gr):	6000	CONT. HUMEDAD ÓPTIMO (%):	28.30

ENSAYO DE COMPACTACIÓN C.B.R.

MOLDE	1		2		3	
N° de Capas	5		5		5	
N° de Golpes	56		27		11	
Cond. Muestra	Antes del Remojo	Después del Remojo	Antes del Remojo	Después del Remojo	Antes del Remojo	Después del Remojo
P. Hum. + Molde	18983	18750	19310	19424	18805	19063
Peso Molde	14730	14730	15491	15491	15136	15136
P. Humedo	3663	4020	3819	3833	3699	3927
Volumen Muestra	2301.50	2301.50	2282.90	2282.90	2280.33	2280.33
Densidad Humedad	1.722	1.747	1.666	1.715	1.622	1.722
Densidad Seca	1.281	1.299	1.238	1.275	1.203	1.277
Den. Seca Prom.	1.290		1.257		1.240	

CONTENIDO DE HUMEDAD

Recipiente N°	19	29	1A	30	32	2A	35	6A2	3A
P. Hum. + Recipiente	130.3	133.4		125.6	127.1		128.7	129.1	
P. Seco + Recipiente	104.8	107.2		101.3	102.5		103.6	103.7	
Peso Recipiente	31	30.8		30.9	31		31	31.3	
Peso Agua	25.5	26.2		24.3	24.6		25.1	25.4	
Peso de Sólidos	73.8	76.4		70.4	71.5		72.6	72.4	
Contenido Humedad %	34.55	34.29		34.62	34.41		34.57	35.08	
Con. Hum. Prom. %	34.42			34.46			34.83		



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
LABORATORIOS DE MECÁNICA DE SUELOS



PROYECTO: Análisis comparativo de la resistencia al corte y la estabilización de suelos arcillosos
 limo y arcillosos con cenizas de carbón

FECHA: 20/10/2016

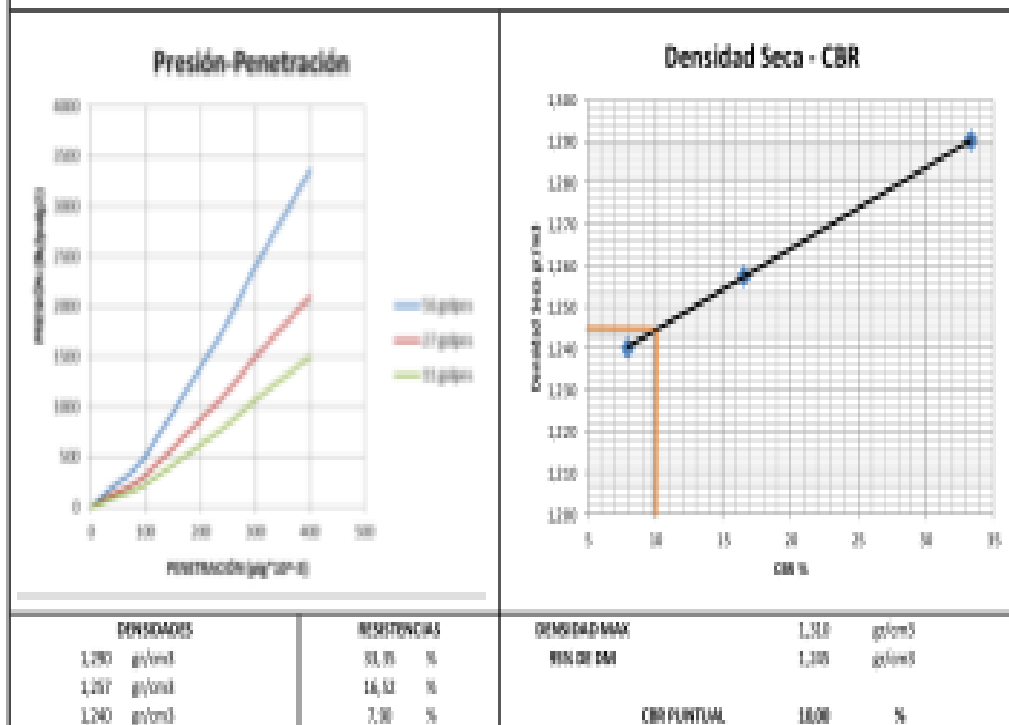
ENSAYADO: Esteban Santiago Cañar
REVISADO: Ing. Mg. Lorena Pérez

ENSAYO C.B.R.

ENSAYO DE CARGA – PENETRACIÓN

Máquina de Compresión Simple (CONTRÓL)					ÁREA DEL PISTÓN= 1 cm ²		NORMA ASTM D-1585		VELOCIDAD DE CARGA = 1,27 mm/min (0,05 pulgadas/min)							
Módulo Número					1			2			3					
TIEMPO		PENET.			Q Carga	Presiones		CBR	Q Carga	Presiones		CBR	Q Carga	Presiones		CBR
Min	Seg	mm	plg 1/64	kg		Leída	Corregida			Leída	Corregida			Leída	Corregida	
					Mpsig		%		Mpsig		%		Mpsig		%	
0	0	0	0	0	0,0				0	0,0			0	0		
1	30	0,04	1,5	385	175,5				100	45,1			50	22,2		
1	0	1,27	50	757	345,6				200	88,6			100	44,5		
1	30	1,81	71	800	360,6				300	132,6			150	66,1		
1	0	2,54	100	1001	450,5	100,00	33,33		400	181,2	181,21	18,02	200	90,0	7,00	
1	0	3,81	150	1089	490,1				500	221,2			400	180,0		
1	0	5,08	200	1185	534,9				600	261,2			500	225,0		
1	0	6,35	250	1288	580,4				700	311,0			600	270,0		
1	0	7,62	300	1395	627,0				800	360,8			700	315,0		
1	0	10,16	400	1501	673,1				900	410,6			800	360,0		
10	0	12,70	500	1608	720,0				1000	460,4			900	410,0		
CBR Corregida								33,33				18,02			7,00	

GRÁFICOS ENSAYO C.B.R.



CONSIDERACIONES: SUELO ARCILLOSO COMBINADO CON 10% DE CENIZA DE CARBÓN

CUMPLE con las especificaciones correspondientes y es considerado como una sub-base regular ya que está en el rango con un CBR de 8-30%



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS



PROYECTO: Análisis comparativo de la resistencia al corte y la estabilización de suelos arenosos finos y arcillosos combinados con cenizas de carbón

ENSAYADO: Edwin Santiago Cañar Tiviano

FECHA : 06-sep-16

REVISADO: Ing. Mg. Lorena Pérez

DESCRIPCIÓN DE LA CH (Arcilla de alta

UBICACIÓN: Vía Puyo-Tena -Prov. Pastaza

MUESTRA plasticidad)

ENSAYO DE COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO

ESPECIFICACIONES

Número de Golpes	56	Altura de Caída	18"	Peso del Molde	15493	gr
Número de Capas	5	Peso del Martillo	101b	Volumen del Molde	2014,23	cm ³
Energía de Compactación		Normas:	AASHTO T-180			
Peso Inicial Deseado	6000	6000	6000	6000	6000	

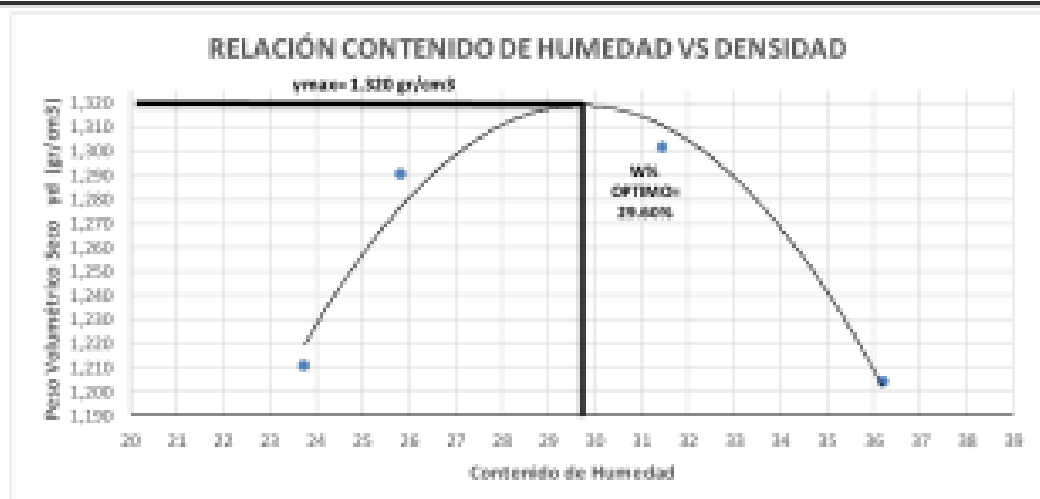
1. PROCESO DE COMPACTACIÓN

Ensayo Numero	1	2	3	4
Humedad inicial a Radita en %	8	16	24	33
P. molde+suelo húmedo (gr)	18961	19253	19455	19291
Peso suelo húmedo Wm (gr)	1468	1760	3962	3768
Peso unitario húmedo em (gr/cm ³)	1,499	1,625	1,711	1,641

2. DETERMINACIÓN DE CONTENIDOS DE HUMEDAD

Recipiente numero	1	6	7	10	11	12	13	17
Peso del recipiente Wp	30,9	30,5	30,4	30,5	30,2	30,6	31,1	30,4
Rec+suelo húmedo Wp+Wm	112,5	113,1	114,3	114,7	115,2	114,8	114,6	113,9
Rec+suelo seco Wp+Wm	96,7	97,4	97,3	97,2	94,8	94,7	92,4	91,7
Peso sólidos Ws	65,8	66,9	66,9	66,7	64,6	64,1	61,3	61,3
Peso del agua Ww	15,8	15,7	17	17,5	20,4	20,1	23,2	22,2
Cont. Humedad w%	24,01	23,47	25,41	26,24	31,56	31,36	36,22	36,22
Cont. Humedad promedio ω%	23,74		25,82		31,47		36,22	
Peso Volumétrico Seco γd (gr/cm ³)	1,211		1,291		1,302		1,205	

3. DETERMINACIÓN GRÁFICA DE LA DENSIDAD MÁXIMA Y HUMEDAD ÓPTIMA



4. DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO

La densidad máxima alcanzada según el ensayo realizado corresponde a **1,320 gr/cm³**, y considerando el gráfico su contenido de humedad óptimo es **23,60%**, los valores pueden variar al momento de apreciar la gráfica, por tal motivo los valores a seleccionar se podría escoger entre un rango del 1%.



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECÁNICA
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS



Análisis comparativo de la resistencia al corte y la estabilización de suelos
arenosos finos y arcillosos combinados con cenizas de carbón

PROYECTO: arenosos finos y arcillosos combinados con cenizas de carbón
ENSAYADO: Edwin Santiago Cañar Tiviano **FECHA:** 19/10/2016
REVISADO: Ing. Mg. Lorena Pérez **DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA:** Arcilla de alta plasticidad (CH)
UBICACIÓN: Vía Puyo-Tena -Prov. Pastaza

ENSAYO DE COMPACTACIÓN (CBR)

ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO

TIPO:	PROCTOR MODIFICADO	PESO DEL MARTILLO:	10 lb
NORMA:	AASHTO T-180	ALTURA DE CAIDA:	18"
PESO MUESTRA (gr):	6000	CONT. HUMEDAD ÓPTIMO (%):	29.60

ENSAYO DE COMPACTACION C.B.R.

MOLDE	1		2		3	
Nº de Capas	5		5		5	
Nº de Golpes	55		27		11	
Cond. Muestra	Antes del Remojo	Despues del Remojo	Antes del Remojo	Despues del Remojo	Antes del Remojo	Despues del Remojo
P. Hum. + Molde	18559	18716	19335	19449	18863	19091
Peso Molde	14731	14731	15482	15482	15137	15137
P. Humedo	3828	3985	3843	3967	3726	3954
Volumen Muestra	2301.50	2301.50	2292.90	2292.90	2280.33	2280.33
Densidad Humedad	1.707	1.731	1.676	1.726	1.634	1.734
Densidad Seca	1.274	1.293	1.250	1.287	1.213	1.287
Den. Seca Prom.	1.284		1.268		1.259	

CONTENIDO DE HUMEDAD

Recipiente Nº	3	6	1A	11	12	1	17	18	3A
P. Hum. + Recipiente	130.3	131.2		128.9	127.6		134.1	133.9	
P. Seco + Recipiente	105.1	105.7		103.8	102.9		107.4	107.3	
Peso Recipiente	30.9	30.5		30.2	30.6		30.4	30.9	
Peso Agua	25.2	25.5		25.1	24.7		26.7	26.6	
Peso de Sólidos	74.2	75.2		73.6	72.3		77	76.4	
Contenido Humedad %	33.96	33.91		34.10	34.16		34.68	34.82	
Con. Hum. Prom. %	33.94			34.13			34.75		



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
LABORATORIOS DE MECÁNICA DE SUELOS



PROYECTO: Análisis comparativo de la resistencia al corte y la estabilidad de suelos arenosos
 limo y arcillosos combinados con cenizas de carbón

FECHA: 25/10/2016

ENSAYADO: Daniel Santiago Cañar

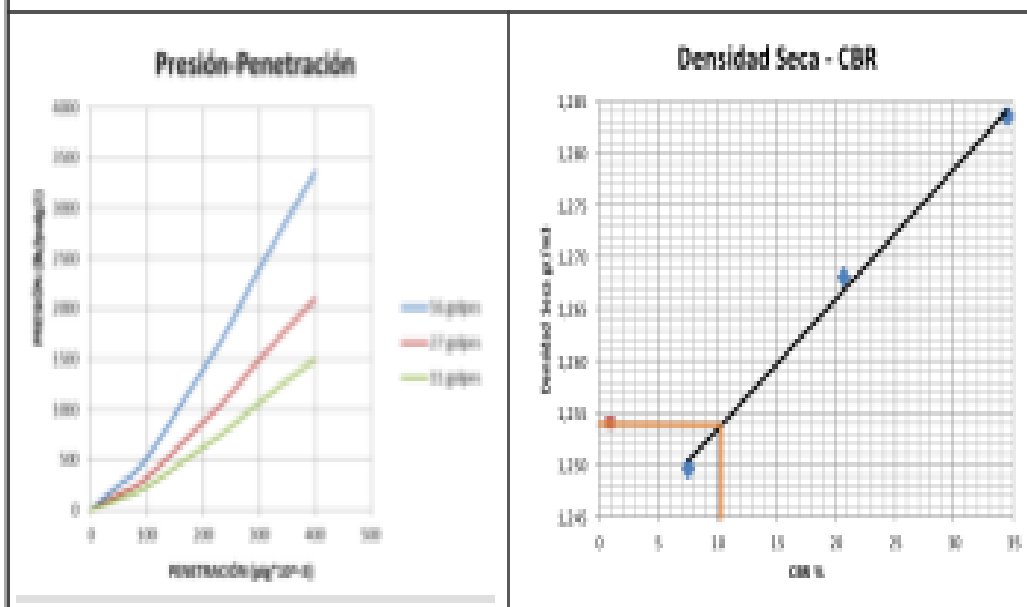
REVISADO: Ing. Mg. Lorena Pérez

ENSAYO C.B.R.

ENSAYO DE CARA - PENETRACIÓN

Máquina de Compresión Simple (CONTROLS)										ÁREA DEL PISTÓN= 1 cm ²		NORMA ASTM D-1586		VELOCIDAD DE CARGA = 1.27 mm/mn = 0.05 pulg/mn			
Módulo Número					1			1			3						
TIEMPO		PUNT.			Q Carga	Presiones		CBR	Q Carga	Presiones		CBR	Q Carga	Presiones		CBR	
Min.	Seg.	mm	kg /10.2	%		Leída	Corregida			Leída	Corregida			%	Leída		Corregida
0	0	0	0	0	0			0	0.00			0	0				
0	00	0.04	00	000	1.0			100	0.04			01.0	00.000				
1	0	1.27	00	000	24.0000			240.0	00.00			000.0	02.1000				
1	30	1.01	70	000	260.0000			000.0	00.27			000.0	00.1				
2	0	2.04	00	000	340.0	340.00	34.00	000.7	000.00	000.00	00.00	000.7	00.0000	00.00	0.00		
3	0	3.01	00	000	450.0000			000.0	00.01			000.4	00.0000				
4	0	4.00	00	000	500.0000			000.7	00.01			000.0	00.0000				
5	0	4.50	00	000	070.0			000.0	02.00			001.0	00.0000				
6	0	7.00	00	000	070.0			000.0	00.00			000.0	00.0000				
8	0	10.00	00	000	000.0000			000.0	00.01			000.0	00.0000				
10	0	12.70	00	000	000.0			000.0	00.00			000.0	00.0000				
CBR Corregida							34.00					00.00			0.00		



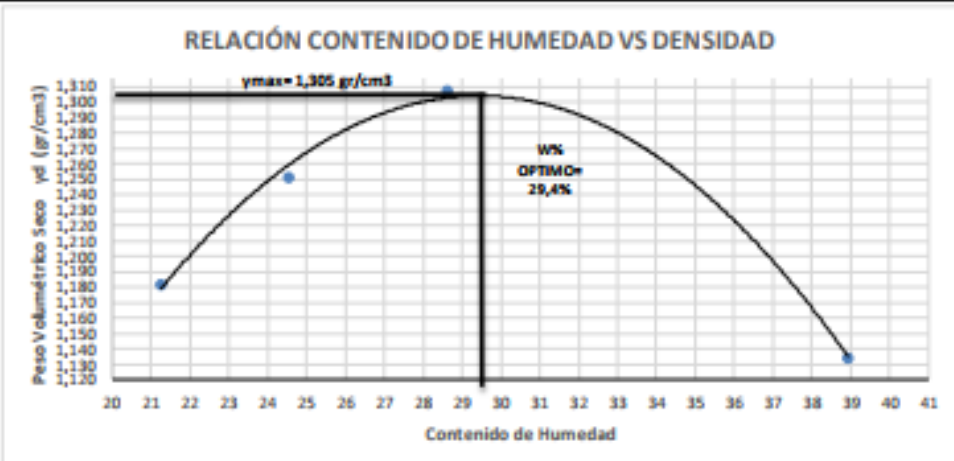
GRÁFICOS ENSAYO C.B.R.



DENSIDADES	RESISTENCIAS	DENSIDAD MAX	1.20	g/cm ³
1.04 g/cm ³	0.02 %	MIN DE DM	1.04	g/cm ³
1.00 g/cm ³	0.00 %	CBR PUNTUAL	00.00	%
1.20 g/cm ³	0.00 %			

OBSERVACIONES: SUELO ARCILLOSO COMBINADO CON 20% DE CENIZA DE CARBÓN
CUMPLE con las especificaciones correspondientes a los controlados como una sub-base regular ya que está en el rango con un CBR de 0-20%

ESTABILIZACIÓN DEL SUELO ARCILLOSO DE ALTA PLASTICIDAD COMBINADO CON EL 25% DE CENIZAS DE CARBÓN.

UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO		FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA		LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS				
								
PROYECTO:	Análisis comparativo de la resistencia al corte y la estabilización de suelos arenosos finos y arcillosos combinados con cenizas de carbón							
ENSAYADO:	Edwin Santiago Cañar Tiviano	FECHA :	07-sep-16					
REVISADO:	Ing. Mg. Lorena Pérez	DESCRIPCIÓN DE LA	CH (Arcilla de alta plasticidad)					
UBICACIÓN:	Vía Puyo-Tena -Prov. Pastaza	MUESTRA						
ENSAYO DE COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO								
ESPECIFICACIONES								
Número de Golpes	56	Altura de Caída	18"	Peso del Molde	15493 gr			
Número de Capas	5	Peso del Martillo	10 lb	Volumen del Molde	2314,22 cm ³			
Energía de Compactación	Normas: AASHTO		T-180					
Peso Inicial Deseado	6000		6000		6000			
1. PROCESO DE COMPACTACIÓN								
Ensayo Numero	1	2	3	4				
Humedad inicial añadida en %	8	16	24	32				
P. molde/Suelo húmedo (gr)	18811	19101	19385	19141				
Peso suelo húmedo Wm (gr)	3318	3608	3892	3648				
Peso unitario húmedo γ_m (gr/cm ³)	1,434	1,559	1,682	1,576				
2. DETERMINACIÓN DE CONTENIDOS DE HUMEDAD								
Recipiente numero	18	30	72	62	29	35	13	17
Peso del recipiente W _r	30,9	30,9	31,2	30,8	30,9	31	31,1	30,4
Rec+suelo húmedo W _r +W _m	113,9	113,9	121	122,8	121,8	121,2	126,7	125
Rec+suelo seco W _s + W _m	99,3	99,4	102,9	105,1	101,9	100,8	100	98,4
Peso solidos W _s	68,4	68,5	71,7	74,3	71	69,8	68,9	68
Peso del agua W _w	14,6	14,5	18,1	17,7	19,9	20,4	26,7	26,6
Cont. Humedad w%	21,35	21,17	25,24	23,82	28,03	29,23	38,75	39,12
Cont. Humedad promedio w%	21,26		24,53		28,63		38,93	
Peso Volumétrico Seco γ_d (gr/cm ³)	1,182		1,252		1,307		1,135	
3. DETERMINACIÓN GRÁFICA DE LA DENSIDAD MÁXIMA Y HUMEDAD ÓPTIMA								
								
4. DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO								
La densidad máxima alcanzada según el ensayo realizado corresponde a 1,305 gr/cm ³ , y considerando el grafico su contenido de humedad optimo es 29,40%, los valores pueden variar al momento de apreciar la gráfica, por tal motivo los valores a seleccionar se podría escoger entre un rango del 1%.								



UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECÁNICA
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS



Análisis comparativo de la resistencia al corte y la estabilización de suelos
arenosos finos y arcillosos combinados con cenizas de carbón

PROYECTO: arenosos finos y arcillosos combinados con cenizas de carbón
ENSAYADO: Edwin Santiago Cañar Tiviano **FECHA:** 24/10/2016
REVISADO: Ing. Mg. Lorena Pérez **DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA:** Arcilla de alta plasticidad (CH)
UBICACIÓN: Vía Puyo-Tena -Prov. Pastaza

ENSAYO DE COMPACTACIÓN (CBR)

ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO

TIPO:	PROCTOR MODIFICADO	PESO DEL MARTILLO:	10 lb
NORMA:	AASHTO T-180	ALTURA DE CAIDA:	18"
PESO MUESTRA (gr):	6000	CONT. HUMEDAD ÓPTIMO (%):	29,40

ENSAYO DE COMPACTACION C.B.R.

MOLDE	1		2		3	
N° de Capas	5		5		5	
N° de Golpes	56		27		11	
Cond. Muestra	Antes del Remojo	Despues del Remojo	Antes del Remojo	Despues del Remojo	Antes del Remojo	Despues del Remojo
P. Hum. + Molde	19085	19112	19473	19587	18760	18948
Peso Molde	14731	14731	15492	15492	15137	15137
P. Humedo	4334	4381	3981	4075	3623	3811
Volumen Muestra	2301,50	2301,50	2292,90	2292,90	2280,33	2280,33
Densidad Humedad	1,883	1,904	1,738	1,777	1,589	1,871
Densidad Seca	1,404	1,419	1,290	1,320	1,179	1,240
Den. Seca Prom.	1,412		1,305		1,210	

CONTENIDO DE HUMEDAD

Recipiente N°	6	36	1A	12	6A2	2A	18	3	3A
P. Hum. + Recipiente	122,9	117,9		111,5	123,9		134,5	127	
P. Seco + Recipiente	99,4	95,8		90,7	100,1		107,8	102,2	
Peso Recipiente	30,5	31		30,6	31,3		30,9	30,9	
Peso Agua	23,5	22,1		20,8	23,8		26,7	24,8	
Peso de Sólidos	68,9	64,8		60,1	68,8		76,9	71,3	
Contenido Humedad %	34,11	34,10		34,61	34,59		34,72	34,78	
Con. Hum. Prom. %	34,11			34,60			34,75		



UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA
LABORATORIOS DE MECÁNICA DE SUELOS



PROYECTO: Análisis comparativo de la resistencia al corte y la estabilización de suelos arenosos finos y arcillosos combinados con cenizas de carbón

ENSAYADO: Edwin Santiago Cañar

FECHA: 26/10/2016

REVISADO: Ing. Mg. Lorena Pérez

ENSAYO C.B.R.

ENSAYO DE CARGA - PENETRACIÓN

Máquina de Compresión Simple (CONTROLS)				ARSA DEL PISTÓN = 3 pulg			NORMA: ASTM D-1583			VELOCIDAD DE CARGA = 1,37 mm/min (0,05 pulg/min)					
Moleta Número				1				2				3			
TIEMPO		PENET.		Q Carga	Presiones		CBR	Q Carga	Presiones		CBR	Q Carga	Presiones		CBR
Mín.	Seg.	mm	pulg *10 ⁻³		Leída	Corregida			Leída	Corregida			Leída	Corregida	
		0	0	lb	lb/pulg ²		%	lb	lb/pulg ²		%	lb	lb/pulg ²		%
		0	0,0	0	0,0			0	0,0			0	0,0		
0	30	0,04	25	394	131,2			103	36,5			77,3	26,9		
1	0	1,37	50	689	239,1			330	116,1			110,8	38,9		
1	30	1,81	75	904	307,9			403	134,4			150,2	50,1		
3	0	1,54	100	1006	335,3	33,37	30,53	550	189,3	183,37	18,33	217,1	70,4	71,37	7,34
3	0	3,01	150	1605	535,1			1214	407,9			403,3	134,4		
4	0	3,08	200	1870	623,5			1333	444,3			487,3	159,1		
5	0	4,35	250	2009	669,8			1388	462,8			493,7	161,2		
6	0	7,40	300	2291	763,8			1427	475,5			497,7	162,8		
8	0	10,10	400	2390	779,5			1449	483,8			1170,5	380,1		
10	0	10,70	500	2623	874,5			1513	504,1			1388,1	430,5		
CBR Corregida							30,53				18,33				7,34

GRÁFICOS ENSAYO C.B.R.

Presión-Penetración

Densidad Seca - CBR

DENSIDADES		RESISTENCIAS		DENSIDAD MAX		95% DE DM		CBR PUNTUAL	
1,412	g/cm³	33,53	%	1,305	g/cm³	1,340	g/cm³	30,00	%
1,305	g/cm³	18,33	%						
1,210	g/cm³	7,34	%						

OBSERVACIONES: SUELO ARCILLOSO COMBINADO CON 25% DE CENIZA DE CARBÓN

CUMPLE con las especificaciones correspondientes y es considerado como una sub-rasante regular ya que está en el rango con un CBR de 6-10%



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS



PROYECTO: Análisis comparativo de la resistencia al corte y la estabilización de suelos arenosos finos y arcillosos combinados con cenizas de carbón

ENSAYADO: Edwin Santiago Cañar Tiviano

FECHA : 07-sep-16

REVISADO: Ing. Mg. Lorena Pérez

DESCRIPCIÓN DE LA CH (Arcilla de alta

UBICACIÓN: Vía Puyo-Tena -Prov. Pastaza

MUESTRA plasticidad)

ENSAYO DE COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO

ESPECIFICACIONES

Número de Golpes	56	Altura de Calda	18"	Peso del Molde	15493	gr
Número de Capas	5	Peso del Martillo	10 lb	Volumen del Molde	2314,23	cm ³
Energía de Compactación		Normas:	AASHTO	T-180		
Peso Inicial Deseado	6000		6000		6000	

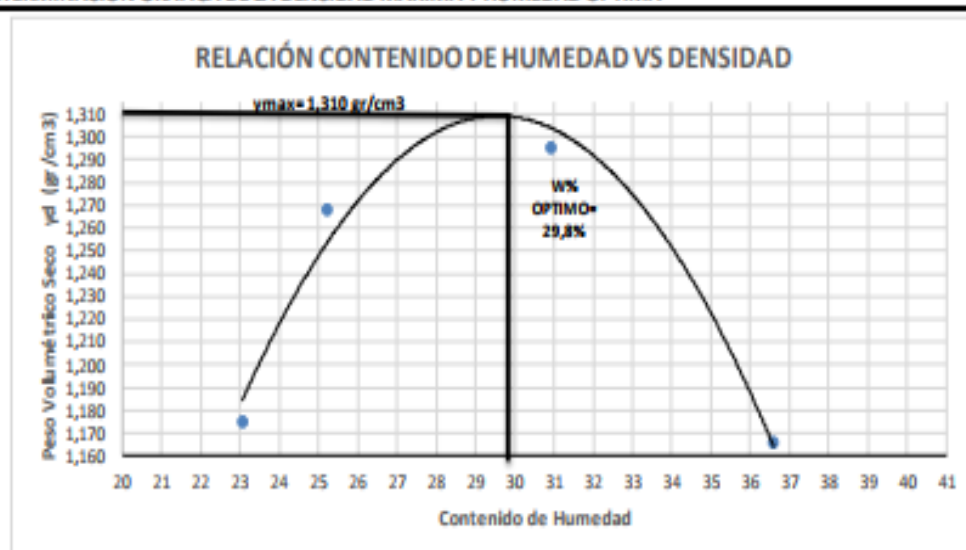
1. PROCESO DE COMPACTACIÓN

Ensayo Numero	1	2	3	4
Humedad Inicial añadida en %	8	16	24	32
P. molde+Suelo húmedo (gr)	18840	19168	19419	19180
Peso suelo húmedo Wm (gr)	3347	3675	3926	3687
Peso unitario húmedo ym (gr/cm ³)	1,446	1,588	1,696	1,593

2. DETERMINACIÓN DE CONTENIDOS DE HUMEDAD

Recipiente numero	3	6	7	10	11	12	13	17
Peso del recipiente W _r	30,9	30,5	30,4	30,5	30,2	30,6	31,1	30,4
Rec+suelo húmedo W _r +W _m	112,4	111,8	112,6	113,2	114,1	113,5	113,9	111,8
Rec+suelo seco W _s + W _m	97,1	96,6	96,1	96,5	94,1	94,1	91,6	90,1
Peso sólidos W _s	66,2	66,1	65,7	66	63,9	63,5	60,5	59,7
Peso del agua W _w	15,3	15,2	16,5	16,7	20	19,4	22,3	21,7
Cont. Humedad ω%	23,11	23,00	25,11	25,30	31,30	30,55	36,86	36,35
Cont. Humedad promedio ω%	23,05		25,21		30,93		36,60	
Peso Volumétrico Seco γ _d (gr/cm ³)	1,175		1,268		1,296		1,166	

3. DETERMINACIÓN GRÁFICA DE LA DENSIDAD MÁXIMA Y HUMEDAD ÓPTIMA



4. DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO

La densidad máxima alcanzada según el ensayo realizado corresponde a 1,310 gr/cm³, y considerando el gráfico su contenido de humedad óptimo es 29,80%, los valores pueden variar al momento de apreciar la gráfica, por tal motivo los valores a seleccionar se podría escoger entre un rango del 1%.



UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECÁNICA
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS



Análisis comparativo de la resistencia al corte y la estabilización de suelos

PROYECTO: arenosos finos y arcillosos combinados con cenizas de carbón
ENSAYADO: Edwin Santiago Cañar Tiviano **FECHA:** 25/10/2016
REVISADO: Ing. Mg. Lorena Pérez **DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA:** Arcilla de alta plasticidad (CH)
UBICACIÓN: Vía Puyo-Tena -Prov. Pastaza

ENSAYO DE COMPACTACIÓN (CBR)

ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO

TIPO:	PROCTOR MODIFICADO	PESO DEL MARTILLO:	10 lb
NORMA:	AASHTO T-180	ALTURA DE CAIDA:	18"
PESO MUESTRA (gr):	6000	CONT. HUMEDAD ÓPTIMO (%):	29,80

ENSAYO DE COMPACTACION C.B.R.

MOLDE	1		2		3	
Nº de Capas	5		5		5	
Nº de Golpes	56		27		11	
Cond. Muestra	Antes del Remojo	Despues del Remojo	Antes del Remojo	Despues del Remojo	Antes del Remojo	Despues del Remojo
P. Hum. + Molde	18701	18748	19338	19432	18861	19049
Peso Molde	14731	14731	15492	15492	15137	15137
P. Humedo	3970	4017	3846	3940	3724	3912
Volumen Muestra	2301,50	2301,50	2292,90	2292,90	2280,33	2280,33
Densidad Humedad	1,725	1,745	1,677	1,718	1,633	1,716
Densidad Seca	1,280	1,295	1,244	1,274	1,210	1,271
Den. Seca Prom.	1,288		1,259		1,240	

CONTENIDO DE HUMEDAD

Recipiente Nº	3	6	1A	11	12	2A	17	18	3A
P. Hum. + Recipiente	135,6	132,8		128,6	130,4		128,9	130,7	
P. Seco + Recipiente	108,6	106,4		103,2	104,6		103,4	104,8	
Peso Recipiente	30,9	30,5		30,2	30,6		30,4	30,9	
Peso Agua	27	26,4		25,4	25,8		25,5	25,9	
Peso de Sólidos	77,7	75,9		73	74		73	73,9	
Contenido Humedad %	34,75	34,78		34,79	34,86		34,93	35,05	
Con. Hum. Prom. %	34,77			34,83			34,99		



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
LABORATORIOS DE MECÁNICA DE SUELOS



PROYECTO: Análisis comparativo de la resistencia al corte y la estabilización de suelos arenosos finos y arcillosos combinados con cenizas de carbón

ENSAYADO: Edwin Santiago Cañar

FECHA: 27/10/2016

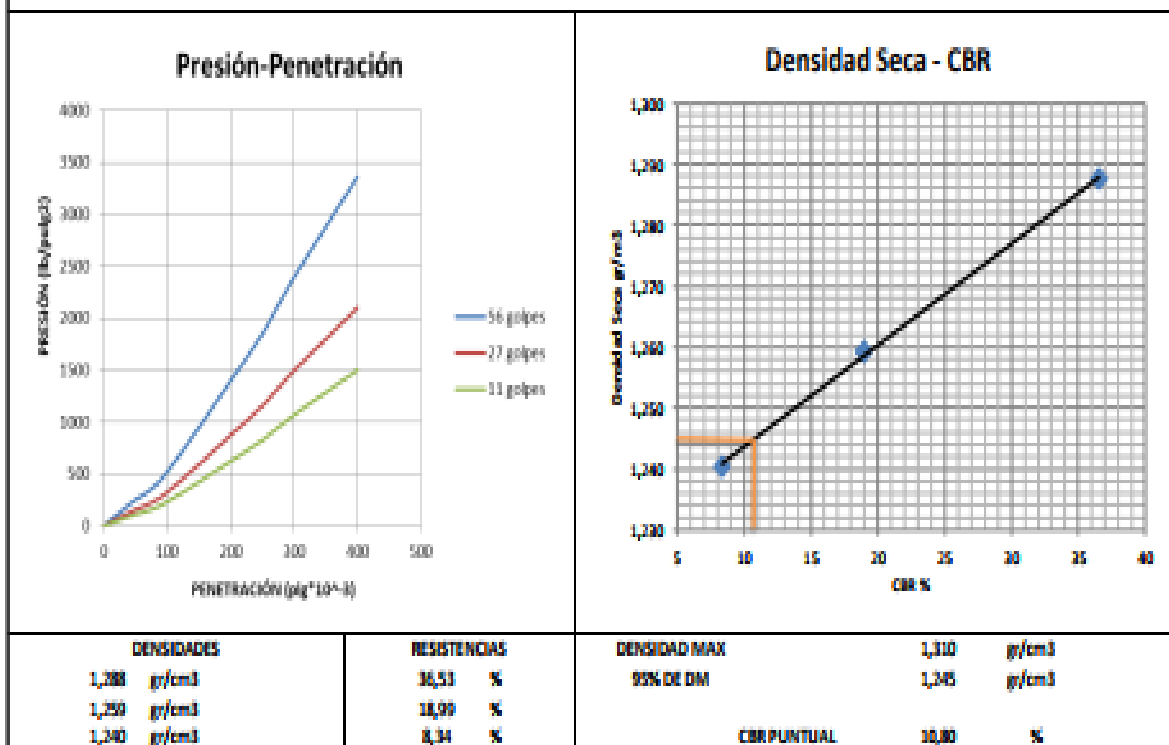
REVISADO: Ing. Mg. Lorena Pérez

ENSAYO C.B.R.

ENSAYO DE CARGA - PENETRACIÓN

Máquina de Compresión Simple (CONTROLS)				ÁREA DEL PISTÓN = 3 pulg ²			NORMA: ASTM D-1583			VELOCIDAD DE CARGA = 1,27 mm/min (0,05 pulg/min)					
Molde Número				1			2			3					
TIEMPO		PENET.		Q Carga	Presiones		CBR	Q Carga	Presiones		CBR	Q Carga	Presiones		CBR
Mín.	Seg.	mm	pulg *10 ⁻³		Leída	Corregida			Leída	Corregida			Leída	Corregida	
				lb	lb/pulg ²	%	lb	lb/pulg ²	%	lb	lb/pulg ²	%			
0	30	0,00	25	400	136,2		102	46,1		75,0	25,2				
1	0	1,27	50	627	209,1		246	85,8		100,0	33,0				
1	30	1,91	75	808	269,2		306	108,0		162,7	54,2				
2	0	2,54	100	1050	349,2	36,53	570	189,0	18,00	268,1	83,1	83,37			
3	0	3,17	150	1500	503,1		661	220,0		467,2	145,8				
4	0	3,81	200	1750	579,8		1080	360,0		702,2	216,4				
5	0	4,45	250	1900	636,1		1230	410,0		882,7	272,8				
6	0	5,08	300	2100	701,9		1380	460,0		1102,7	341,8				
8	0	10,16	400	2300	766,2		1511	503,8		1170,5	360,2				
10	0	12,70	500	2710	894,5		1621	540,1		1260,1	390,1				
CBR Corregida						36,53			18,00			83,1			

GRÁFICOS ENSAYO C.B.R.



OBSERVACIONES: SUELO ARCILLOSO COMBINADO CON 35% DE CENIZA DE CARBÓN

CUMPLE con las especificaciones correspondientes y es considerado como una sub-casante regular ya que esta en el rango con un CBR de 6-10%



UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS



PROYECTO: Análisis comparativo de la resistencia al corte y la estabilización de suelos arenosos finos y arcillosos combinados con cenizas de carbón

ENSAYADO: Edwin Santiago Cañar Tiviano

FECHA : 07-sep-16

REVISADO: Ing. Mg. Lorena Pérez

DESCRIPCIÓN DE LA CH (Arcilla de alta

UBICACIÓN: Vía Puyo-Tena -Prov. Pastaza

MUESTRA plasticidad)

ENSAYO DE COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO

ESPECIFICACIONES

Número de Golpes	56	Altura de Caída	18"	Peso del Molde	15493	gr
Número de Capas	5	Peso del Martillo	10 lb	Volumen del Molde	2314,22	cm ³
Energía de Compactación		Normas:	AASHTO	T-180		
Peso Inicial Deseado	6000		6000		6000	6000

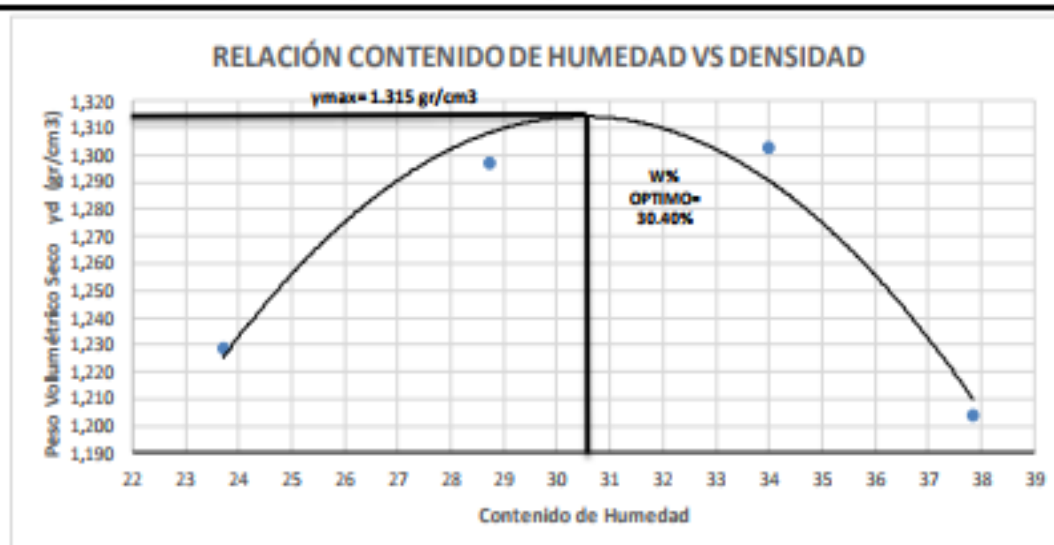
1. PROCESO DE COMPACTACIÓN

Ensayo Numero	1	2	3	4
Humedad Inicial añadida en %	8	16	24	32
P. molde+Suelo húmedo (gr)	19011	19358	19535	19335
Peso suelo húmedo Wm (gr)	3518	3865	4042	3842
Peso unitario húmedo γ_m (gr/cm ³)	1,520	1,670	1,747	1,660

2. DETERMINACIÓN DE CONTENIDOS DE HUMEDAD

Recipiente numero	18	19	29	30	35	62	70	72
Peso del recipiente W _r	30,9	31	30,9	30,9	31	30,8	31	31,2
Rec+suelo húmedo W _r +W _m	110,5	111,1	112,2	113,1	110,9	111,3	113,4	112,7
Rec+suelo seco W _s + W _m	95,1	95,9	94,1	94,7	90,8	90,7	90,9	90,2
Peso solidos W _s	64,2	64,9	63,2	63,8	59,8	59,9	59,9	59
Peso del agua W _w	15,4	15,2	18,1	18,4	20,1	20,6	22,5	22,5
Cont. Humedad ω %	23,99	23,42	28,64	28,84	33,61	34,39	37,56	38,14
Cont. Humedad promedio ω %	23,70		28,74		34,00		37,85	
Peso Volumétrico Seco γ_d (gr/cm ³)	1,229		1,297		1,303		1,204	

3. DETERMINACIÓN GRÁFICA DE LA DENSIDAD MÁXIMA Y HUMEDAD ÓPTIMA



4. DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO

La densidad máxima alcanzada según el ensayo realizado corresponde a 1,315 gr/cm³, y considerando el gráfico su contenido de humedad óptimo es 30,40%, los valores pueden variar al momento de apreciar la gráfica, por tal motivo los valores a seleccionar se podría escoger entre un rango del 1%.



UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECÁNICA
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS



Análisis comparativo de la resistencia al corte y la estabilización de suelos

PROYECTO: arenosos finos y arcillosos combinados con cenizas de carbón
ENSAYADO: Edwin Santiago Cañar Tiviano **FECHA:** 26/10/2016
REVISADO: Ing. Mg. Lorena Pérez **DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA:** Arcilla de alta plasticidad (CH)
UBICACIÓN: Vía Puyo-Tena -Prov. Pastaza

ENSAYO DE COMPACTACIÓN (CBR)

ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO

TIPO:	PROCTOR MODIFICADO	PESO DEL MARTILLO:	10 lb
NORMA:	AASHTO T-180	ALTURA DE CAIDA:	18"
PESO MUESTRA (gr):	6000	CONT. HUMEDAD ÓPTIMO (%):	30,40

ENSAYO DE COMPACTACION C.B.R.

MOLDE	1		2		3	
N° de Capas	5		5		5	
N° de Golpes	56		27		11	
Cond. Muestra	Antes del Remojo	Despues del Remojo	Antes del Remojo	Despues del Remojo	Antes del Remojo	Despues del Remojo
P. Hum. + Molde	18669	18716	19335	19429	18870	19058
Peso Molde	14731	14731	15492	15492	15137	15137
P. Humedo	3938	3985	3843	3937	3733	3921
Volumen Muestra	2301,50	2301,50	2292,90	2292,90	2280,33	2280,33
Densidad Humedad	1,711	1,731	1,878	1,717	1,837	1,719
Densidad Seca	1,274	1,290	1,246	1,276	1,213	1,274
Den. Seca Prom.	1,282		1,261		1,244	

CONTENIDO DE HUMEDAD

Recipiente N°	18	19	1A	30	32	2A	36	6A2	3A
P. Hum. + Recipiente	135,6	130,5		128,7	130,8		134,6	130,5	
P. Seco + Recipiente	108,9	105,1		102,1	105,2		107,8	104,8	
Peso Recipiente	30,9	31		30,9	31		31	31,3	
Peso Agua	26,7	25,4		24,6	25,6		26,8	25,7	
Peso de Sólidos	78	74,1		71,2	74,2		76,8	73,5	
Contenido Humedad %	34,23	34,28		34,55	34,50		34,90	34,97	
Con. Hum. Prom. %	34,25			34,53			34,93		



UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA
LABORATORIOS DE MECÁNICA DE SUELOS



PROYECTO: Análisis comparativo de la resistencia al corte y la estabilización de suelos arenosos
 finos y arcillosos combinados con cenizas de carbón

ENSAYADO: Edwin Santiago Cañar

FECHA: 28/10/2016

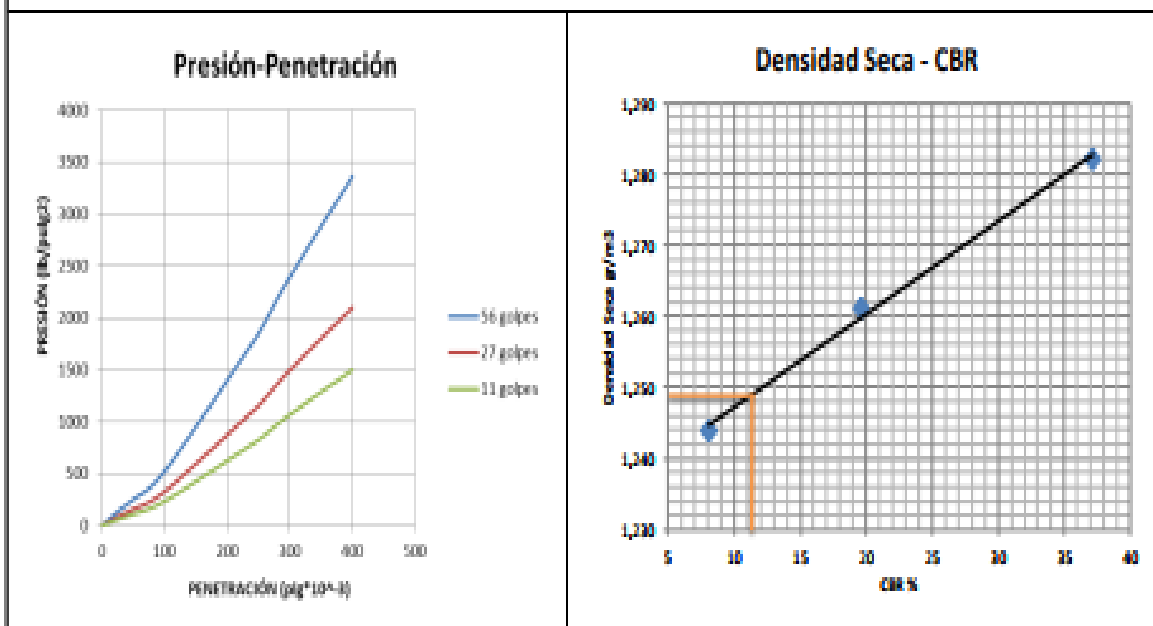
REVISADO: Ing. Mg. Lorena Pérez

ENSAYO C.B.R.

ENSAYO DE CARGA - PENETRACIÓN

Máquina de Compresión Simple (CONTROLS)				ÁREA DEL PISTÓN = 3 pulg ²			NORMA: ASTM D-1586			VELOCIDAD DE CARGA = 1,27 mm/min (0,05 pulg/min)						
Moide Número				1			2			3						
TIEMPO		PENET.		Q Carga	Presiones		CBR	Q Carga	Presiones		CBR	Q Carga	Presiones		CBR	
Mín.	Seg.	mm	pulg ^{10⁻³}		Leída	Corregida			Leída	Corregida			Leída	Corregida		
				lb	lb/pulg ²	%	lb	lb/pulg ²	%	lb	lb/pulg ²	%				
		0	0	0	0		0	0,00		0	0					
0	30	0,01	25	362	130,8		358	85,0		81	28,1					
1	0	1,27	50	562	187,3		348	115,9		118	38,8					
1	30	1,91	75	647	282,4		424	141,2		158	64,8					
2	0	3,54	100	1115	371,6	37,16	590	196,8	196,80	19,68	243	80,9	80,87	8,09		
3	0	3,81	150	1450	484,3		865	288,2		330	106,5					
4	0	5,28	200	1850	550,3		1026	341,8		452	148,9					
5	0	6,35	250	18624	6208,1		1226	412,1		1104	367,9					
6	0	7,62	300	2185	728,2		1422	473,8		1158	385,4					
8	0	10,16	400	3488	867,1		1627	545,8		1274	424,8					
10	0	12,70	500	3700	960,1		1801	600,2		1368	456,2					
CBR Corregida							37,16			19,68						8,09

GRÁFICOS ENSAYO C.B.R.



DENSIDADES	RESISTENCIAS	DENSIDAD MAX	1,315	gr/cm ³
1,282	37,16	95% DE DM	1,249	gr/cm ³
1,261	19,66			
1,244	8,09	CBR PUNTUAL	11,30	%

OBSERVACIONES: SUELO ARCILLOSO COMBINADO CON 25% DE CENIZA DE CARBÓN
 CUMPLE con las especificaciones correspondientes y es considerado como una sub-categoría regular ya que está en el rango con un CBR de 6-10%